

SKRIPSI

**OPTIMASI HASIL PENCAMPURAN BATUBARA UNTUK
MEMENUHI KRITERIA PERMINTAAN KONSUMEN DI
PT KIDECO JAYA AGUNG KALIMANTAN TIMUR**

Disusun dan diajukan oleh

SYARIPAH NUR ISRAQ ASSAGAF

D111171003



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**OPTIMASI HASIL PENCAMPURAN BATUBARA UNTUK
MEMENUHI KRITERIA PERMINTAAN KONSUMEN DI
PT KIDECO JAYA AGUNG KALIMANTAN TIMUR**

Disusun dan diajukan oleh

SYARIPAH NUR ISRAQ ASSAGAF

D111171003

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 3 Januari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Sufriadin, ST., MT.

NIP. 196608172000121001



Dr. Eng. Rini Novrianti S. Tui, ST., M. BA., MT

NIP.198311142014042001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Purwanto, ST., MT.

NIP.19711282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syaripah Nur Israq Assagaf
NIM : D111171003
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Optimasi Hasil Pencampuran Batubara untuk Memenuhi Kriteria Permintaan Konsumen di PT Kideco Jaya Agung Kalimantan Timur

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 3 Januari 2022

Yang menyatakan

Tanda tangan



Syaripah Nur Israq Assagaf

ABSTRAK

Produk pencampuran batubara yang diperoleh seringkali tidak sesuai dengan target kriteria kontrak yang disepakati, sehingga perusahaan dikenakan pengurangan harga atau penolakan pengiriman batubara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengendalian kualitas batubara agar sesuai dengan permintaan konsumen dan dapat mengatur komposisi pencampuran batubara yang akan dikirim. Perencanaan pencampuran batubara dilakukan dengan menggunakan program linear metode simpleks pada perangkat lunak *POM-QM for Windows Version 5* yang merupakan sebuah paket program komputer yang digunakan untuk mengetahui komposisi pencampuran dari beberapa jenis batubara yang tersedia dan menggunakan persamaan parameter kualitas batubara untuk memperoleh nilai kualitas yang optimal. Hasil optimasi dari pencampuran batubara yang diperoleh setiap konsumen masing-masing untuk total *moisture*, *ash*, total sulfur, dan nilai kalori adalah *buyer A* (24,50%, 4,15%, 0,11%, dan 4.958 kkal/kg), *buyer B* (30%, 3,94%, 0,14%, dan 4.499 kkal/kg), *buyer C* (34,50%, 4,07%, 0,11%, dan 4.154 kkal/kg), *buyer D* (30,50%, 3,89%, 0,11%, dan 4.448 kkal/kg), *buyer E* (34,20%, 4,04%, 0,13%, dan 4.173 kkal/kg), dan *buyer F* (35,30%, 4,13%, 0,13%, dan 4.083 kkal/kg). Berdasarkan perbandingan campuran ini maka hasil kualitas batubara sesuai dengan spesifikasi permintaan konsumen khususnya untuk nilai kalori.

Kata kunci: Batubara; pencampuran; metode simpleks; kalori; spesifikasi

ABSTRACT

The obtained coal blending product is often not in accordance with the agreed contractual criteria targets, so companies are subject to price reduction or rejection of coal shipments. This study aims to determine the quality control of coal to fit the consumer demand and to adjust the composition of the coal blending to be shipped. Coal blending planning is carried out using a linear program using the simplex method on POM-QM software for Windows Version 5 which is a computer program package that is used to determine the blending composition of several types of coal available and use the coal quality parameter equation to obtain optimal quality values. The optimization results from coal blending obtained for each consumer for total moisture, ash, total sulfur, and calorific value are buyer A (24.50%, 4.15%, 0.11%, and 4,958 kcal/kg), buyer B (30%, 3.94%, 0.14%, and 4,499 kcal/kg), buyer C (34.50%, 4.07%, 0.11%, and 4.154 kcal/kg), buyer D (30.50%, 3.89%, 0.11%, and 4,448 kcal/kg), buyer E (34.20%, 4.04%, 0.13%, and 4,173 kcal/kg), and buyer F (35.30%, 4.13%, 0.13%, and 4,083 kcal/kg). Based on this blending comparison, the results of the quality of coal are in accordance with the specifications of consumer demand, especially for calorific value.

Key words: Coal; blending; simplex method; calorific value; specification

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanawwata'ala* yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Optimasi Hasil Pencampuran Batubara untuk Memenuhi Kriteria Permintaan Konsumen di PT Kideco Jaya Agung Kalimantan Timur". Salawat serta salam senantiasa dihanturkan kepada junjungan kita *Nabiyullah* Muhammad *Sallallahu 'Alaihi Wasallam*, nabi yang telah membawa manusia dari zaman kebodohan menuju ke jalan yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Skripsi ini dibuat berdasarkan apa yang telah penulis amati dan lakukan mengenai kegiatan pencampuran batubara yang terjadi di PT Kideco Jaya Agung. Selama penyusunan skripsi ini, banyak hambatan dan rintangan yang dihadapi penulis. Namun, atas izin Allah *Subhanawwata'ala* serta dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga semua hal tersebut dapat teratasi dengan baik.

Selama kegiatan penelitian sampai penyusunan skripsi ini selesai tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, untuk itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Muhammad Syaifullah selaku *Manager* Departemen *Quality Control* yang telah membantu penulis selama pelaksanaan penelitian tugas akhir, Bapak Hadi Purnama dan Bapak Parasakti Bayu Sampurno selaku pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu mengenai pencampuran batubara di Departemen *Quality Control* PT Kideco Jaya Agung TMCT (Tanah Merah *Coal Terminal*), Bapak Mustakim, Bapak Nur Susanto, Bapak Syahriandi, Bapak Taufik, Bapak Alfian, dan Bapak Hairil

Anwar serta seluruh staff *quality control* Batu Kajang dan TMCT PT Kideco Jaya Agung.

Terima kasih pula penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Sufriadin. ST., MT., selaku dosen Pembimbing I, Ibu Dr. Eng. Rini Novrianti S. Tui, ST., M. BA., MT. selaku pembimbing II, Bapak Dr. Eng. Purwanto, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin dan segenap dosen serta bapak dan ibu pegawai administrasi Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu dalam memberikan ilmu dan motivasi serta pegurusan administrasi surat penulis. Untuk orang tua penulis Bapak Hijas Thaib Assagaf, Ibu Hasnawati, Alm. Bapak Patahuddin Assagaf, dan Ibu ST. Nasiah S,Pd., serta seluruh keluarga yang telah senantiasa mendo'akan, memberi semangat, dan selalu memotivasi penulis. Teman-teman Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin Angkatan 2017 (CONTINUITY 2017) yang telah menjadi teman diskusi penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir, kemudian terakhir kepada semua semua pihak yang telah membantu demi terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan selama kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi ini berlangsung, sehingga kritik dan saran penulis harapkan. Semoga bantuan dan doa yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah *Subhanawwata'ala* serta skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan pengetahuan bagi penulis dan semua pembaca.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Makassar, 3 Januari 2022



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian	4
1.6 Tahapan Kegiatan Penelitian.....	6
BAB II PENCAMPURAN BATUBARA DAN PROGRAM LINEAR	8
2.1 Pembentukan Batubara	8
2.2 Klasifikasi Batubara	11
2.3 Parameter Kualitas Batubara.....	13
2.4 Pencampuran Batubara	16
2.5 Program Linear dengan Metode Simpleks.....	20

BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Tahapan Persiapan	26
3.2 Pengumpulan Data.....	26
3.3 Akuisisi dan Pengolahan Data	29
3.4 Metode Simpleks	35
3.5 Optimasi Pencampuran Batubara.....	35
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	69
4.1 Kesimpulan	69
4.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian.....	5
2.1 Proses Pembentukan Batubara.....	9
2.2 Metode Penimbunan Batubara	18
2.3 Pencampuran Batubara di <i>Belt Conveyor</i>	19
3.1 Pengambilan Sampel di <i>Truck Hopper</i>	27
3.2 Sampel yang Akan dipreparasi	28
3.3 <i>Oven</i> untuk Analisis Kadar Air	30
3.4 <i>Furnace</i> untuk Analisis Kandungan Abu.....	31
3.5 Alat Analisis Total Sulfur	32
3.6 <i>Calorimeter</i> untuk Menentukan Kalori Batubara	34
3.7 Tampilan Awal <i>POM-QM for Windows Version 5.0</i>	35
3.8 Tampilan Halaman Baru <i>POM-QM for Windows Version 5.0</i>	36
3. 9 Tampilan Pemilihan <i>Module Linear Program</i>	36
3.10 Pengaturan Fungsi Tujuan dan Batasan pada <i>Linear Program</i>	37
3.11 Mengisi Fungsi Tujuan dan Fungsi Batasan (<i>Constraint</i>)	37
3.12 Diagram Alir Penelitian	38
4.1 Grafik Perbandingan Total <i>Moisture, Ash, Total Sulfur</i> Batubara <i>Buyer A</i> ... 60	
4.2 Grafik Perbandingan Nilai Kalori Batubara <i>Buyer A</i>	61
4.3 Grafik Perbandingan Total <i>Moisture, Ash, Total Sulfur</i> Batubara <i>Buyer B</i> ... 63	
4.4 Grafik Perbandingan Nilai Kalori Batubara <i>Buyer B</i>	64
4.5 Grafik Perbandingan Total <i>Moisture, Ash, Total Sulfur</i> Batubara <i>Buyer C</i> ... 66	
4.6 Grafik Perbandingan Nilai Kalori Batubara <i>Buyer C</i>	67
4.7 Grafik Perbandingan Total <i>Moisture, Ash, Total Sulfur</i> Batubara <i>Buyer D</i> .. 69	

4.8 Grafik Perbandingan Nilai Kalori Batubara <i>Buyer</i> D.....	70
4.9 Grafik Perbandingan Total <i>Moisture, Ash</i> , Total Sulfur Batubara <i>Buyer</i> E...	72
4.10 Grafik Perbandingan Nilai Kalori Batubara <i>Buyer</i> E	73
4.11 Grafik Perbandingan Total <i>Moisture, Ash</i> , Total Sulfur Batubara <i>Buyer</i> F .	75
4.12 Grafik Perbandingan Nilai Kalori Batubara <i>Buyer</i> F	76

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Data Kualitas dan Kuantitas Batubara TMCT Bulan Februari–Maret 2021.....	40
4.2 Spesifikasi Permintaan Pembeli (<i>Buyer</i>) A	41
4.3 Data Kualitas Batubara TMCT Bulan Februari–Maret 2021	42
4.4 Data Kualitas dan Kuantitas Batubara TMCT Bulan Maret–Bulan April 2021 .	43
4.5 Spesifikasi Permintaan Pembeli (<i>Buyer</i>) B.....	44
4.6 Data Kualitas Batubara TMCT Bulan Maret–Bulan April 2021.....	45
4.7 Data Kualitas dan Kuantitas Batubara TMCT Bulan April 2021	46
4.8 Spesifikasi Permintaan Pembeli (<i>Buyer</i>) C	47
4.9 Spesifikasi Kualitas Batubara TMCT Bulan April 2021.....	48
4.10 Data Kualitas dan Kuantitas Batubara TMCT Bulan April 2021	49
4.11 Spesifikasi Permintaan Pembeli (<i>Buyer</i>) D	50
4.12 Spesifikasi Kualitas Batubara TMCT Bulan April 2021	51
4.13 Data Kualitas dan Kuantitas Batubara TMCT Bulan April Hingga Mei 2021 .	52
4.14 Spesifikasi Permintaan Pembeli (<i>Buyer</i>) E.....	53
4.15 Spesifikasi Kualitas Batubara TMCT Bulan April Hingga Mei 2021.....	54
4.16 Data Kualitas dan Kuantitas Batubara TMCT Bulan April hingga Mei 2021..	55
4.17 Spesifikasi Permintaan Pembeli (<i>Buyer</i>) F.....	56
4.18 Spesifikasi Kualitas Batubara TMCT Bulan April hingga Mei 2021	57
4.19 Komposisi Pencampuran Batubara <i>Buyer</i> A.....	59
4.20 Data Perbedaan Kualitas Batubara <i>Buyer</i> A	59
4.21 Komposisi Pencampuran Batubara <i>Buyer</i> B.....	62
4.22 Data Perbedaan Kualitas Batubara <i>Buyer</i> B.....	62
4.23 Komposisi Pencampuran Batubara <i>Buyer</i> C.....	65

4.24 Data Perbedaan Kualitas Batubara <i>Buyer C</i>	65
4.25 Komposisi Pencampuran Batubara <i>Buyer D</i>	68
4.26 Data Perbedaan Kualitas Batubara <i>Buyer D</i>	68
4.27 Komposisi Pencampuran Batubara <i>Buyer E</i>	71
4.28 Data Perbedaan Kualitas Batubara <i>Buyer E</i>	71
4.29 Komposisi Pencampuran Batubara <i>Buyer F</i>	74
4.30 Data Perbedaan Kualitas Batubara <i>Buyer F</i>	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Data Kualitas Batubara di <i>Truck Hopper</i> TMCT	84
B. Hasil <i>Linear Programming</i> Metode Simpleks	102
C. Rencana Pencampuran Batubara Bulan Februari-Mei 2021	131
D. Kartu Konsultasi Tugas Akhir	135

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil yang berlimpah di dunia, dan merupakan sumber energi penting untuk industri terlepas dari dampak yang ditimbulkan bagi masyarakat karena mengandung abu dan sulfur (Ambedkar *et al.*, 2011). Berdasarkan data Kementerian ESDM RI 2016, jumlah sumber daya batubara di Indonesia berkisar 128,062 miliar ton dan cadangan batubara Indonesia periode 2016 saat ini tercatat 28,475 miliar ton. Komposisi dan kualitas batubara sangat bervariasi, sehingga diperlukan suatu sistem klasifikasi untuk menjelaskan berbagai jenis batubara yang tersedia dengan rasio kualitas pada kalori rendah atau *low rank* lebih banyak dibandingkan *high rank* atau kalori tinggi (Santoso *et al.*, 2016). Batubara *high rank* dapat dimanfaatkan secara langsung oleh konsumen, tetapi untuk batubara *low rank* harus ditingkatkan melalui suatu proses tertentu agar sesuai dengan permintaan konsumen (Prasetyo dkk., 2018).

Penggunaan batubara sebagai salah satu bahan bakar utama sangat berpengaruh di berbagai bidang, tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga menghasilkan produk dengan kualitas yang telah ditargetkan (Fatrias *et al.*, 2018). Masalah umum yang sering terjadi pada penggunaan batubara adalah ketidakstabilan kualitas batubara (Zhao *et al.*, 2019). Perbedaan kualitas batubara dapat terjadi dalam satu *seam* yang sama. Keadaan ini dapat disebabkan oleh adanya perbedaan proses pengendapan, komposisi penyusun, serta pengotor yang terikut saat proses pembatubaraan. Selain itu, proses pengambilan dan penanganan batubara juga ikut berpotensi menyebabkan terjadinya perbedaan kualitas tersebut. Adanya perbedaan

kualitas batubara yang ditambang serta tanggung jawab memenuhi kriteria kontrak menjadi sebuah tantangan untuk setiap perusahaan tambang (Saputra dkk., 2014).

