

**SKRIPSI**  
**ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS BATUBARA *SITE***  
**SELATAN DAN *SITE* UTARA PT PASIR WALANNAE,**  
**KABUPATEN BONE, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUH. ADHE BOELQIAH**

**D111181020**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS BATUBARA *SITE* SELATAN  
DAN *SITE* UTARA PT PASIR WALANNAE, KABUPATEN BONE,  
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUH. ADHE BOELQIAH  
D111181020**

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 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

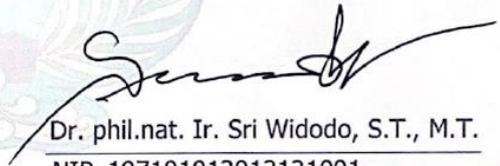
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

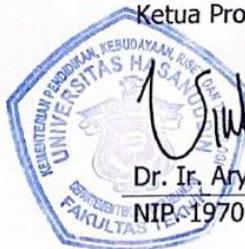


Dr. Ir. Irzal Nur, M.T.  
NIP. 196604091997031002



Dr. phil.nat. Ir. Sri Widodo, S.T., M.T.  
NIP. 197101012012121001

Ketua Program Studi,

Dr. Ir. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M. T.  
NIP. 197010052008012026

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Adhe Boelqiah  
NIM : D111181020  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS BATUBARA *SITE* SELATAN DAN *SITE* UTARA PT  
PASIR WALANNAE, KABUPATEN BONE, PROVINSI SULAWESI SELATAN

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan 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, Maret 2023

Yang menyatakan

  
Muh. Adhe Boelqiah

## ABSTRAK

PT Pasir Walannae merupakan salah satu perusahaan tambang yang bergerak dibidang eksplorasi dan eksploitasi batubara yang terletak di Desa Mattampawalie, Kecamatan Lamuru, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Dalam lingkup penambangan, PT Pasir Walannae memiliki IUP sebesar  $\pm 400$  hektar, *Site* Utara 199 hektar dan *Site* Selatan 199 hektar. Batubara dari kedua *site* tersebut akan dibandingkan kualitasnya sebagai faktor utama dalam penelitian ini, dengan melakukan analisis nilai kalori. Ditunjang pula dengan metode analisis proksimat, dan analisis total sulfur, sebagai data nilai tambahan. Sehingga dapat ditentukan batubara yang lebih baik diantara kedua *site* tersebut. Hasil analisis kualitas sampel batubara yang didapatkan pada *Site* Utara menunjukkan nilai kalori 6.766 kal/g, analisis proksimat (kadar air 6,16%, kadar abu 8,8%, zat terbang 49,49%, karbon tetap 35,55%), dan total sulfur 6,58%, sedangkan hasil analisis kualitas sampel batubara yang didapatkan pada *Site* Selatan menunjukkan nilai kalori 4.828 kal/g, analisis proksimat (kadar air 9,95%, kadar abu 8,68%, zat terbang 45,52%, karbon tetap 35,85%), dan total sulfur 3,66%. Dapat disimpulkan bahwa batubara pada *Site* Utara merupakan jenis batubara bituminous high volatile C, sedangkan batubara pada *Site* Selatan merupakan jenis batubara sub-bituminus C. Faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai kalori batubara di *Site* Selatan dan *Site* Utara yaitu kandungan air atau *moisture content*. Ketika kandungan air pada batubara tinggi maka nilai kalori akan mengalami penurunan. Ketika kandungan air pada batubara rendah maka nilai kalori akan meningkat. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan batubara pada *Site* Utara memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan batubara pada *Site* Selatan.

Kata Kunci: Analisis proksimat, batubara, lamuru, nilai kalori, total sulfur.

