

Optimalisasi Pencampuran Batubara Untuk Memenuhi Kriteria Permintaan Konsumen Dengan Menggunakan Metode *Simplek* dan Evaluasi Biaya Pada Proses *Blending* Batubara Di Lokasi CV. Tahiti Coal, Talawi, Sawahlunto, Sumatera Barat

Sonia Lestari^{1*}, Rijal Abdullah¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*Sonialestari773@gmail.com

Abstract. *The quality of coal is influenced by the geological condition of a mining site, including high quality (high quality), medium quality, and low quality. The amount of coal with calorific value ranges from 7600 kcal / kg to 7800 kcal / kg that has not been marketed accumulate in stockpile CV. Tahiti Coal. The high quality of coal in the CV. Tahiti Coal then not in accordance with the contract specifications with consumers. One of them with PT PLN (PERSERO) Sector Ombilin which require coal calorie 6300 kkal / kg. Therefore it is necessary for action to utilize high quality coal so as not to accumulate in CV stockpile. Tahiti Coal by mixing high quality coal with low quality coal. The simplex method is one of the mathematical models that can be used in solving the problem of allocation of finite sources optimally (maximum profit or minimum cost) of three or more variables. The results showed that the increase of calorific value from 6,283,08 Cal / gr, Ash 13,91%, sulfur 0,83% company result compared to comparison of method of calorific value value 6,328 Cal / gr, Ash 12,06%, sulfur 0,61% can be profitable for companies with a predetermined calorie value of 6,300 Cal / gr, Ash 13%, 0,8% sulfur. With the calculation of simplex method of the company can ease of work in the field. And calculation of coal blending cost for 1 month Rp. Total biaya blending Rp. 571.202.000*

Keywords: *Blending, Coal, Calories, Simplek Method, Blending Cost*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumberdaya energy dan mineral, baik berupa minyak dan gas bumi, tembaga, nikel, dan lain-lain. Salah satu jenis bahan tambang andalan, diluar minyak dan gas, adalah batubara (*coal*).

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umum batubara adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Batubara merupakan salah satu bahan galian yang tidak dapat diperbaharui. Proses terbentuknya batubara dan penyebarannya dapat terjadi secara horizontal maupun vertikal, dengan lapisan yang terbentuk bersifat heterogen. Karena sifatnya yang

heterogen ini, batubara memiliki kualitas yang berbeda-beda walaupun tempat dan kejadiannya terjadi pada lokasi yang sama. Batubara umumnya terbagi lima kelas antara lain antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut.

Kualitas batubara dipengaruhi oleh kondisi geologi suatu lokasi penambangan, diantaranya ada batubara kualitas tinggi (*high quality*), kualitas menengah (*medium quality*), dan kualitas rendah (*low quality*). Keberadaan batubara pada tiap-tiap pit area memiliki kualitas dan kuantitas cadangan yang berbeda-beda. Keadaan endapan batubara CV. Tahiti Coal berdasarkan sifat fisik, jenis roof/floor dan parting, ketebalan serta hubungannya dengan batuan lain, maka batubara di daerah ini dapat di koreksi menjadi duaseam batubara.

Seam-seam tersebut dari muda ke tua adalah sebagai berikut:

1. Seam A
Seam A memiliki ketebalan hingga 2 meter. Lapisan ini memiliki nilai kalori kurang dari 7600 kkal/kg.
2. Seam C
Seam C memiliki ketebalan ± 5 meter, nilai kalori dari seam ini adalah berkisar antara 7800 kkal/kg.

Banyaknya batubara dengan nilai kalori berkisar antara 7600 kkal/kg sampai 7800 kkal/kg yang belum dipasarkan menumpuk di stockpile CV. Tahiti Coal. Oleh sebab itu, penulis melakukan survey awal untuk mengetahui jumlah batubara kualitas tinggi yang berada di CV. Tahiti Coal. Pada bulan September 2017 jumlah batubara dengan nilai kalori tinggi 7800 kkal/kg pada tumpukan seam C sebanyak 4.980 ton, Sedangkan jumlah batubara dengan nilai kalori 7600 kkal/kg pada tumpukan seam A sebanyak 4.860 ton.

Tingginya kualitas batubara yang ada di CV. Tahiti Coal maka belum sesuai dengan spesifikasi kontrak dengan konsumen. Salah satunya dengan PT PLN (PERSERO) Sektor Ombilin yang membutuhkan batubara kalori 6300 kkal/kg. Maka dari itu perlu adanya tindakan untuk pemanfaatan batubara kualitas tinggi agar tidak menumpuk di stockpile CV. Tahiti Coal dengan melakukan pencampuran batubara kualitas tinggi dengan batubara kualitas rendah. Hingga saat ini, di perusahaan belum menggunakan teknik pencampuran yang sesuai dengan prosedurnya atau standar. Namun dari hasil coal blending belum sesuai dengan permintaan konsumen. Begitu juga masih banyak batubara kalori tinggi yang masih menumpuk di stockpile yang belum dipasarkan. Berdasarkan pemaparan di atas, penulis berkeinginan untuk mengadakan pengamatan dan penelitian lebih lanjut mengenai pencampuran (blending), dengan judul “Optimalisasi Pencampuran Batubara Untuk Memenuhi Kriteria Permintaan Konsumen dengan Menggunakan Metode Simplek dan Evaluasi Biaya pada Proses Blending Batubara di lokasi CV. Tahiti Coal, Talawi, Sawahlunto”.

2. Lokasi Penelitian

Secara administrasi lokasi penambangan CV. Tahiti Coal terletak di daerah Sangkar Puyuh kawasan bekas tambang Kandi-Tanah Hitam Desa Sijantang Koto, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat.

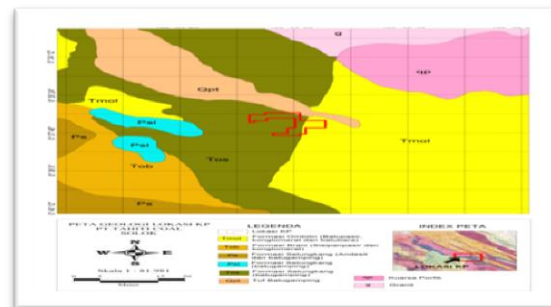
Secara rinci koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi CV. TAHITI COAL seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan batas koordinatnya dapat dilihat pada Tabel 1 sesuai dengan peta dan Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi CV. TAHITI COAL.