PT Kideco Jaya Agung (KIDECO) merupakan anak perusahaan dari PT Indika Energi Tbk (INDIKA) yang bergerak di bidang pertambangan batubara. KIDECO saat ini tercatat memiliki tiga jenis produk batubara yang dihasilkan dengan rentang kualitas yang berbeda. Produk tersebut dikelompokkan berdasarkan nilai kalori yang terdiri dari batubara *premium* (5.160 kkal/kg), batubara *medium* (4.800 kkal/kg), dan batubara SM (4.050 kkal/kg). Ketiga produk ini kemudian akan dicampur (*blending*) untuk dapat memenuhi standar kriteria yang telah ditetapkan oleh konsumen (*buyer*). Pencampuran batubara dapat tercapai dengan mengoptimalkan metode yang digunakan (Liu *et al.*, 2018).

Penelitian ini dilakukan untuk membantu pengendalian kualitas batubara agar sesuai dengan permintaan konsumen (*buyer*), sehingga perusahaan tidak dikenakan *penalty* (pengurangan harga) atau *reject* (penolakan). Pengendalian kualitas batubara dimulai dari pengujian kualitas yang terjadi mulai dari *pit (channel sampling)*, *truck hopper (manual sampling)*, pemuatan batubara (*mechanical sampling*) ke tongkang, dan ke Teluk Adang. Perencanaan pencampuran batubara dilakukan menggunakan metode simpleks pada program *POM for Windows Version 5* yang merupakan sebuah paket program komputer untuk memecahkan masalah dalam hal mengetahui komposisi batubara. Hasil komposisi batubara yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan parameter kualitas batubara dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* untuk mengetahui kualitas batubara yang direncanakan.

1.2 Rumusan Masalah

Batubara yang diproduksi oleh PT Kideco Jaya Agung digunakan untuk kepentingan industri dalam negeri (domestik) maupun luar negeri. Adanya kriteria

permintaan konsumen (*buyer*) terhadap batubara menyebabkan perusahaan harus melakukan penanganan tertentu agar kualitas dan kuantitas batubara yang dibutuhkan terpenuhi. Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana komposisi campuran batubara berdasarkan parameter kualitas dengan metode simpleks menggunakan aplikasi *POM-QM for Windows*.
2. Bagaimana perbandingan hasil pencampuran batubara yang direncanakan, data *actual blending* yang diperoleh, dan spesifikasi permintaan konsumen.
3. Bagaimana perubahan nilai kualitas batubara setelah pencampuran batubara.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan komposisi campuran batubara berdasarkan parameter kualitas dengan metode simpleks menggunakan aplikasi *POM-QM for Windows*.
2. Menganalisis perbandingan hasil campuran batubara yang direncanakan, data *actual blending* yang diperoleh, dan data spesifikasi permintaan konsumen.
3. Menganalisis perubahan nilai kualitas batubara setelah pencampuran batubara.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Perusahaan

Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat dijadikan referensi dan masukan positif bagi PT Kideco Jaya Agung dalam mengoptimalkan proses pencampuran (*blending*) batubara, sehingga terpenuhi spesifikasi yang diminta oleh

konsumen (*buyer*) agar tidak terjadi komplain *penalty* ataupun batubara yang dikirim ditolak (*reject*).

2. Bagi Akademi

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bahan bacaan, khususnya mahasiswa teknik pertambangan dalam mengangkat judul kerja praktik dan penelitian.

3. Bagi Penulis

Penulis dapat menentukan optimasi komposisi pencampuran batubara, dan menjadi nilai tambah pada saat memasuki dunia kerja.

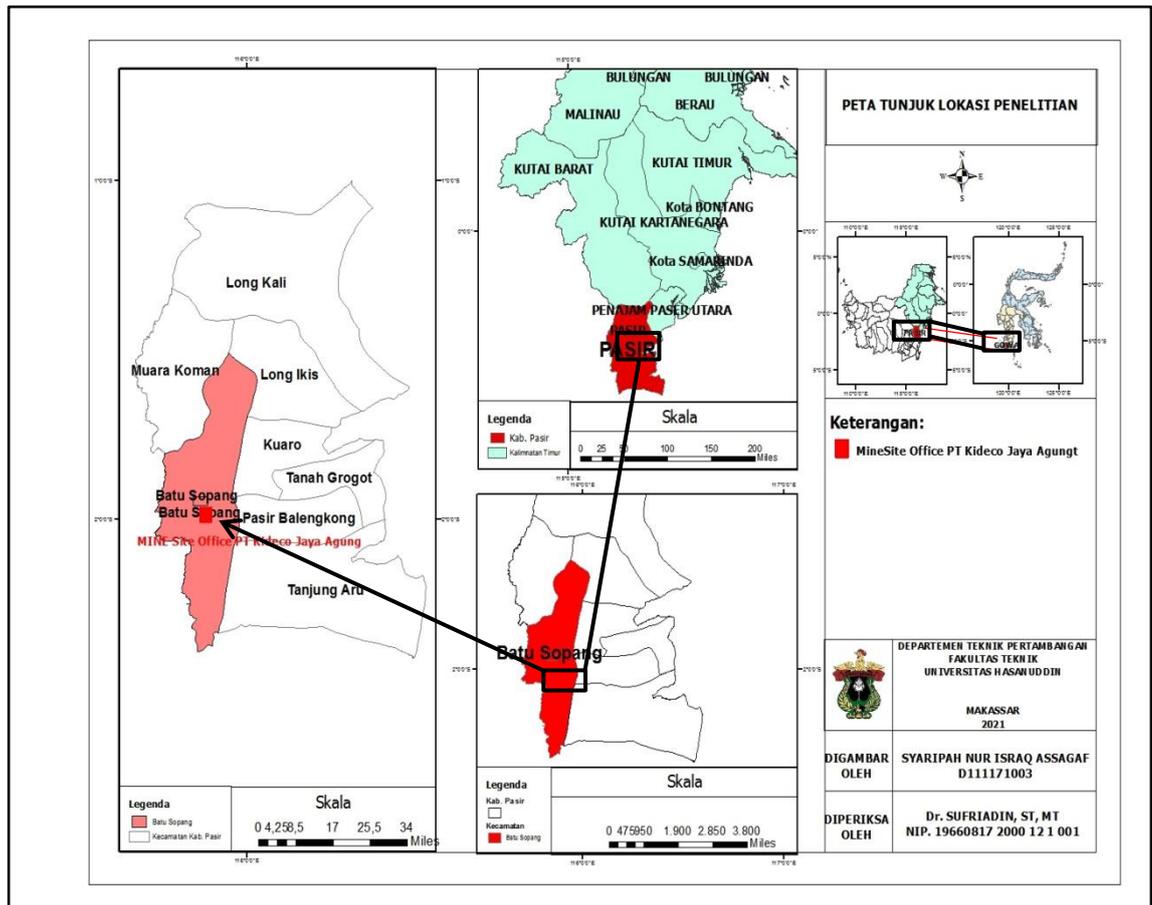
1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berada di PT Kideco Jaya Agung yang terletak di Desa Batu Kajang, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Pasir, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi penelitian dapat ditempuh melalui jalur udara, darat, maupun laut. Perjalanan menuju lokasi penelitian dimulai dari Makassar dengan menggunakan pesawat terbang di Bandara Sultan Hasanuddin menuju Bandara Sepinggang Balikpapan dengan waktu tempuh yang dibutuhkan adalah ± 1 jam. Tiba dari Bandara Sepinggang Balikpapan, perjalanan kemudian dilanjutkan menuju Pelabuhan Semayang dengan jarak tempuh ± 13 km atau sekitar 20 menit dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan dari perusahaan (mobil). Selanjutnya dari Pelabuhan Semayang menuju Pelabuhan PPU (Penajam Pasir Utara) dilakukan dengan menyeberangi laut dan memerlukan waktu sekitar 15 menit menggunakan *speed boat*.