## **ABSTRACT**

*PT Pasir Walannae is a mining company engaged in the exploration and exploitation of coal located in Mattampawalie Village, Lamuru District, Bone Regency, South Sulawesi Province. In terms of mining, PT Pasir Walannae has an IUP of ±400 hectares, North Site 199 hectares and South Site 199 hectares. Coal from the two sites will be compared with the quality as the main factor in this study, by analyzing the calorific value. It is also supported by proximate analysis methods, and total sulfur analysis, as additional value data. So that it can be determined which coal is better between the two sites. The results of the analysis of the quality of the coal samples obtained at the North Site showed a calorific value of 6,766 cal/g, proximate analysis (moisture content 6.16%, ash content 8.8%, volatile matter 49.49%, fixed carbon 35.55%), and total sulfur 6.58%, while the results of the analysis of the quality of the coal samples obtained at the Southern Site showed a calorific value of 4,828 cal/g, proximate analysis (water content 9.95%, ash content 8.68%, volatile matter 45.52% , 35.85% fixed carbon, and 3.66% total sulfur. It can be concluded that the coal in the North Site is a type of bituminous high volatile C coal, while the coal in the South Site is a sub-bituminous C coal type. The factor that affects the difference in the calorific value of coal in the South Site and the North Site is moisture content. When the water content in coal is high, the calorific value will decrease. When the water content in coal is low, the calorific value will increase. Based on these results, it can be concluded that coal in the North Site has a good quality value than coal in the South Site.*

*Keywords: Proximate analysis, coal, lamuru, calorific value, total sulfur.*

## **KATA PENGANTAR**

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan judul "ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS BATUBARA *SITE* SELATAN DAN *SITE* UTARA PT PASIR WALANNAE, KABUPATEN BONE, PROVINSI SULAWESI SELATAN". Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menyampaikan agama yang sempurna kepada umat manusia.

Segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara moril maupun materil serta ilmu yang bermanfaat. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan semoga dicatat sebagai amal kebaikan oleh Allah SWT.

Penyusunan skripsi tidak akan berlangsung tanpa ada bantuan dari orang-orang hebat yang telah memfasilitasi dan memberikan kesempatan penulis untuk menimba ilmu di perusahaan. Olehnya itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak H. Amrullah selaku Kepala Teknik Tambang dan Bapak Udin selaku pembimbing yang telah membantu selama kegiatan, dan senantiasa memberikan arahan dan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini. Serta seluruh karyawan PT Pasir Walannae yang telah menerima dengan baik dalam pelaksanaan tugas akhir.

Ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, M.T. selaku pembimbing I sekaligus kepala laboratorium eksplorasi mineral dan Bapak Dr. phil. nat. Sri Widodo, S.T., M.T selaku pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat serta motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih kepada Bapak Dr. Sufriadin, S.T., M.T. selaku penguji I dan Bapak Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T. selaku penguji II dan seluruh dosen Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dalam bidang teknik pertambangan.

Tak lupa pula penulis ucapkan terimakasih kepada saudara dan saudari seperjuangan Teknik Pertambangan angkatan 2018 (TUNNEL 2018) yang telah memberikan bantuan, semangat, motivasi dan menjadi keluarga baru dalam kehidupan sehari-hari penulis serta menjadi kerabat baik susah maupun duka dalam menghadapi dinamika perkuliahan.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada kedua orang tua, bapak Ir. H. Burhanuddin, M.P. yang menjadi sosok inspiratif bagi penulis dalam kehidupan sehari-harinya dan ibu Hj. Asmah Rasyid, S.P. yang telah memberikan motivasi dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi serta saudara yang senantiasa memberikan semangat dari awal perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari terdapat kekurangan dan keterbatasan selama penyusunan Skripsi ini, sehingga penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi penyempurnaan skripsi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat sebagai bekal ilmu pengetahuan bagi penulis dan pembaca.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Makassar, Maret 2023