Gambar 1. Peta Wilayah Izin Usaha Pertambangan CV.TAHITI COAL

2.1 Peta Geologi CV. Tahiti Coal

Secara geologi CV. Tahiti Coal terdiri atas batuan formasi Ombilin (Konglomerat dan Batubara), formasi Brani (Sisipan pasir), formasi Selunggang (andesit dan batu gamping), formasi selunggang (batu gamping), formasi selunggang (batu gamping), dan formasi Selunggang (batu gamping). Peta geologi CV. Tahiti Coal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Geologi CV. Tahiti Coal

2.2 Keadaan Geologi dan Statigrafi

2.2.1 Geologi Regional

Kota Sawahlunto terletak di Formasi Sawahlunto, batuan yang terbentuk pada zaman yang diberi istilah kata (epoch) Eochen sekitar 40 – 60 juta tahun yang lalu. Para ahli geologi berpendapat bahwa kepulauan Nusantara yang kita kenal sekarang ini terbentuk sekitar 4 juta tahun yang lalu. Mereka menduga ketika Formasi Sawahlunto terbentuk, Pulau Sumatera belum ada seperti yang kita kenal sekarang ini.

Batuan tertua dari zaman Pra-tercier yang terangkat kepermukaan dengan cara struktur garben, diendapkan batuan-batuan sedimen berumur terciar pada cekungan, menghasilkan batuan intrusi terciar. Hasil erosi dari batuan intrusi terbawa dan mengendap disekitar aliran sungai menghasilkan endapan alluvial.

Formasi tanah Sawahlunto mengandung butiran pasir yang dapat mengalirkan air. Akan tetapi penampang geologi di Ombilin diduga air itu lolos ke tempat yang lain. Aspek geologi yang perlu mendapat perhatian yang

sangat serius dalam perencanaan dan pengembangan kota Sawahlunto adalah: sesar, gempa, dangerakan tanah.

2.2.2 Geologi Struktur

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengelompokan geologi yaitu aspek tektonik atau gaya-gaya lateral yang berkembang, aspek sedimentasi karena batubara merupakan endapan sedimenter, dan aspek variasi kualitas batubara menyangkut keekonomisan batubara bahan galian tersebut. Dasar inilah yang digunakan untuk mengelompokkan kondisi geologi berdasarkan kompleksitas geologisnya/struktur geologinya.

2.2.3 Geomorfologi

Daerah telitian topografinya bergelombang-bergelombang kuat dengan pola aliran dendritik berstadia muda menuju dewasa. Bentuk morfologi ini selain dikontrol oleh struktur geologi juga dikontrol oleh jenis batuan yang menyangkut sifat kekerasan.

2.2.4 Stratigrafi Daerah Tambang

Berdasarkan penyelidikan, terdapat beberapa formasi, antara lain; tua muda, batuan granit berumur trias.

Satuan-satuan yang tersingkap di wilayah CV. Tahiti Coal dari yang tertua sampai yang termuda adalah sebagai berikut:

Batuan Intrusi

Batuan Granit merupakan batuan intrusi yang dominan di wilayah ini, berwarna abu-abu putih, dengan susunan dari lekogranit sampai dengan monzonit kuarsa.

Batuan Sedimen

Pada Formasi Ombilin, satuan batuan ini terdiri dari lempung dan napal dengan berwarna abu-abu semu biru sampai semu hijau dengan sisipan batu pasir, konglomerat dan batu pasir tufaan berwarna kehijau-hijauan mengandung kapur dan berfosil. Umur satuan batuan ini miosean awal.

2.2.5 Kompleksitas Geologi Daerah Telitian

Pengelompokan geologi suatu daerah ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu aspek tektonik atau gaya-gaya lateral yang berkembang, aspek sedimentasi karena batubara merupakan endapan sedimenter, dan variasi kualitas batubara menyangkut keekonomisan bahan galian tersebut.

Dari ketiga aspek ini aspek-aspek mana yang berpengaruh paling dominan pada daerah telitian, dasar inilah yang digunakan untuk mengelompokkan kondisi geologis suatu daerah berdasarkan kompleksitas geologisnya.

2.3 Sistem Penambangan

Metoda penambangan yang diterapkan oleh CV. Tahiti Coal dengan metoda *room and pillar*. Kegiatan

penambangan di CV. Tahiti Coal dengan sistem tambang bawah tanah, dan dengan menggunakan metode "*Room and Pillar*". Kegiatan penambangan meliputi pembuatan lubang bukaan, penyanggan, ventilasi, drainase, pengambilan batubara, pemuatan batubara, pengangkutan batubara, dan pemasaran batubara. Salah satu kegiatan penambangan di CV. Tahiti Coal menggunakan sistem penyanggaan *Three Pieces Set*, penyangga yang digunakan adalah penyangga kayu dengan proses kegiatan pemilihan kayu penyangga, pemotongan kayu penyangga, pengangkutan kayu penyangga kedalam lubang serta pemasangan kayu penyangga.

Penambangan bawah tanah dilakukan karena letak endapan batubara jauh dibawah permukaan tanah, sehingga Overburden jauh lebih besar dan tidak ekonomis jika penambangan dilakukan secara tambang terbuka. Metoda penambangan bawah tanah yang diterapkan CV. Tahiti coal adalah system room and pillar yang dilakukan dengan cara semi mekanis.

Pengambilan batubara tambang bawah tanah CV. Tahiti Coal menggunakan belincong dan jack hammer, hasil pengambilan batubara dimuat ke *stockpile* sementara dan diangkut menggunakan bak lori yang ditarik dengan menggunakan bantuan mesin lori (*Drum hoist*) dan *sling*, lalu dibongkar di *Dump truk* dan dibawa ke *stockpile*.