Setelah sampai dari Pelabuhan PPU, lokasi selanjutnya adalah Batu Kajang (*Mess* PT Kideco Jaya Agung). Perjalanan ditempuh dengan jalur darat menggunakan kendaraan dari perusahaan (mobil). Jarak antara Pelabuhan PPU ke Batu Kajang yaitu ± 135 km dengan waktu tempu sekitar 4 jam. Perjalanan dari (*Mess* PT Kideco Jaya

Agung) menuju lokasi penelitian ditempuh dengan jarak ± 18 km dan membutuhkan waktu sekita 35 menit dengan menggunakan bus karyawan PT Kideco Jaya Agung.

Peta tunjuk lokasi kegiatan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian

1.6 Tahapan Kegiatan Penelitian

Tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Persiapan merupakan tahapan awal sebelum penelitian dilakukan. Proses persiapan yang dilakukan adalah menyiapkan administrasi dan mengurus surat izin dari universitas dan perusahaan terkait, melakukan konsultasi dengan

dosen pembimbing akademik, serta mengumpulkan berbagai referensi mengenai topik penelitian yang akan dilakukan.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses awal sebelum berlangsungnya penelitian dimana dalam tahapan ini peneliti mencari bahan referensi berupa buku, jurnal dan referensi penelitian terdahulu, serta informasi dari media *online* mengenai topik penelitian yang akan dilakukan.

3. Survei Lapangan

Kegiatan ini dilakukan di area *stockpile* PT Kideco Jaya Agung. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan data yang langsung diperoleh dari tempat penelitian di TMCT (Tanah Merah *Coal* Terminal) PT Kideco Jaya Agung.

4. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari TMCT (Tanah Merah *Coal* Terminal) PT Kideco Jaya Agung. Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data kualitas dan kuantitas batubara yang diambil dari beberapa kegiatan *sampling*.

5. Pengolahan dan Analisis Data

Sampel data yang telah dikumpulkan kemudian akan diolah dan dianalisis dengan menggunakan beberapa metode. Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis kualitas batubara yaitu analisis proksimat untuk menentukan total *moisture*, kandungan abu (*ash content*), zat terbang (*volatile matter*), dan kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*), analisis ultimat untuk menentukan kandungan sulfur, dan nilai kalori. Hasil analisis yang telah diketahui akan dijadikan acuan dalam proses pengolahan data penelitian.

6. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari kegiatan penelitian. Semua data yang telah diperoleh dari hasil analisis data akan dikumpulkan dan disusun dalam bentuk *draft* berupa laporan hasil akhir penelitian (skripsi). Skripsi ditulis sesuai dengan format penulisan yang telah ditetapkan di Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

7. Seminar dan Penyerahan Laporan Tugas Akhir

Laporan akhir penelitian (skripsi) yang telah disusun akan dipresentasikan dalam seminar hasil. Laporan akan diserahkan setelah dilakukan pemeriksaan kembali (revisi).

BAB II

PENCAMPURAN BATUBARA DAN PROGRAM LINEAR

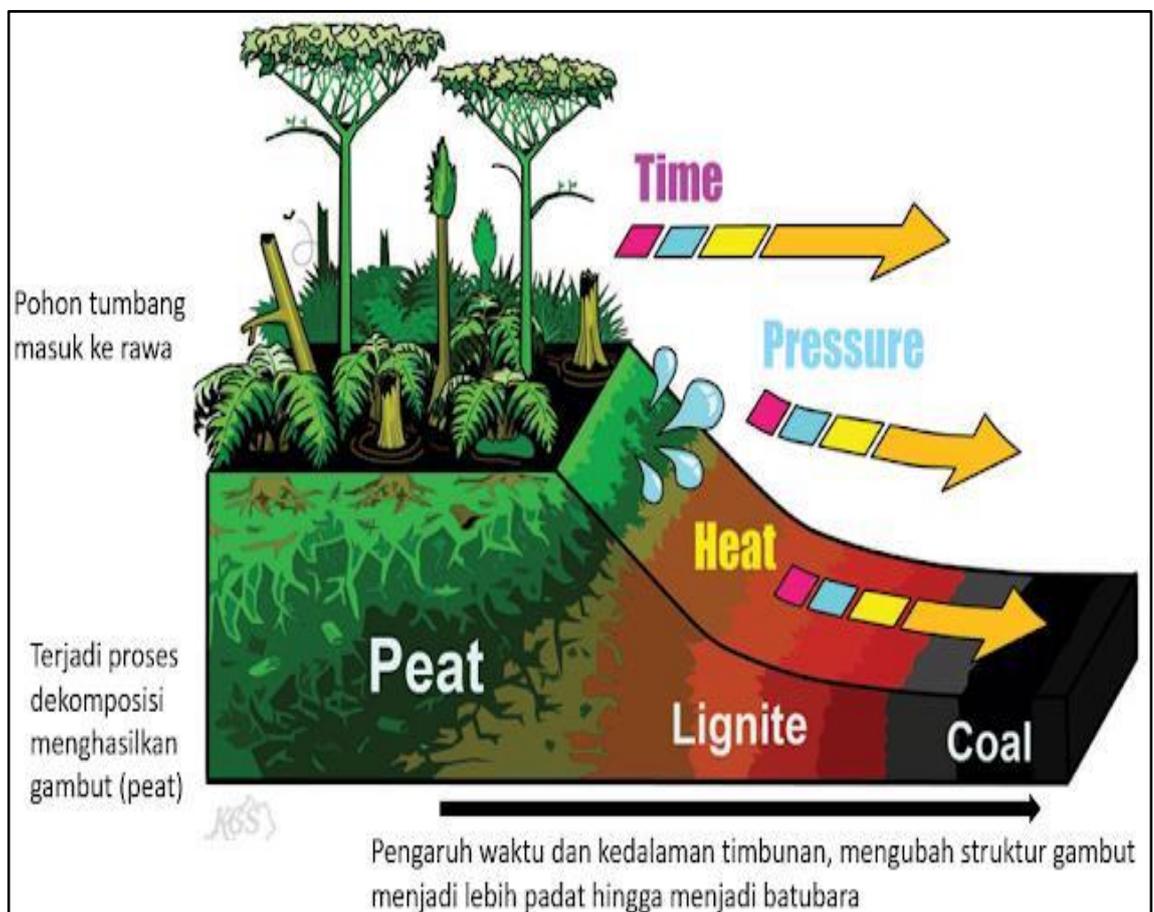
2.1 Pembentukan Batubara

Batubara adalah substansi heterogen yang dapat terbakar dan terbentuk dari banyak komponen yang mempunyai sifat saling berbeda. Batubara dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) (Yunita, 2000).

Perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras. Pola yang terlihat dari proses perubahan bentuk tumbuh-tumbuhan hingga menjadi batubara yaitu dengan terbentuknya karbon. Kenaikan kandungan karbon dapat menunjukkan tingkatan batubara. Dimana tingkatan batubara yang paling tinggi adalah antrasit, sedang tingkatan yang lebih rendah dari antrasit akan lebih banyak mengandung hidrogen dan oksigen (Yunita, 2000).

Pembentukan batubara memerlukan kondisi-kondisi tertentu dan hanya terjadi pada era-era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman Karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu adalah masa pembentukan batubara yang paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk. Pembentukan batubara dimulai dengan proses pembusukan timbunan

tanaman dalam tanah dan membentuk lapisan gambut kadar karbon tinggi. Pembentukan batubara dari gambut (*coalification*) dipengaruhi oleh faktor material pembentuk, temperatur, tekanan, waktu proses, dan berbagai kondisi lokal seperti kandungan oksigen, tingkat keasaman dan kehadiran mikroba. Proses *coalification* pada gambut terbagi menjadi tiga tahapan yaitu: pembusukan aerobik, pembusukan anaerobik, dan bituminisasi (perubahan lignit menjadi bituminus) (Putri dan Fadhillah, 2020).