Muh. Adhe Boelqiah

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian.....	3
1.6 Lokasi Penelitian .....	5
<b>BAB II BATUBARA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Ganesa Batubara.....	6
2.2 Faktor-faktor Pembentukan Batubara .....	10
2.3 Lapisan Batubara ( <i>Seam</i> Batubara) .....	15
2.4 Kualitas Batubara .....	20
2.5 Sulfur Batubara .....	25
2.6 Nilai Kalori Batubara .....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>30</b>
3.1 Prosedur Penelitian.....	30
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	38

<b>BAB IV PERBANDINGAN NILAI KALORI BATUBARA.....</b>	<b>40</b>
4.1 Batubara PT Pasir Walannae.....	40
4.2 Analisis Kualitas Batubara <i>Site</i> Utara dan <i>Site</i> Selatan PT Pasir Walannae...	40
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta IUP Lokasi Penelitian.....	5
2.1 Ilustrasi Proses Pembatubaraan.....	8
2.2 Lapisan Batubara Bentuk <i>Horse Back</i> .....	16
2.3 Lapisan Batubara Bentuk <i>Pinch</i> .....	17
2.4 Lapisan Batubara Bentuk <i>Clay Vein</i> .....	17
2.5 Intrusi Batuan Beku pada Lapisan Batubara.....	18
2.6 Lapisan Batubara Bentuk <i>Fault</i> .....	18
2.7 Lapisan Batubara Bentuk <i>Folding</i> .....	19
2.8 <i>Split Coal</i> .....	19
2.9 <i>Wash Out</i> Akibat Erosi Sungai.....	20
3.1 Lokasi Pengambilan Sampel Batubara <i>Site Utara</i> .....	31
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel Batubara <i>Site Selatan</i> .....	32
3.3 Proses <i>Sampling</i> Sampel Batubara.....	32
3.4 Proses Komposit dan Pengeringan Sampel Batubara.....	33
3.5 Proses <i>Quartering</i> Sampel Batubara.....	34
3.6 Proses Reduksi Ukuran Sampel Batubara.....	34
3.7 <i>Muffle Furnace YAMATO FO 310</i> .....	36
3.8 <i>LECO S832DR Dual Range Sulfur Determinator</i> .....	36
3.9 <i>EDIBON TBCF Bomb Calorimeter</i> .....	38
3.10 Bagan Alir Penelitian.....	39
4.1 Lokasi Batubara <i>Site Utara</i> .....	40
4.2 Lokasi Batubara <i>Site Selatan</i> .....	41

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Klasifikasi Peringkat Batubara Berdasarkan ASTM .....	24
4.1 Data Analisis Proksimat Batubara PT Pasir Walannae .....	44
4.2 Data Analisis Total Sulfur Batubara PT Pasir Walannae .....	44
4.3 Data Analisis Nilai Kalori Batubara .....	45
4.4 <i>Rank</i> Batubara PT Pasir Walannae .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A PETA LOKASI PENELITIAN .....	52
B HASIL PERHITUNGAN ANALISIS PROKSIMAT.....	54
C HASIL ANALISIS TOTAL SULFUR .....	59
D HASIL ANALISIS NILAI KALORI .....	63
E KARTU KONSULTASI TUGAS AKHIR.....	66

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Batubara adalah batuan sedimen organik yang terbentuk dari sisa-sisa macam tumbuhan dan telah mengalami dekomposisi atau penguraian oleh adanya proses biokimia dan geokimia dalam lingkungan bebas oksigen yang dipengaruhi oleh panas dan tekanan yang berlangsung lama sehingga berubah baik sifat fisik maupun sifat kimia. Proses pembentukan batubara dapat melalui proses sedimentasi dan skala waktu geologi. Pada proses sedimentasi, batubara terbentuk dari material tumbuh-tumbuhan, yang terendapkan di dalam suatu cekungan pada kondisi tertentu (Hadi et al, 2012).

Menurut Badan Geologi Kementerian ESDM, jumlah sumber daya batubara Indonesia mencapai 148,73 miliar ton dengan cadangan 38,81 miliar ton. Batubara merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui dan berperan sebagai sumber energi primer setelah minyak bumi. Peran tersebut akan semakin meningkat pada tahun 2025 hingga 2050, yaitu masing-masing ditargetkan lebih dari 33% dan 38,1% dari total kebutuhan pasokan energi primer, karena batubara di Indonesia dianggap cukup berlimpah.

Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Kualitas batubara ditentukan oleh maseral dan mineral matter penyusunnya, serta oleh derajat *coalification (rank)*. Umumnya, untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisa kimia pada batubara yang diantaranya berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan jumlah kadar air (*moisture content*), zat terbang (*volatile*

*matter*), karbon padat (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*), sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara seperti, karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, unsur tambahan dan juga unsur jarang (Speight, 2005). Beberapa penelitian terkait karakteristik dan kualitas batubara Sulawesi telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya: Anggayana, dkk., 2003: Anshariah, dkk., 2019: Anshariah, dkk., 2020: Avicenna, dkk., 2019: Bakri, dkk., 2022: Fitrawan, dkk., 2023: Nurhawaisyah, dkk., 2023: Pratama, dkk., 2023: Saputno, dkk., 2023: Wahyuni, dkk., 2023: Widodo, dkk., 2020: Widodo, dkk., 2019: Widodo, dkk., 2022: Taliding, dkk., 2023: Taliding, dkk., 2022.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kualitas batubara yang terdapat pada *site* selatan dan *site* utara yang berada di PT Pasir Walannae, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan, yang akan menjadi referensi bagi perusahaan. Dari hal tersebut peneliti mengangkat judul Analisis Perbandingan Kualitas Batubara *Site* Selatan dan *Site* Utara PT Pasir Walannae, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Analisis perhitungan nilai kalori batubara sangat berpengaruh terhadap jenis batubara yang akan ditambang sampai dengan proses penjualan batubara kepada konsumen. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukanlah penelitian ini untuk mengetahui berapa nilai kalori batubara yang terdapat pada *site* selatan dan *site* utara di PT Pasir Walannae dengan memperhatikan penyebab perbedaan nilai kalori batubara tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan perbandingan nilai kalori batubara dari lokasi tersebut.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dilaksanakannya penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Membandingkan kualitas batubara yang terdapat pada *site* selatan dan *site* utara di PT Pasir Walannae.
2. Menganalisis faktor penyebab yang mempengaruhi perbedaan kualitas batubara di PT Pasir Walannae.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan analisis perbandingan kualitas batubara di PT Pasir Walannae, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Hasil analisis perbandingan kualitas batubara tersebut, dapat ditentukan dengan menganalisis batubara di laboratorium. Penelitian/kajian terhadap analisis perbandingan kualitas batubara kedepannya dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi perusahaan. Serta penelitian ini dapat dijadikan sebagai pembelajaran dalam menambah wawasan seputar batubara.

### **1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan selama kurun waktu 3 bulan selama bulan Agustus sampai bulan Oktober 2022 yang dilaksanakan di Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Adapun tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Persiapan merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum penelitian. Tahapan ini merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum menentukan hal-hal apa saja

yang akan dikerjakan dalam penyusunan tugas akhir ini seperti persiapan alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian.

## 2. Studi literatur

Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan selama berjalannya penelitian dari awal hingga selesainya penelitian. Tahapan ini berupa kajian kepustakaan untuk memahami dan menunjang kegiatan penelitian yang dilakukan. Studi literatur juga sebagai petunjuk dalam menentukan rancangan penelitian serta persiapan yang dibutuhkan dalam penyusunan tugas akhir. Literatur yang digunakan sebagai bahan pustaka diperoleh dari berbagai sumber antara lain, *Internasional Mining Book*, *International Mining Magazine*, perpustakaan dan instansi terkait.

## 3. Tahap perumusan masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk menentukan masalah yang akan diteliti dan menjadi batasan nantinya pada laporan dalam melakukan penelitian.