2.4 Parameter Kualitas Batubara

Untuk penetapan kualitas batubara ditentukan oleh parameter-parameter yang terkandung dalam batubara.

2.4.1 Analisis Proksimat (*Proximate Analysis*)

Suatu analisis untuk menentukan kualitas batubara yang meliputi kandungan air bawaan, kandungan abu, zat terbang dan karbon tertambat. Adapun analisa proksimat tersebut yaitu:

Kandungan Air Total (*Total Moisture*)

Total moisture adalah penjumlahan dari inherent moisture dan free moisture. Inherent moisture adalah kandungan air yang ada pada batubara bersama saat terbentuknya batubara tersebut, yang terikat secara kimia dalam batubara. Jumlah kandungan air ini dapat dihilangkan dengan pemanasan yang suhunya mencapai 105°C. Sedangkan free moisture adalah kandungan air yang berasal dari luar yaitu pada waktu batubara diangkut atau kehujanan, moisture ini dapat dihilangkan dengan cara dikering udarkan.^[1]

Tinggi rendahnya total moisture akan tergantung pada:

1. Peringkat Batubara

Semakin tinggi peringkat suatu batubara semakin kecil porositas batubara tersebut atau semakin padat batubara tersebut. Dengan demikian akan semakin kecil juga moisture yang dapat diserap atau ditampung dalam pori batubara tersebut. Hal ini menyebabkan semakin kecil kandungan moisture khususnya inherent moisture.

2. Size Batubara

Semakin kecil ukuran partikel batubara, maka semakin besar luas permukaannya. Kerugian yang ditimbulkan adalah dengan ukuran yang kecil, batubara dengan mudah menyerap air (*free moisture*), sehingga total moisture bertambah dan calorific value jadi rendah, free moisture sulit dihilangkan, butiran yang terlalu halus akan menjadi debu dapat mengganggu kesehatan, menjadi kotor, mudah terbakar, kalau ada hujan akan menjadi lumpur.

3. Kondisi Saat Sampling

Total moisture dapat dipengaruhi oleh kondisi pada saat batubara tersebut di sampling.

4. Kadar Abu (*Ash Content*)

Merupakan sisa-sisa zat organik yang terkandung dalam batubara setelah dibakar. Kandungan abu tersebut dapat dihasilkan dari pengotor bawaan dalam proses pembentukan batubara maupun dari proses penambangan.

5. Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang merupakan zat aktif yang menghasilkan energi atau panas apabila batubara tersebut dibakar. Zat terbang ini umumnya terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti Hidrogen (H), Karbon Monoksida (CO) dan Methan (CH₄). Dalam pembakaran batubara dengan zat terbang tinggi akan mempercepat pembakaran karbon padatnya, sebaliknya zat terbang rendah akan mempersulit proses pembakaran.

Kandungan Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*)

Merupakan karbon yang tertinggal sesudah kandungan air dan zat terbangnya hilang. Dengan adanya pengeluaran kandungan air dan zat terbang maka karbon tertambat secara otomatis akan naik, sehingga makin tinggi kandungan karbonnya kelas batubara makin baik.

2.4.2 Analisis Ultimat (*Ultimate Analysis*)

Komponen organik batubara secara umum merupakan senyawa kimia yang mengandung Karbon, Hidrogen, Nitrogen, Sulfur, dan Oksigen. Analisis ultimat merupakan kegiatan untuk menentukan kandungan unsur Karbon, Hidrogen, Nitrogen, Sulfur, dan Oksigen dalam batubara serta dapat juga digunakan untuk menentukan peringkat batubara dalam pengklasifikasian.

2.4.3 Nilai Kalori (*Calorific Value*)

Nilai kalori yaitu besarnya panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara, yang dinyatakan dalam Kkal/kg, BTU/lb, MJ/kg^[2]

Batubara adalah bahan organik dan anorganik secara mikroskopik. Seperti pada mineral batubara dan menentukan komponen-komponen penyusun batubara secara kualitatif dan kuantitatif untuk mengetahui asal mula dan genesa pembentukan batubara^[3]

2.5 Cadangan dan Kualitas Batubara

Kualitas batubara adalah sifat-sifat yang akan ditunjukkan oleh batubara tersebut, baik sifat kimiawi, fisik dan mekanis^[4]

2.5.1 Cadangan Batubara

Dari hasil korelasi data singkapan dan sumur uji dapat dihitung sumber daya batubara di wilayah konsesi CV. TAHITI COAL ini menjadi 3 yaitu sumber daya terukur, terunjuk dan tereka. Sumber daya ini dihitung berdasarkan interpretasi dari data-data tersebut di atas, serta mempertimbangkan hasil penyelidikan terdahulu.

Sumber daya terukur dihitung berdasarkan data eksplorasi yang cukup lengkap, sehingga tingkat keyakinan kebenarannya cukup besar. Untuk wilayah ini diambil berdasarkan data geologinya dengan keyakinan bahwa pengaruh ketebalan batubara dari titik bor, dimana jarak diambil antara 100 m hingga 200 m.

Perhitungan cadangan dapat dilakukan dengan data-data dari luas areal, ketebalan batubara, singkapan batubara, dan data pemboran, sehingga dapat diketahui tiga dimensi cebakan batubara.

Cadangan terukur yang perhitungannya berdasarkan jalur singkapan yang telah ditemukan, lebar berdasarkan proyeksi panjang lapisan sedimen penutup batubara dimulai dari jalur singkapan batubara searah kemiringan yang berhasil ditemukan dan dilakukan pengukuran dengan anggapan lapisan normal dan untuk tebal ditentukan dari data parit uji/sumur uji.