Gambar 2.1 Proses Pembentukan Batubara (Pasyimi, 2008)

Pembentukan batubara secara umum dapat dibagi dalam dua tahap yaitu tahap penggambutan (akibat proses biokimia) dan tahap pembatubaraan (akibat proses geokimia). Tahap penggambutan merupakan tahap awal dari suatu proses pembentukan batubara. Tahap ini diperkirakan sisa tumbuhan yang terakumulasi

tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa yang selalu tergenang air dengan kedalaman sekitar 0,5 m sampai dengan 10 m dari permukaan air. Sisa tumbuhan tersebut oleh aktivitas bakteri anaerobik dan jamur diubah menjadi gambut. Perubahan ini disebut proses biokimia karena aktivitasnya dilakukan oleh bakteri (Stach, 1982).

Tahap selanjutnya adalah proses pematubaraan yang didominasi oleh proses geokimia. Tahap ini terjadi akibat kenaikan temperatur, tekanan, dan waktu sehingga persentasi unsur karbon dalam bahan asal pembentuk batubara ini cenderung untuk meningkat. Namun sebaliknya, kandungan dari unsur hidrogen dan oksigen dalam sisa tumbuhan tadi menjadi berkurang. Proses pematubaraan ini akan menghasilkan batubara dengan berbagai peringkat yang sesuai dengan tingkat kematangan pada bahan organiknya yaitu mulai dari lignit, *sub-bituminus*, bituminus dan antarasit. Faktor terpenting dalam tahap pematubaraan adalah peningkatan secara berangsur-angsur dari gradien geotermik, penimbunan (*burial*) dan waktu (Stach, 1982).

Proses pembentukan batubara terdiri atas dua tahap, yaitu (Stach, 1982):

1. Tahap Biokimia (Penggambutan)

Tahap biokimia (penggambutan) adalah tahap ketika sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (*anaeorobic*) di daerah rawa dengan sistem penisiran (*drainage system*) yang buruk dan selalu tergenang air beberapa inci dari permukaan air rawa. Material tumbuhan yang busuk tersebut melepaskan unsur H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri *anaerobic* dan *fungi*, material tumbuhan itu diubah menjadi gambut.

2. Tahap Pematubaraan (*Coalification*)

Tahap pematubaraan (*coalification*) merupakan proses diagenesis terhadap komponen organik dari gambut yang menimbulkan peningkatan temperatur dan tekanan sebagai gabungan proses biokimia, kimia dan fisika yang terjadi

karena pengaruh pembebanan sedimen yang menutupinya dalam kurun waktu geologi. Persentasi karbon pada tahap tersebut akan meningkat, sedangkan persentase hidrogen dan oksigen akan berkurang sehingga menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat maturitas material organiknya.

Teori yang menerangkan proses terjadinya batubara yaitu (Finkelman, 1993):

- a. Teori *In-situ*, dimana batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan di tempat dimana batubara tersebut. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di hutan basah dan berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati dan roboh, langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut dan sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami pembusukan secara sempurna dan akhirnya menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik.
- b. Teori *Drift*, dimana batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan ditempat dimana batubara tersebut berada. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di daerah delta mempunyai ciri-ciri lapisannya yaitu tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*) dan banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi).

2.2 Klasifikasi Batubara

Berdasarkan kebutuhan akan adanya suatu pengelompokan untuk keperluan transaksi perdagangan ekspor dan impor, serta dari sisi keperluan penggunaan batubara itu sendiri. Pemanfaatan batubara bisa amat berbeda antara satu negara dengan negara lain, sehingga klasifikasi dan metode penamaannya juga sangat berbeda. Namun secara umum, kandungan zat terbang (*volatile matter*) diambil sebagai nilai acuan baku dan terdapat kecenderungan yang hampir sama untuk kandungan zat terbang hingga 32%. Lewat dari angka ini, terdapat perbedaan yang

cukup besar antara satu dengan yang lainnya, sehingga umumnya diambil nilai acuan tambahan berupa kandungan air (*moisture*), nilai kalori dan sebagainya. Berdasarkan dari mutu atau tingkatannya batubara dikelompokkan menjadi (Putri dan Fadhillah, 2020):

1. Antrasit

Antrasit adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilau (*luster*) metalik, mengandung antara 86%–98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.

2. Bituminus

Bituminus mengandung 68%–86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8–10% dari beratnya. Kelas batubara yang paling banyak di tambang di Indonesia, tersebar di pulau Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.

3. *Sub-bitumius*

Sub-bitumius mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya batubara jenis ini menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.

4. Lignit

Lignit adalah batubara yang berwarna hitam dan memiliki tekstur seperti kayu. Kandungan air sekitar 35%–75%.

5. Gambut

Gambut adalah batuan sedimen organik yang terbakar, berasal dari tumpukan, hancuran, atau bagian dari tumbuhan dalam kondisi tertutup udara, tidak padat, kandungan air lebih dari 75%, dan kandungan mineral lebih kecil dari 50% dalam kondisi kering.

Secara umum batubara digolongkan menjadi empat tingkatan (dari tingkatan paling tinggi sampai tingkatan paling rendah) yaitu sebagai berikut (Prasetyo dkk., 2018):

1. Batubara kalori rendah (lignit) adalah jenis batubara yang paling rendah peringkatnya, bersifat lunak–keras, mudah diremas, mengandung kadar air tinggi (10–70%), memperlihatkan struktur kayu, nilai kalorinya <5.100 kkal/kg(adb).
2. Batubara kalori sedang (*sub-bituminus*), adalah jenis batubara yang peringkatnya lebih tinggi, bersifat lebih keras, tidak bisa diremas, kadar air relatif lebih rendah, umumnya struktur kayu masih tampak, nilai kalorinya 5.100–6.100 kkal/kg (adb).
3. Batubara kalori tinggi (*bituminus*), adalah jenis batubara yang peringkatnya lebih tinggi, bersifat lebih keras, tidak mudah diremas, kadar air relatif lebih rendah umumnya struktur kayu tidak tampak, nilai kalorinya 6.100–7.100 kkal/kg (adb).
4. Batubara kalori sangat tinggi (*antrasit*), adalah jenis batubara dengan peringkat paling tinggi, umumnya dipengaruhi intrusi ataupun struktur lainnya, kadar air sangat rendah, nilai kalorinya >7.100 kkal/kg (adb).

2.3 Parameter Kualitas Batubara

Penetapan kualitas batubara ditentukan oleh parameter-parameter yang terkandung dalam batubara yang terdiri dari:

2.3.1 Analisis Proksimat

Analisis proksimat batubara bertujuan untuk menentukan kadar *moisture* (air dalam batubara). Kadar air ini mencakup pula nilai *free moisture* serta *total moisture*, abu, zat terbang, dan karbon tertambat. *Moisture* ialah kandungan air yang terdapat

dalam batubara sedangkan abu merupakan kandungan residu *non-combustible* yang umumnya terdiri dari senyawa-senyawa silika oksidasi (SiO_2), dan kalsium dioksida (CaO), karbonat, dan mineral-mineral lainnya. Zat terbang adalah kandungan batubara yang terbebaskan pada temperatur tinggi tanpa keadaan oksigen. *Fixed carbon* ialah kadar karbon tetap yang terdapat dalam batubara setelah zat terbang dipisahkan dengan batubara (Putri dan Fadhillah, 2020).