## 4. Tahap orientasi lapangan dan pengambilan sampel

Orientasi lapangan dilakukan di daerah PT Pasir Walannae, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan, pengambilan sampel dilakukan di dua lokasi yang berbeda yaitu di *site* selatan dan *site* utara.

## 5. Tahap pengolahan data

Tahapan pengolahan data dilakukan terhadap sampel yang telah diperoleh dari hasil pengambilan sampel, yang selanjutnya dilakukan analisis uji kalori, untuk menentukan perbandingan kalori dari sampel batubara.

## 6. Tahap penyusunan laporan tugas akhir

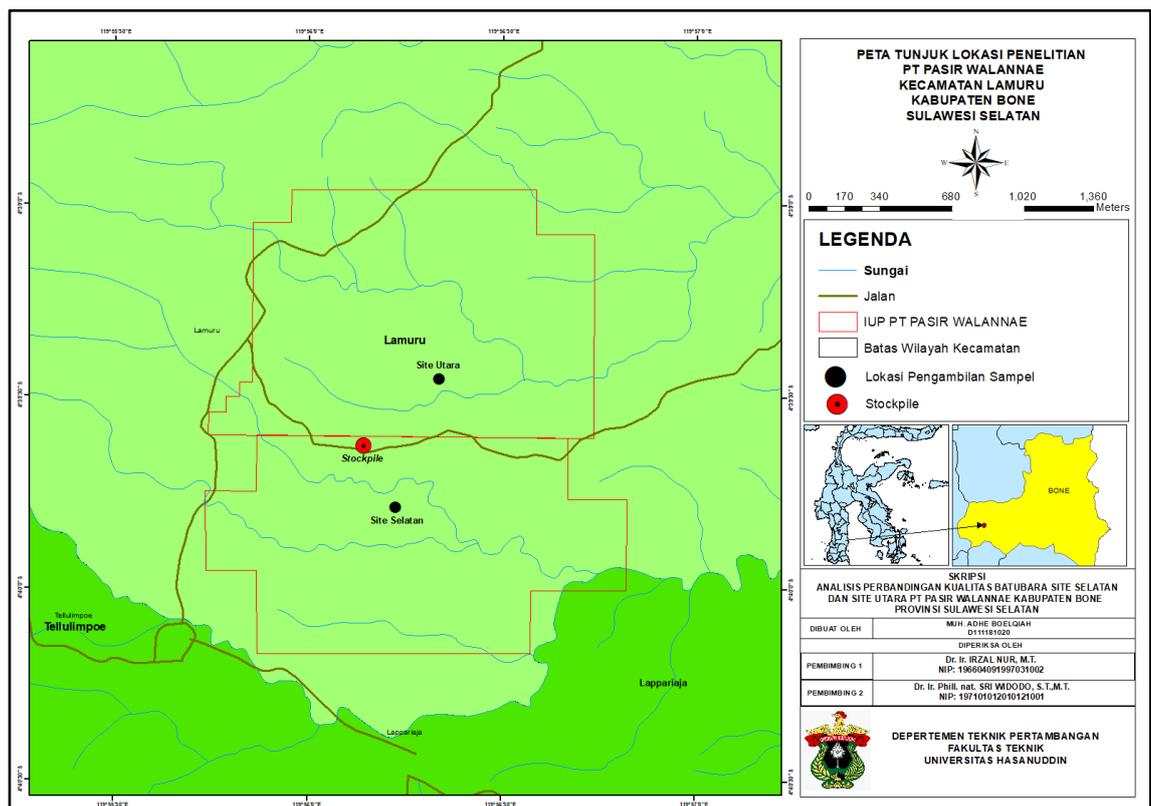
Penyusunan laporan tugas akhir merupakan kegiatan mengumpulkan keseluruhan data yang didapatkan dan disusun dalam bentuk laporan akhir.

7. Tahap seminar dan penyerahan laporan tugas akhir

Laporan hasil penelitian yang telah disusun akan dipresentasikan dalam seminar hasil. Koreksi dan saran pada saat seminar akan digunakan untuk merevisi kembali laporan yang telah diseminarkan.