Kualitas Batubara

Kualitas batubara di wilayah konsesi pada umumnya mempunyai kadar abu sedang, berkalori tinggi dan mempunyai sulfur rendah. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Batubara

Parameter Uji		Hasil		StandarAcuan
Kadar Air Total	AR	5,73	%	ASTM D 3173-03
Kadar Abu	Db	1,64	%	ASTM D 3174-02
Kadar ZatTerbang	Db	45,43	%	ASTM D 3175-02
KarbonPadat	Db	52,93	%	ASTM D 3172-89
Nilai Sulfur	Db	0,25	%	ASTM D 4239
Gross Caloric Value	Db	7.889,85	Kkal/kg	Instrument (ASTM D 5865-03)

Sumber: CV. Tahiti Coal 2017 batubara seam C

Dari analisis data-data conto batubara yang diambil menunjukkan bahwabatubara tersebut mempunyai sifat-sifat antara lain:

Inhern Moisture (kandungan air yang terdapat pada pori-pori batubara) adalah 5,73% %.

Ash Content (kadar abu yang terdapat pada batubara) adalah 1,64%.

Fixed Carbon (karbon tetap yang berada pada batubara) adalah 52,93%.

Sulfur berkisar 0,25 %.

Serta nilai kalori 7.889,85Kkal/kg.

Kegiatan Pecampuran batubara beda kualitas di CV. Tahiti Coal, dimana pada CV. Tahiti semua kalori batubaranya tinggi, sedangkan untuk memenuhi permintaan konsumen batubara harus di campurkan dengan batubara kualitas rendah. Pada saat ini CV. Tahiti Coal melakukan pembelian batubara kualitas rendah dari BUP daerah Tebo, Jambi. Dengan harga perton nya Rp. 300.000,00.

Berikut data kualitas batubara yang akan dicampur dengan batubara pada CV. Tahiti Coal untuk dilakukan proses blending batubara. Dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Batubara Kalori Rendah

Parameter Uji		Hasil		StandarAcuan
Kadar Air Total	AR	2,81	%	ASTM D 3173-03
Kadar Abu	Db	68,83	%	ASTM D 3174-02
Kadar ZatTerbang	Db	17,72	%	ASTM D 3175-02
KarbonPadat	Db	10,64	%	ASTM D 3172-89
Nilai Sulfur	Db	1,34	%	ASTM D 4239
GrossCaloric Value	Db	3.202,27	Kkal/kg	Instrument (ASTM D 5865-03)

Sumber: CV. Tahiti Coal 2017 batubara BUP Tebo

keterangan:

Ar (*as received*) : nilai parameter atau kualitas batubara pada saat batubara tersebut diterima/ disampling^[5]

Db (*Dry base*) : nilai kualitas pada kondisi batubara kering atau tidak memiliki nilai moisture.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September tahun 2017. Lokasi penelitian di Desa Talawi, Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian merupakan penelitian terapan (*Applied Research*). Penelitian terapan lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk dan dalam masyarakat, ataupun untuk keperluan tertentu (industri, usaha dll). Penelitian terapan merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian-penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini.

Penyelesaian permasalahan pencampuran batubara beda kualitas adalah dengan menggunakan metode simplek. Metode ini memakai 6 parameter kualitas batubara yang menjadi persyaratan konsumen.^[6]

Penelitian ini terdiri dari beberapa variabel, yaitu:

- Nilai Kalori (*Calorific Value*)
- Kandungan Sulfur (*Total Sulfur*)
- Kandungan Air Total (*Total Moisture*)
- Kandungan Abu (*Ash Content*)
- Zat Terbang (*Volatile Matter*)
- Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*)

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah pengambilan secara langsung ke lapangan/perusahaan tambang. Urutan pengumpulan data adalah sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur

Dilaksanakan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang penelitian yang diperoleh dari buku-buku, jurnal, mengenai blending batubara, laporan-laporan penelitian terdahulu, informasi dari media lain seperti internet dan sebagainya.

3.2.2 Pengamatan Langsung di lapangan

Pengamatan langsung di lapangan meliputi orientasi lapangan bersama karyawan perusahaan untuk langkah awal penelitian, penentuan objek yang diteliti serta melakukan observasi ke Laboratorium Balai Diklat Tambang Bawah Tanah guna untuk memastikan kesiapan alat dan bahan sebelum melakukan pengujian sampel.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah mempelajari literatur dan orientasi lapangan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Untuk data primer diambil langsung di lapangan, sedangkan untuk data sekunder didapat dari literatur perusahaan atau laporan perusahaan maupun wawancara dengan karyawan perusahaan.

1. Pengambilan Data Primer

Data primer yaitu data yang dikumpulkan dengan melakukan pengamatan, dan pengukuran langsung di lapangan. Pengamatan dan pengukuran dilakukan dengan cara:

- Mengambil sampel
- Preparasi conto di laboratorium
- Analisis laboratoium
- Pengambilan Data Sekunder

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang dikumpulkan berdasarkan literatur dari berbagai referensi, seperti:

- Data kualitas batubara yang ada
- Data stock batubara
- Data kualitas permintaan konsumen

3.3 Pengolahan Data

Setelah data didapatkan maka selanjutnya dilakukan pengelompokan dan pengolahan data, adapun yang dilakukan pada tahapan ini adalah menggabungkan data primer dan data sekunder guna untuk dilakukan perhitungan pencampuran batubara kualitas rendah dengan kualitas tinggi agar tercapai nilai kalori batubara sesuai permintaan konsumen dengan menggunakan metode simplek.

3.4 Analisis Data

Setelah dilakukan uji laboratorium semua data yang sudah diolah, dianalisis kembali berdasarkan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan. Parameter yang digunakan dalam analisis data meliputi penurunan analisis proximate, analisis ultimate, jumlah sampel batubara.

Metode Simplek

Metode simplek merupakan salah satu model matematis yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal (keuntungan maksimal atau biaya minimal) dari tiga variabel atau lebih^[7]

Langkah-langkah metode simplek:

1. Merubah fungsi tujuan batasan menggunakan notasi

Fungsi-fungsi batasan menggunakan notasi \leq

Fungsi batasan harus diubah dari \leq kebentuk “=” dengan menambahkan variabel slack/surplus yang di mulai dari $S_{n+1}, S_{n+2}, \dots, S_{n+m}$ ^[8]

Proses pengulangan dihentikan apabila koefisien-koefisien dari fungsi tujuan sudah tidak ada negatif.