Analisis proksimat yaitu:

1. Kandungan Air Total (*Total Moisture*)

Kandungan air total adalah banyaknya air yang terkandung dalam batubara baik yang terikat secara kimiawi (kandungan air bawaan) maupun akibat pengaruh kondisi luar (kandungan air bebas). Kandungan air total sangat dipengaruhi oleh faktor keadaan seperti ukuran butir dan faktor iklim (Putri dan Fadhillah, 2020). Kadar air batubara dapat dikelompokkan menjadi dua macam yakni kadar air bebas atau air permukaan (*free moisture content*) dan kadar air terikat (*inherent moisture content*). Kadar air bebas sangat ditentukan oleh kondisi penambangan dan keadaan udara saat penyimpanan batubara. Kadar air bebas dapat hilang dengan cara penguapan alami misalnya dengan menjemur batubara di bawah terik matahari (*air drying*). Kadar air terikat adalah kadar air yang terperangkap dalam pori batubara sebagai akibat dari sifat hidroskopis batubara. Kadar air jenis ini baru bisa dihilangkan bila batubara dipanaskan pada temperatur $\pm 105^\circ\text{C}$. Kadar air total batubara adalah penjumlahan dari kadar air bebas dan kadar air terikat (Pasymi, 2008).

2. Kandungan Abu (*Ash Content*)

Kandungan abu 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 (Putri dan Fadhillah, 2020). Abu batubara adalah bagian batubara yang tersisa saat batubara dibakar secara sempurna. Abu batubara tersusun dari senyawa anorganik seperti lempung, pirit, batugamping, pasir, dan lain-lain. Secara kimiawi abu batubara terdiri dari SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Ti_2O , Na_2O , K_2O , SO_3 (hampir sama dengan komposisi semen). Kadar abu batubara akan mempengaruhi nilai kalor dan kinerja pembakaran batubara (kerak abu cenderung menghambat perpindahan panas) (Pasyimi, 2008).

3. Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang merupakan zat aktif yang menghasilkan energi atau panas apabila batubara tersebut dibakar. Zat terbang ini akan berpengaruh pada kinerja pembakaran batubara karena akan memberikan nyala yang panjang dan asap yang banyak saat dibakar (Pasyimi, 2008). Zat terbang umumnya terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen (H), karbon monoksida (CO) dan metan (CH_4). Pembakaran batubara yang memiliki kandungan zat terbang tinggi akan mempercepat pembakaran karbon padatnya, sebaliknya jika zat terbang rendah akan mempersulit proses pembakaran (Putri dan Fadhillah, 2020).

4. Kandungan Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*)

Kandungan karbon tertambat 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 (Putri dan Fadhillah, 2020).

2.3.2 Analisis Ultimat (Analisis Elementer)

Analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S) dalam batubara. Prosedur analisis ultimat ini

cukup ringkas, yaitu dengan memasukkan sampel batubara ke dalam alat khusus analisis dan hasil akan muncul kemudian pada layar komputer (Putri dan Fadhillah, 2020).

2.3.3 Nilai Kalori (*Calori Value*)

Nilai kalori yaitu besarnya panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara, yaitu dinyatakan dalam satuan kkal/kg. Metode yang lazim digunakan dalam menentukan nilai kalor batubara adalah *bomb calorimetre*. Prinsip pengujian dari alat ini yaitu melakukan proses pembakaran adiabatik dalam suatu ruangan sehingga semua panas hasil pembakaran akan terakumulasi dalam ruangan tersebut. Panas *sensible* yang diperoleh dari kenaikan temperatur ruangan sebelum dan sesudah pembakaran setelah dikurangi beberapa koreksi dapat dinyatakan sebagai nilai kalori (Pasyimi, 2008).

2.4 Pencampuran Batubara

Pencampuran batubara dapat dilakukan dengan berbagai cara untuk mencapai hasil yang berbeda. Pencampuran batubara merupakan pencampuran dua atau lebih bahan yang berbeda untuk menghasilkan campuran dengan tingkat rata-rata baru dari beberapa parameter tertentu. Hal ini dapat dilakukan untuk menyatukan lapisan material batubara yang dibawa dari lokasi penambangan yang berbeda. Salah satu cara paling sederhana untuk mencampurkan batubara secara fisik adalah dengan menumpuk batubara menjadi satu, sehingga untuk mencapai hasil campuran yang efektif, harus ada kontrol atas bagaimana batubara dicampur dan digabungkan (Sloss, 2014).

Pencampuran (*blending*) merupakan salah satu teknik di dalam pengendalian mutu batubara. Pemilihan cara *blending* harus diperhatikan keuntungan cara dan biaya

yang dikeluarkan untuk mencapai hasil yang homogen (Mucjhidin, 2006). Ada dua cara umum pencampuran batubara dilakukan yaitu (Sloss, 2014):

1. Pencampuran Terlebih Dahulu

Pencampuran batubara ini dilakukan dengan membuat campuran dalam tumpukan saat batubara dikirim, dengan menyimpan batubara yang berbeda ke tumpukan atau *hopper* yang sama secara terkontrol.

2. Pencampuran Sesuai Permintaan

Pencampuran terjadi dengan menyimpan batubara secara terpisah tetapi menggunakannya kembali ke dalam campuran karena diperlukan untuk dikirim ke konsumen.

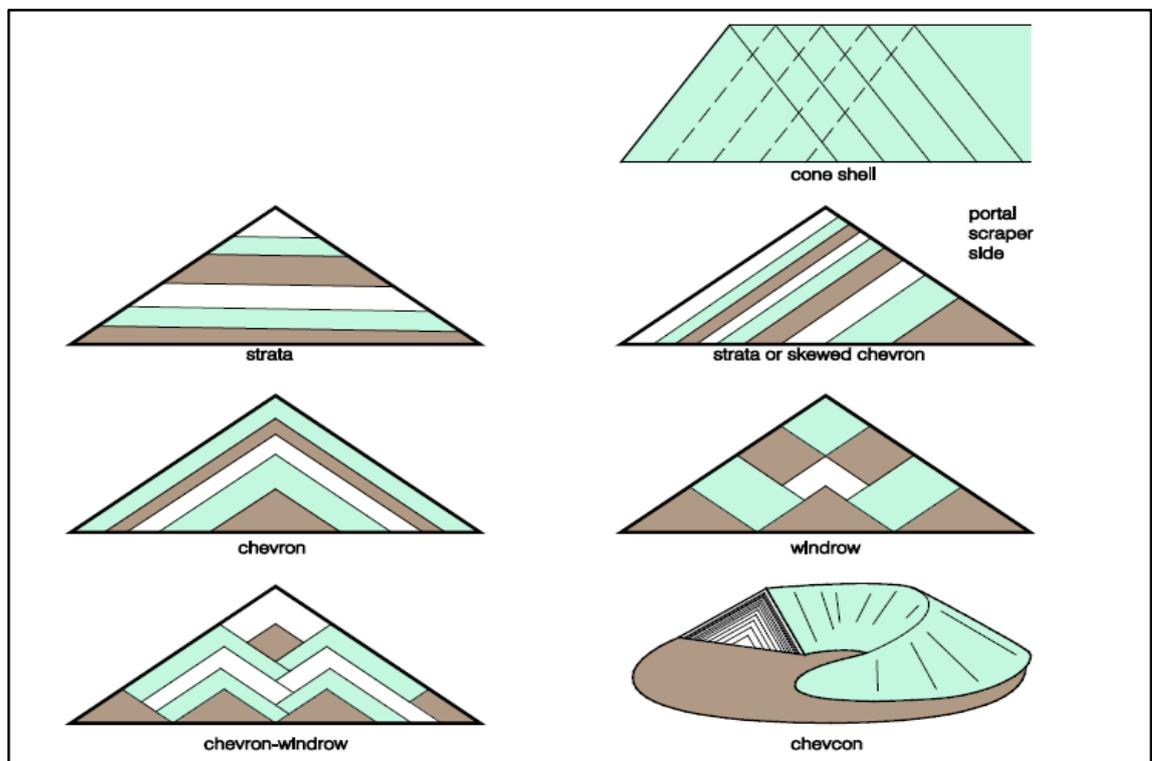
Bagian berikut menjelaskan berbagai cara penanganan dan penyimpanan batubara saat pencampuran (*blending*) terjadi, yaitu (Sloss, 2014):

2.4.1 Pencampuran Tumpukan (*Stockpile Blending*)

Metode pencampuran batubara yang paling sederhana dan berbiaya rendah adalah dengan menempatkan batubara yang berbeda ke dalam satu tumpukan. Ini dikenal sebagai *stockpile blending*. Diagram yang dihasilkan untuk menunjukkan berbagai metode penimbunan batubara dalam membuat campuran disertakan pada Gambar 2.2.