### 1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi PT Pasir Walannae secara administrasi termasuk dalam wilayah Desa Mattampawalie, Kecamatan Lamuru Kabupaten Bone Sulawesi Selatan. Secara astronomis daerah berada pada  $119^{\circ} 56' 21,54''$  BT dan  $4^{\circ} 39' 44,79''$  LS. Adapun formasi batuan daerah ini yaitu mencakup formasi mallawa. Dimana formasi tersebut tersusun dari beberapa batuan yaitu, batupasir, kuarsa, batu lanau, batu lempung, dan batubara. Untuk mencapai wilayah tersebut, dapat ditempuh dari kabupaten Gowa menggunakan angkutan darat. Lokasi IUP PT Pasir Walannae dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian

## **BAB II**

### **BATUBARA**

#### **2.1 Ganesa Batubara**

Batubara merupakan bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari proses penggabutan dan pembatubaraan di dalam suatu cekungan (daerah rawa) dalam jangka waktu geologis yang meliputi aktivitas biogeokimia terhadap akumulasi flora di alam yang mengandung selulosa dan lignin. Proses pembatubaraan juga dibantu oleh faktor tekanan (berhubungan dengan kedalaman), dan suhu (berhubungan dengan pengurangan kadar air dalam batubara) (Sukandarrumidi 1995). Batubara adalah batuan yang mudah terbakar yang mengandung karbon 50% dalam berat atau lebih 70% dalam volume termasuk kandungan air bawaan (Wood et al., 1983). Menurut Darjianto (1999) batubara adalah sedimen padatan yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan, berwarna coklat sampai hitam yang sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia menghasilkan pengkayaan kandungan karbon dimana mengandung karbon 50% dalam berat atau 70% dalam volume.

Batubara adalah suatu material yang tersusun dari bahan organik dan anorganik dengan kandungan organik pada batubara mencapai 50% dan bahkan lebih dari 75%. Bahan organik ini disebut maseral yang berasal dari sisa tumbuhan dan telah mengalami berbagai tingkat dekomposisi serta perubahan sifat fisik dan kimia baik sebelum ataupun sesudah tertutup oleh lapisan di atasnya, sedangkan bahan anorganik disebut mineral atau mineral *matter* (Lashin, 2012). Kehadiran mineral dalam jumlah tertentu akan mempengaruhi sebuah kualitas batubara terutama parameter abu, sulfur, dan nilai panas sehingga dapat membatasi penggunaan

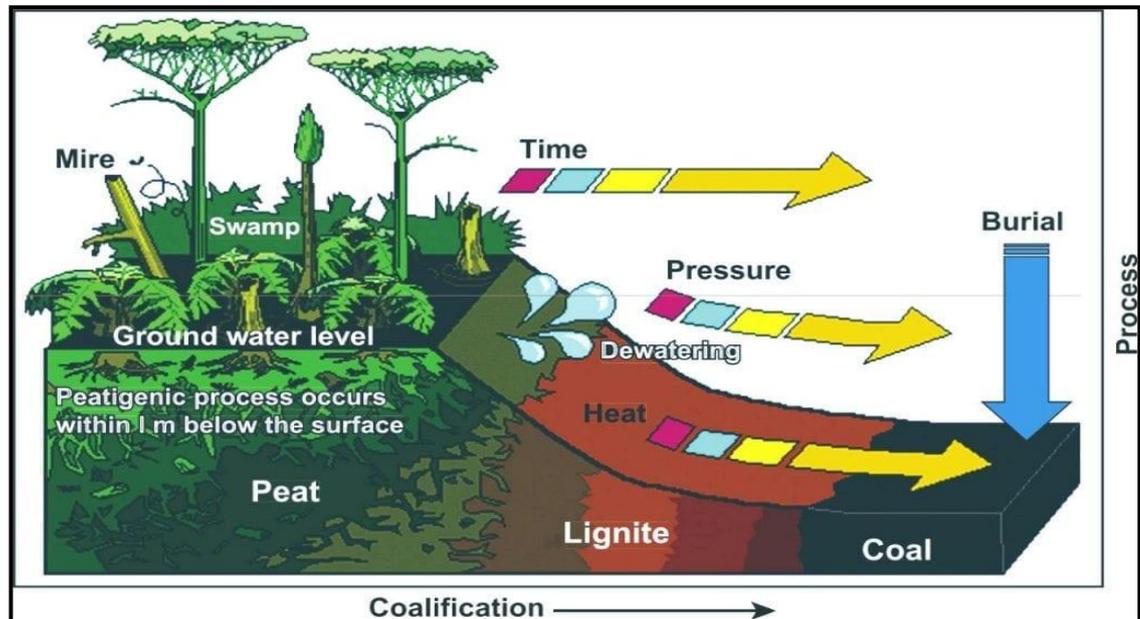
batubara. Keterdapatannya mineral dalam batubara bermanfaat dalam mempelajari genesisnya (Finkelman, 1993).