2. Bentuk tabel simplek

Bentuk table simplek dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Simplek

VD	Z	X ₁	X ₂	...	Slack Variabel					NK
					S _n	S _{n+1}	S _{n+2}	...	S _{n+m}	
Z	1	-C ₁	-C ₂	...	-C _n	0	0	...	0	0
X _{n+1}	0	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}	1	0	...	0	b ₁
X _{n+2}	0	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}	0	1	...	0	b ₂
...
...
X _{n+m}	0	a _{m1}	a _{m2}	a _{m3}	a _{mn}	0	0	...	1	b _n

Keterangan:

- VD = Variabel Dasar
- Z = Fungsi Tujuan
- X₁ = Pengamatan pada Batubara Produk A
- X₂ = Pengamatan pada Batubara Produk B
- S_{n+m} = Variabel tambahan
- NK = Nilai Kanan (nilai pembatas)

3. Memilih Kolom kunci

Kolom kunci adalah kolom yang digunakan untuk merubah tabel dimana mempunyai nilai pada baris kunci tujuan terdapat lebih dari satu kolom yang mempunyai nilai negatif terbesar yang angkanya sama, maka dapat dipilih salah satu diantaranya menjadi kolom kunci. Kalau suatu tabel tidak mempunyai nilai negatif berarti tabel tersebut sudah mencapai optimal.

4. Memilih baris kunci

Baris kunci adalah baris yang digunakan untuk merubah tabel. Untuk itu lebih dahulu dihitung indek tiap-tiap baris

dengan cara membagi nilai-nilai kolom bn atau nilai kanan dengan nilai yang sebaris pada kolom kunci.

$$\text{Indeks} = \frac{\text{nilai kolom bn}}{\text{nilai kolom kunci}} \quad (1)$$

Bais kunci adalah baris yang mempunyai nilai indek dengan angka positif terkecil. Apabila terdapat lebih dari satu baris yang mempunyai nilai indek positif terkecil yang angkanya sama, maka dapat dipilih salah satu diantaranya menjadi baris kunci. Nilai yang masuk dalam kolom kunci dan juga termasuk dalam baris kunci disebut angka kunci.

5. Menentukan fungsi tujuan dan fungsi-fungsi kendala

Misalkan:

X₁ = Batubara A

X₂ = Batubara B

Fungsi tujuan : Z = X₁ + X₂

Fungsi – fungsi kendala:

$$X_1 + X_2 \leq Z$$

6. Mengubah fungsi dan fungsi kendala ke dalam bentuk standar

Bentuk standar simplek:

$$Z - X_1 - X_2 = 0$$

$$X_1 + X_2 + S_1 = Z$$

Dengan S₁ adalah variabel slack.

Membuat tabel simplek awal

7. Menentukan kolom kunci dan baris kunci sebagai dasar iterasi.

Kolom kunci ditentukan oleh nilai Z yang paling kecil (negatif). Baris kunci ditentukan berdasarkan nilai indeks terkecil.

$$\text{Cara menentukan indeks} = \frac{\text{nilai kanan (NK)}}{\text{kolom kunci (KK)}} \quad (2)$$

Mentukan nilai elemen cell yaitu perpotongn antara kolom kunci dengan baris kunci.

Melakukan iterasi

Dengan menentukan baris kunci baru dan baris-baris lainnya termasuk Z. Membuat baris kunci baru

$$\text{Baris kunci baru} = \frac{\text{baris kunci lama}}{\text{elemen cell}} \quad (3)$$

Membuat kunci Z baru

Baris Z baru = baris Z lama – (nilai kolom kunci baris yang sesuai × baris kunci baru)

Membuat baris variabel baru

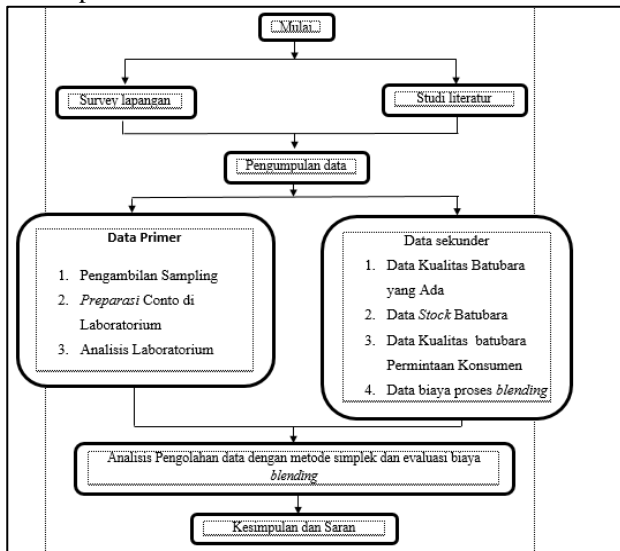
$$\text{Baris S2 Baru} = \text{baris S2 lama} - (\text{nilai kolom kunci baris yang sesuai} \times \text{baris kunci baru}) \quad (4)$$

8. Pencapaian hasil

Lakukan iterasi kembali sampai tidak ada nilai baris Z yang negatif. Karena nilai-nilai pada baris Z sudah tidak ada yang negatif, berarti iterasi selesai.

3.5 Kerangka Metodologi Penelitian

Adapun Kerangka metodologi penelitian yang penulis buat untuk mempermudah proses pemecahan masalah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Metodologi Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengambilan dan Sampling Batubara

Adapun langkah-langkah dalam proses pengambilan sampel batubara sebagai berikut ini:

1. Lokasi Sampel

Pola penempatan lokasi pengambilan sampel harus direncanakan terlebih dahulu sebelum pengambilan sampel dimulai. Koordinasikan dengan Divisi Produksi mengenai asal tumpukan batubara tersebut demikian pula dengan seam-nya. Bila tumpukan tersebut berasal dari tempat yang berbeda atau seam yang berbeda, catat hal tersebut. Setiap sampel harus diambil di sekitar tengah (antara puncak dan dasar) tumpukan.