Tumpukan ini dibentuk sebagai beberapa lapisan batubara yang berbeda yang ditambahkan pada lapisan seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Warna yang berbeda menunjukkan beberapa jenis batubara yang ditambahkan ke dalam tumpukan (*stockpile blending*). Posisi dan ketebalan lapisan tumpukan memungkinkan untuk menyimpan batubara dengan berbagai cara. Menyusun batubara dalam satu tumpukan seperti ini membutuhkan peralatan khusus. Seperti yang dapat dilihat dari diagram, jenis peralatan yang digunakan dalam proses pencampuran tumpukan ini besar dan mahal serta membutuhkan pengoperasian yang terampil. Ini akan menambah biaya

yang signifikan untuk proses penanganan batubara. Pengoperasian peralatan ini bervariasi sesuai desain. Penggunaan alat dengan sistem *boom* tetap lebih murah tetapi membutuhkan lebih banyak ruang untuk seluruh sistem bergerak guna memfasilitasi penyebaran batubara. *Boom* yang dapat ditarik memungkinkan lebih banyak fleksibilitas gerakan. *Boom* pengangkat mempertahankan tingkat pengangkatan atau penurunannya di dalam derek memastikan bahwa *boom* tetap pada ketinggian yang sama. *Slewing boom* memungkinkan rotasi pada roda gigi, yang berarti *boom* dapat bergerak dari satu sisi ke sisi lain pada satu tingkat (Sloss, 2014).



Gambar 2.2 Metode Penimbunan Batubara (Cerpenter, 1999)

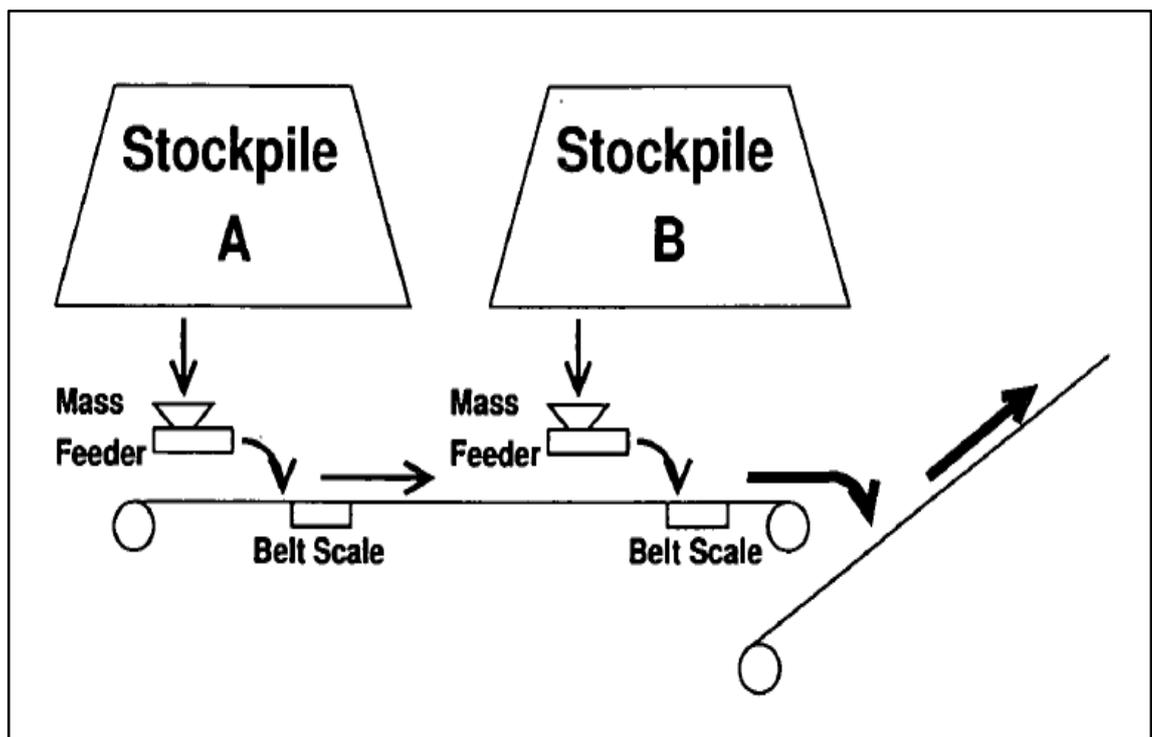
2.4.2 Pencampuran di Tempat Penampungan Batubara (Silo dan Bunker)

Pencampuran batubara dapat dibuat di lokasi yang memiliki unit penyimpanan batubara besar seperti silo batubara dan *hopper*. Silo adalah perangkat penyimpanan silinder tinggi dengan lubang keluaran tunggal di bagian bawah, sedangkan bunker adalah sistem persegi panjang yang mungkin memiliki banyak saluran keluar di

sepanjang bagian bawah. Baik silo maupun bunker sering disebut sebagai tempat untuk menampung dan menyimpan batubara (Sloss, 2014). Silo batubara umumnya menampung batubara dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan sistem timbunan. Silo dapat digunakan untuk menampung batubara yang telah dicampur sebelumnya atau dapat digunakan sebagai bagian dari proses pencampuran (Sloss, 2014).

2.4.3 Pencampuran di *Belt Conveyor*

Pencampuran batubara yang terjadi di *belt conveyor* adalah kombinasi batubara pada konveyor yang bergerak. Proses ini dapat dicapai dengan mengambil batubara dari area *stockpile*. Pencampuran dilakukan dengan mengontrol laju batubara ke konveyor. Sistem ini dirancang untuk menyertakan sistem penimbangan, dan memastikan bahwa campuran ditambahkan sesuai kebutuhan. Konveyor juga biasanya merupakan alat untuk memindahkan batubara campuran dari area pencampuran ke area pengiriman (jika akan dikirim ke luar lokasi) atau ke pabrik itu sendiri (Sloss, 2014).



Gambar 2.3 Pencampuran Batubara di *Belt Conveyor* (Conventry, 1999)

Hasil dari pencampuran (*blending*) ini digunakan untuk memenuhi permintaan konsumen. Pencampuran ini juga harus memperhatikan parameter yang sesuai dengan spesifikasi atau standar yang telah ditetapkan (Hardianti dan Saputra, 2018). Oleh karena itu, untuk mengetahui kualitas batubara hasil pencampuran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q_c = \frac{q_1 \cdot W_1 + q_2 \cdot W_2 + \dots + q_n \cdot W_n}{W_c} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$W_c = W_1 + W_2 + \dots + W_n \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

Q_c = Kualitas batubara dari hasil pencampuran (*blending*)

W_c = Berat total batubara hasil campuran (*blending*)

q_1, q_2, \dots, q_n = Kualitas masing-masing batubara yang akan dicampur (*blending*)

W_1, W_2, \dots, W_n = Berat masing-masing batubara yang akan dicampur (*blending*)

2.5 Program Linear dengan Metode Simpleks

Program linear adalah suatu prosedur matematis yang digunakan untuk memecahkan masalah optimasi. Metode penyelesaian program linear dengan menggunakan metode simpleks pertama kali ditemukan oleh George B. Dantzig sekitar tahun 1947 ketika bekerja sebagai penasihat di bidang matematika untuk Pengawas Keuangan Angkatan Udara Amerika Serikat dalam mengembangkan alat perencanaan waktu secara mekanis, pelatihan, dan pasokan logistik (Bazaraa *et al.*, 2010). Metode ini menjadi terkenal ketika mulai ditemukan alat hitung elektronik dan menjadi populer ketika munculnya komputer. Proses perhitungan dengan menggunakan metode simpleks adalah dengan melakukan iterasi berulang kali sampai hasil yang optimal tercapai. Proses ini juga dapat dilakukan dengan menggunakan komputer (Wirdasari, 2009). Tujuan yang ingin dicapai dalam penggunaan program linear yaitu

memaksimalkan pendapatan atau meminimumkan biaya dari produk yang dibuat. Masalah perhitungan muncul karena produk membutuhkan sumber daya yang berbeda-beda, dan masing-masing memberi kontribusi pendapatan yang berbeda pula (Sutanto, 2013).

2.5.1 Formulasi Model Program Linear

Langkah yang paling menentukan dalam program linear adalah memformulasikan model program linear. Langkah ini mencakup identifikasi hal-hal yang terkait dengan tujuan dan batasan atau kendala yang membatasi tujuan tersebut. Dalam membangun model dari formulasi permasalahan yang ada maka digunakan beberapa unsur yang biasa diterapkan dalam penyusunan program linear yaitu perumusan variabel keputusan, fungsi tujuan, fungsi pembatas atau kendala, dan batasan variabel.

1. Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel yang dapat menentukan keputusan-keputusan yang akan dibuat dalam pencapaian solusi optimal. Kesalahan dalam menentukan variabel keputusan akan menyebabkan perusahaan salah dalam mengambil keputusan dan solusi yang dicapai tidak optimal. Untuk itu diperlukan pemahaman yang baik tentang karakteristik problem riil yang model program linearnya akan disusun. Berdasarkan karakteristiknya, program linear dapat dikategorikan ke dalam beberapa kelas problem program linear yang secara umum meliputi: proses produksi, penganggaran, penjadwalan, perencanaan keuangan jangka pendek, masalah pencampuran (*blending*), transportasi, penugasan, dan pengiriman. Khusus untuk problem proses produksi, variabel keputusan akan menghantarkan kepada keputusan tentang berapa banyak produk yang akan diproduksi sehingga perusahaan dapat mencapai tujuan yang telah dirumuskan.

2. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan merupakan fungsi yang menggambarkan tujuan atau sasaran dalam permasalahan program linear yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya secara optimal untuk memperoleh keuntungan maksimum atau untuk penggunaan biaya minimum.

3. Fungsi Batasan

Fungsi kendala/pembatas merupakan bentuk rumusan terhadap kendala yang dihadapi dalam mencapai tujuan. Kendala tersebut biasanya terkait keterbatasan sumber daya yang dimiliki di dalam mencapai tujuan yang telah dirumuskan di atas. Dengan ketersediaan sumber daya yang terbatas, perusahaan diarahkan untuk dapat mencapai tujuan tersebut baik memaksimalkan laba/keuntungan pendapatan maksimum yang diperoleh atau meminimumkan biaya yang digunakan tanpa harus menambah biaya produksi.

4. Batasan Variabel

Batasan variabel menggambarkan tentang wilayah variabel. Jumlah sumber daya yang tersedia untuk persoalan ini tidak boleh bernilai negatif.

2.5.2 Bentuk Umum Program Linear

Secara umum bentuk program linear dapat dituliskan:

1. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

$$\text{Maksimum/Minumum } z = (c_1x_1 + c_2x_2 \dots + c_nx_n) \dots \dots \dots 2.1$$

2. Fungsi Batasan (*Constraint Function*)

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq \text{atau} \geq b_1 \dots \dots \dots 2.2$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq \text{atau} \geq b_2 \dots \dots \dots 2.3$$

Sehingga,

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq \text{atau} \geq b_m \dots \dots \dots 2.4$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Keterangan dari simbol yang digunakan adalah sebagai berikut:

m = banyaknya jenis sumber yang terbatas atau fasilitas yang tersedia.

n = banyaknya kegiatan-kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas terbatas tersebut.

b_i = banyaknya sumber (fasilitas) i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan ($i = 1, 2, \dots, m$).

c_j = kenaikan nilai z apabila pertambahan tingkat kegiatan (x_{ij}) dengan satu satuan (unit) atau merupakan sumbangan setiap satuan kegiatan j terhadap nilai z .

z = nilai yang dioptimalkan (maksimum atau minimum).

2.5.3 Metode Simpleks

Metode simpleks adalah suatu prosedur aljabar yang bukan secara grafik untuk mencari nilai optimal dari fungsi tujuan dalam masalah-masalah optimisasi yang terkendala. Metode simpleks merupakan sebuah metode lanjutan dari metode grafik. Metode grafik tidak dapat menyelesaikan persoalan manajemen yang memiliki variabel keputusan cukup besar, sehingga untuk menyelesaikannya dibutuhkan sebuah metode yang lebih kompleks yaitu dengan menggunakan program komputer atau menggunakan metode simpleks. Dalam kenyataannya penggunaan komputer lebih efisien, tetapi metode dasar yang digunakan dalam pengoperasian komputer tetap metode simpleks (Rachman, 2015).

Terdapat persyaratan untuk memecahkan masalah pemrograman linear dengan menggunakan metode simpleks, yaitu (Taha, 2017):

- a. Semua batasan pertidaksamaan harus dinyatakan sebagai persamaan.
- b. Sisi kanan (*the right side*) dari sebuah batasan harus positif, apabila ada yang negatif harus dikali dengan -1.
- c. Nilai kanan (NK/RHS) fungsi tujuan harus nol (0).

d. Semua variabel dibatasi pada nilai-nilai *non*-negatif.

Tujuan menggunakan program linear metode simpleks yaitu untuk mendapatkan keuntungan maksimal (maksimisasi) dan minimum (minimisasi). Sebelum memasukkan data ke dalam aplikasi *POM-QM for Windows*, harus memformulasikan masalah tersebut dalam bentuk formula matematis. Setelah menyusun formulasi program linear, semua data dimasukkan pada program *POM-QM for Windows* (Sutanto, 2013).

2.5.4 Aplikasi Perangkat Lunak *POM-QM for Windows*

Program *POM-QM for Windows* merupakan program komputer yang didesain untuk menyelesaikan persoalan secara matematis yang berhubungan dengan metode kuantitatif, ilmu manajemen, dan riset operasi (Widodo dkk., 2020). Program *POM for Windows* adalah sebuah paket program komputer yang digunakan untuk memecahkan masalah dalam bidang produksi dan operasi yang bersifat kuantitatif. Kata *POM* merupakan kependekan dari *Production Operation Management*. Tampilan grafis yang menarik dan kemudahan pengoperasian menjadikan *POM for Windows* banyak digunakan sebagai alternatif aplikasi komputer guna membantu pengambilan keputusan (Sutanto, 2013).

Pemecahan masalah manajemen operasional memerlukan model untuk penyederhanaan yang sengaja dibuat untuk mempermudah mempelajari dunia nyata yang kompleks. Model bisa berbentuk gambar, simulator, matematis atau grafik, dan sebagainya. Pengambilan keputusan dapat dibantu dengan banyak alat analisis. Untuk melakukan analisis diperlukan data. Data dibagi menjadi dua yaitu (Sutanto, 2013):

1. Data Kualitatif

Data yang wujudnya kategori atau atribut, data yang tidak berujud angka, walaupun berujud angka, angka tersebut hanya sekedar pengganti kategori.

2. Data Kuantitatif

Data yang berujud angka atau numeris, dan angka-angka itu bisa dilakukan operasi matematika.