2. Persiapan Permukaan *Stockpile*

Gali permukaan *stockpile* sedalam kurang lebih 46 cm. Sudut sisi lubang harus kurang dari sudut diamnya *stockpile* yang akan dibutuhkan dalam menyingkirkan runturan batubara dari atas tumpukan. Perhatikan runturan bongkahan batubara yang besar agar tidak menimpa pengambilan sampel. Jauhkan batubara yang akan diambil dalam penggalian agar tidak tercampur dengan batubara yang akan diambil sampelnya.

3. Alat Pengambil Sampel (sekop sampel)

Jenis dan dimensi alat berupa sekop kotak dengan dinding setinggi 10 cm. Lebar minimal sekop setidaknya 2 ½ kali ukuran batubara terbesar yang diambil dan tidak kurang dari 30 mm. Pastikan sekop sampel mudah dan aman untuk diakses guna inspeksi, pembersihan dan perbaikan.

4. Pengambilan Sampel

Masukkan sekop sampel ke bagian bawah lubang yang sudah digali di permukaan *stockpile* kemudian ambil sampelnya. Sekop sampel harus penuh dan batubara yang besar tidak diperbolehkan tumpah dari sekop sampel. Perhatikan bahwa lubang di permukaan *stockpile* tidak mengandung batubara yang berukuran besar +3 cm sehingga mungkin dapat tumpah dari sekop. Atur jarak pengambilan sampel di permukaan *stockpile* (perhatikan jumlah minimum pengambilan sampel dalam setiap bungkusnya) sehingga setiap pengambilan sampel mewakili daerah dengan ukuran berat dan jarak yang sama. Tempatkan sampel secepatnya ke dalam bungkus plastik.

5. Penjagaan dan Penandaan Plastik Sampel

Setelah sampel dimasukkan ke dalam plastik sampel, lindungi sampel tersebut dari kontaminasi kehilangan atau penambahan kelembaban (*moisture*) sebagai hasil dari hujan, panas, angin, kontak dengan material penyerap atau suhu ekstrim. Segera tempatkan di tempat yang teduh dan segera disegel dengan isolasi.

4.2 Proses *Blending* Batubara dengan Perhitungan Simplek

Dari hasil penelitian didapatkan analisis kualitas batubara pada masing-masing formasi sebagai berikut:

Tabel 4. Data Kualitas Batubara yang akan dicampur (*Blending*)

No.	Parameter Kualitas Batubara	high	low
1.	Kandungan air bawaan	2.69	4.62
2.	Kandungan abu	5.47	28.84
3.	Kandungan zat terbang	42.32	17.95
4.	Total sulfur	0.25	1.33
5.	Karbon tertambat	51.52	10.42
6.	Nilai kalor	7734.12	3202.27

Tabel 5. Data Kriteria Permintaan Konsumen CV. Tahiti Coal

1.	Kandungan air bawaan	10
2.	Kandungan abu	13
3.	Kandungan zat terbang	35
4.	Total sulphur	0.8
5.	Karbon tertambat	46
6.	Nilai kalor	6300

Tujuan pencampuran adalah memaksimalkan penggunaan batubara kualitas rendah, sehingga fungsi tujuan dan model matematika adalah:

$$Z = X1 + X2$$

Dimana:

Z : Fungsi tujuan (batubara campuran yang diinginkan)

X1 : *Low Calorific Value*

X2 : *High Calorific Value*

Dengan menggunakan tiga parameter yaitu kandungan abu, kandungan sulfur dan nilai kalori, kriteria permintaan konsumen dalam metode disebut fungsi batasan dan kendala dapat dituliskan model matematikanya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 X1 + X2 &\leq 5.000 \\
 X1 + X2 + X3 &= 5.000 \\
 28,84 X1 + 5,47 X2 &\leq 13(5.000) \\
 28,84 X1 + 5,47 X2 + X4 &= 65.000 \\
 1,33 X1 + 0,25 X2 &\leq 0,8(5.000) \\
 1,33 X1 + 0,25 X2 + X5 &= 4.000 \\
 3202,27 X1 + 7734,12 X2 &\leq 6300(5.000) \\
 3202,27 X1 + 7734,12 X2 + X6 &= 31.500.000
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Perhitungan dengan Metode Simplek

VD	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	NK	NI
Z	1	-1	-1	0	0	0	0	-	0
X3	0	1	1	1	0	0	0	5.000	5.000,0
X4	0	28,84	5,47	0	1	0	0	65.000	11.883,0
X5	0	1,33	0,25	0	0	1	0	4.000	16.000,0
X6	0	3202,27	7734,12	0	0	0	1	31.500.000	4.072,9

Z	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
-1	0,41404452	1	0	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9
	-0,58595548	0	0	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9
X3	1	1	1	0	0	0	0	0	5,000
1	0,41404452	1	0	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9
	0,58595548	0	1	0	0	0	0	-0,000129297	927,1
X4	28,84	5,47	0	1	0	0	0	0	65,000
4,072,9	0,41404452	1	0	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9
4,072,9	26,57517648	0	0	1	0	0	0	-0,000707256	42721,4473
4,000	X5	1,33	0,25	0	0	1	0	0	4,000
4,072,9	0,41404452	1	0	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9
2981,784612	1,22648887	0	0	0	1	0	0	-3,2324E-05	

VD	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	NK	NI
Z	1	-0,5859555	0	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9
X3	0	0,5859555	0	1	0	0	0	-0,0001293	927,1
X4	0	26,575176	0	0	1	0	0	-0,00070726	42721,4473
X5	0	1,2264889	0	0	0	1	0	-3,2324E-05	2981,784612
X2	0	0,4140445	1	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9

X1	1	0	1,706614	0	0	0	27,16113196	1582,267727	
Z	-0,58595548	0	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9	
-0,58595548	1	0	0	0	0	0	1582,267727	0	
	0	0	0	0	0	0	927,1385754	4072,861554	
X2	0,41404452	1	0	0	0	0	0,000129297	4,072,9	
	1	0	0	0	0	0	1582,267727	0	
0,41404452	0	1	0	0	0	0	-655,1291516	4072,861554	

Jadi $Z = X1 + X2$
 $= 1.582,2677 + 3.417,7323$
 $= 5.000$

Dari hasil perhitungan metode simplek didapatkan komposisi pencampuran batubara *low calorific value* 1.582,2677 ton, sedangkan untuk batubara *hight calorific value* 3.417,7323 ton, atau didapatkan perbandingan antara batubara *Low Calorific Value* (X1) dengan *Hight Calorific Value* (X2) adalah 1:2,22.

Data kualitas batubara setelah dilakukan pencampuran dengan menggunakan metode simplek dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Kualitas Batubara setelah Pencampuran Menggunakan Metode Simplek

NO	Sampel Lab ID	ASH % adb	TS % adb	Calorific Value Kkal/kg adb
1.	Peneliti	12,06	0,61	6.328
2.	Perusahaan	13,91	0,83	6.283,08
3.	Konsumen	13	0,8	6.300

Data kualitas batubara yang akan di *blending* dengan metode simplek dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data untuk Kualitas Batubara yang akan dicampur (*Blending*)

No.	Parameter Kualitas Batubara	High	Low
1.	Kandungan air bawaan	3,19	4,55
2.	Kandungan abu	4,93	28,52
3.	Kandungan zat terbang	43,16	16,74
4.	Total sulphur	0,49	1,26
5.	Karbon tertambat	51,54	10,42
6.	Nilai kalor	7.703,02	3.287,93

$$\begin{aligned}
 X1 + X2 &\leq 5.000 \\
 X1 + X2 + X3 &= 5.000 \\
 28,52 X1 + 4,93 X2 &\leq 13(5.000) \\
 28,52 X1 + 4,93 X2 + X4 &= 65.000 \\
 1,26 X1 + 0,49 X2 &\leq 0,8(5.000) \\
 1,26 X1 + 0,49 X2 + X5 &= 4.000 \\
 3287,93 X1 + 7703,02 X2 &\leq 6.300(5.000) \\
 3202,27 X1 + 7703,02 X2 + X6 &= 31.500.000
 \end{aligned}$$

VD	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	NK	NI
Z	1	-1	-1	0	0	0	0	-	0
X3	0	1	1	1	0	0	0	5.000	5.000,0
X4	0	28,52	4,93	0	1	0	0	65.000	13.184,6
X5	0	1,26	0,49	0	0	1	0	4.000	8.163,3
X6	0	3287,93	7703,02	0	0	0	1	31.500.000	4.089,3

X1	0,426836488	1	0	0	0	0	0,000129819		4,089,3
----	-------------	---	---	---	---	---	-------------	--	---------

Z	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
-1	0,426836488	1	0	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
	-0,573163512	0	0	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
X3	1	1	1	0	0	0	0	0	5,000
1	0,426836488	1	0	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
	0,573163512	0	1	0	0	0	0	-0,000129819	910,7
X4	28,52	4,93	0	1	0	0	0	0	65,000
4,93	0,426836488	1	0	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
	26,41569612	0	0	1	0	0	0	-0,000640009	44839,7252
X5	1,26	0,49	0	0	1	0	0	0	4,000
0,49	0,426836488	1	0	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
	1,050850121	0	0	0	1	0	0	-6,36114E-05	1996,240436

VD	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	NK	NI
Z	1	-0,5731635	0	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
X3	0	0,5731635	0	1	0	0	0	-0,000129819	910,7
X4	0	26,415696	0	0	1	0	0	-0,000640009	44839,7252
X5	0	1,0508501	0	0	0	1	0	-6,36114E-05	1996,240436
X2	0	0,4268365	1	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
									9580,495935
X1	0	1	0	10,519986	0	0	0	26,98885963	9580,495935

Z	-0,573163512	0	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
-0,573163512	1	0	10,5199857	0	0	0	26,98885963	9580,495935
	0	0	6,02967196	0	0	0	15,4691594	9580,495935
X2	0,426836488	1	0	0	0	0	0,000129819	4,089,3
0,426836488	1	0	10,5199857	0	0	0	26,98885963	9580,495935
	0	1	-4,49031375	0	0	0	-11,51970023	5,65296E-08

Dari hasil perhitungan metode simplek didapatkan komposisi pencampuran batubara *low calorific* 1.588,91 ton, sedangkan untuk batubara *hight calorific* 3.411,10 ton, atau didapatkan perbandingan antara batubara *Low Calorific Value* (X1) dengan *Hight Calorific Value* (X2) adalah 1:2,22.

Data kualitas batubara setelah dilakukan pencampuran dengan menggunakan metode simplek dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Kualitas Batubara setelah Pencampuran Menggunakan Metode Simplek

NO	Sampel Lab ID	ASH % adb	TS % adb	Calorific Value Kkal/kg adb
1.	Peneliti	12,58	0,73	6.320
2.	Perusahaan	13,89	0,81	6.289,11
3.	Konsumen	13	0,8	6.300

Pada Tabel 9 bisa dilihat perbandingan kualitas batubara yang di teliti dengan perusahaan mana yang menguntungkan dan mendekati dengan konsumen, sebab kalau jauh berbeda dari permintaan konsumen dengan kontrak permintaan perusahaan bisa dikenakan pinalty atau di kembalikan. Dengan hasil perhitungan metode simplek hasil dari peneliti terdapat CV 6.320 kkal/kg lebih bagus dibandingkan yang di perusahaan 6.289,11 kkal/kg dan dapat memenuhi permintaan dengan CV 6.300 kkal/kg. Disamping itu ASH dan TS juga berpengaruh pada permintaan konsumen, dengan ASH hasil peneliti 12,58% bisa diterima sebab permintaan konsumen ASH 13% karena lebih kecil kualitas abu maka lebih bagus. Dan begitu juga dengan TS dimana peneliti mendapatkan TS 0,73% lebih kecil dari 0,8%.

4.3 Perhitungan Biaya Proses *Blending* Batubara

Perhitungan biaya selama proses *blending* batubara di CV. Tahiti Coal dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Biaya Angkut dari mulut tambang ke *Stokpile*

Jumlah Unit	Jumlah Pengangkutan 1 Truk/Hari	Biaya Pengangkutan/Truck	Biaya/Hari	Biaya/Bulan
3	5	Rp. 3000	Rp. 45.000	26x Rp. 45.000 = Rp. 1.170.000

Tabel 11. Biaya Bahan Bakar *Dump Truck* ke *Stokpile*

Jumlah Pemakaian Bahan Bakar/Hari	Harga Bahan Bakar/Liter	Biaya/Hari	Biaya/Bulan
20 L	Rp.7.700	Rp. 154.000	Rp. 154.000 X 26 X 3 Truck = Rp. 12.012.000

Tabel 12. Biaya Pemakaian Oli *Dump Truck*

Biaya pemakaian oli dump truck/bulan	Harga oli/Liter	Jumlah dump truck	Jumlah
30 L	Rp. 25.000	3	Rp. 2.250.000

Tabel 13. Biaya Perawatan *Dump Truck*

Biaya perawatan/truck/bulan	Jumlah dump truck	Jumlah
Rp. 150.000	3	Rp. 450.000

Tabel 14. Biaya Supir *Dump Truck*

Biaya supir/truck/bulan	Jumlah dump truck	Jumlah
Rp. 2.500.000	3	Rp. 7.500.000

Tabel 15. Biaya Bahan Bakar *Excavator*

Pemakaian bahan bakar/hari	Harga/galon	Biaya bahan bakar/hari	Jumlah/bulan
5 galon/hari	Rp.230.000	Rp.1.150.000	26 x Rp. 1.150.000 = Rp. 29.900.000

Tabel 16. Biaya Pemakaian Oli *Excavator*

Pemakaian/bulan	Harga/Liter	Jumlah/bulan
30 L	Rp. 27.000	Rp.810.000

Tabel 17. Gaji Operator *Excavator* dan Biaya Perawatan *Excavator*

Gaji/jam	Jumlah jam kerja/sift	Jumlah operator	Gaji/bulan	Biaya perawatan excavator/bulan
Rp. 13.000	7	2	Rp. 5.460.000	Rp. 150.000

- Total biaya *blending* batubara selama 1 bulan adalah Rp. 59.702.000
- Biaya pembelian batubara kalori rendah adalah 1.705 ton x Rp. 300.000 = Rp. 511.500.000
- Jika diasumsikan data penjualan batubara sebagai berikut:
1 ton batubara = Rp. 770.000
Produksi 1 bulan = 3.750 ton
Maka dengan demikian diperoleh hasil penjualan batubara perbulan adalah 3750 ton x Rp. 770.000 = Rp. 2.887.500.000
- 3.750 ton - 1.705 ton = 2.045 ton x Rp. 847.000 = Rp. 1.732.115.000
- Total biaya *blending* Rp. 59.702.000 +Rp. 511.500.000 = Rp. 571.202.000
- Total keuntungan *blending* adalah Rp. 2.887.500.000-Rp.571.202.000 = Rp. 2.316.298.000
- Selisih penjualan batubara murni dengan batubara setelah di *blending* Rp. 2.316.298.000 - Rp. 1.732.115.000 = Rp. 584.183.000
2.45 ton x Rp. 847.000 = Rp. 1.732.115.000
- Total biaya *blending* Rp. 59.702.000 +Rp. 511.500.000 = Rp. 571.202.000
- Total keuntungan *blending* adalah Rp. 2.887.500.000-Rp.571.202.000 = Rp. 2.316.298.000
- Selisih penjualan batubara murni dengan batubara setelah di *blending* = Rp. 2.316.298.000 - Rp. 1.732.115.000 = Rp. 584.183.000

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Dari hasil perhitungan metode simplek dengan menggunakan tiga parameter kualitas batubara yang diinginkan konsumen seperti Ash $\leq 13\%$, TS $\leq 0,8\%$ dan CV 6.300 kkal/kg dapat dicampur antara batubara produk HCV dengan parameter kualitas Ash = 5,47%, TS = 0,25 % dan CV=7.734,12kkal/kg dan batubara produk LCV dengan parameter kualitas Ash = 28,84 %, TS = 1,33 % dan CV = 3.202,27 kkal/kg sehingga

menghasilkan perbandingan 1:2,22 (2,22 bucket *excavator* PC 200 batubara HCV dicampur dengan 1 bucket *excavator* PC 200 batubara LCV dengan catatan kapasitas *bucket* sama).

2. Total biaya *blending* batubara selama 1 bulan adalah Rp. 59.702.000 +Rp. 511.500.000 = Rp. 571.202.000
Maka dengan demikian diperoleh hasil penjualan batubara perbulan adalah: 3750 ton x Rp. 770.000
= Rp. 2.887.500.000

5.2 Saran

1. Metode simplek sebaiknya bisa menjadi acuan bagi pihak management CV. Tahiti Coal dalam menentukan komposisi pencampuran batubara agar sesuai dengan permintaan konsumen.
2. Perusahaan perlu mengkaji ulang dengan baik sistem *management stockpile* dalam upaya pemenuhan kualitas batubara, seperti: menghindari terlalu lama penumpukan batubara di area *stockpile*.

Daftar Pustaka

- [1] Sunarjianto. *Batubara: Panduan Bisnis PT. Bukit Asam (Persero), Tbk.*. PT. Bukit Asam (Persero), Tbk., Jakarta (2008)
- [2] Muchjidin. *Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (2006)
- [3] S. Awang. *Kajian Optimalisasi Batubara Beda Kualitas Sesuai Permintaan Konsumen Di PT AIC Sawahlunto*. Padang: Universitas Negeri Padang (2014)
- [4] Sukandarrumidi. *Batubara Dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University (1995)
- [5] Prijono. *Upgrading Batubara Kualitas Rendah Dengan Proses Hydrothermal*. Padang: UNP (2017)
- [6] Spackerman. *Upgrading Batubara Kualitas Rendah Dengan Proses Hydrothermal*. Padang: UNP (2017)
- [7] Dian, Wirdasari. *Metode Simpleks Dalam Program Linier.* " Jurnal Saintikom (2009)
- [8] N. Bustanul Arifin. *Belajar Mudah Riset Operasional*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta (2010)