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 karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). 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 (Billah, 2010).

Dekomposisi tanaman pada proses pembentukan batubara terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Setelah itu, perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan karena adanya tekanan serta pemanasan yang kemudian membentuk suatu lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya mengalami pemadatan dan pengerasan (Flores, 2014).

Pola yang terlihat dari proses perubahan bentuk tumbuh-tumbuhan sampai menjadi batubara yaitu dengan terbentuknya karbon. Kenaikan kandungan karbon dapat menunjukkan tingkatan dari suatu batubara tingkatan batubara yang paling tinggi adalah antrasit, sedangkan tingkatan batubara yang lebih rendah dari antrasit akan lebih banyak mengandung hidrogen dan oksigen. Selain kandungan C, H, dan O pada batubara, juga terdapat kandungan lain yaitu belerang (S), nitrogen (N), serta kandungan mineral lainnya seperti silika, besi, aluminium, magnesium, dan kalsium yang pada saat pembakaran batubara akan tertinggal sebagai abu (Flores, 2014). Pembentukan tanaman menjadi gambut dan batubara melalui dua tahap

pembatubaraan (*coalification*) (Moore and Shearer, 2003). Ilustrasi proses pematubaraan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi proses pematubaraan (Flores, 2014)

Proses pembentukan batubara terjadi pada zaman karbon atau sekitar 270–350 juta tahun yang lalu dan pada zaman karbon terbentuk batubara di belahan bumi utara seperti Eropa, Asia, dan Amerika. Batubara Indonesia yang ditemukan dan ditambang umumnya berumur jauh lebih muda karena terbentuk pada zaman tersier. Batubara tertua yang ditambang di Indonesia berumur Eosen (40–60 juta tahun yang lalu) namun sumberdaya batubara di Indonesia umumnya berumur antara Miosen dan Pliosen (2–15 juta tahun yang lalu) (Sanwani et al, 1998).

Era Eosen-Miosen dimulai sekitar 100 juta tahun yang lalu dan berakhir sekitar 45 juta tahun yang lalu. Berdasarkan tempat terbentuknya, batubara dikenal dua macam teori, yaitu (Sundoyono, 2014):

1. Teori *In situ*, yaitu batubara terbentuk dari tumbuhan-tumbuhan yang berasal dari hutan dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk sesuai dengan teori ini biasanya terjadi di hutan hujan dan berawa. Tumbuhan-tumbuhan di hutan pada saat mati akan jatuh dan tenggelam ke dalam rawa.

Proses penghancuran tidak dapat memainkan peranannya, hal ini disebabkan karena air ditempati matinya tumbuhan tersebut tidak ada atau kurang mengandung oksigen. Oleh karenanya, tumbuhan tidak akan mengalami pembusukan atau dekomposisi dan kemudian akan tertimbun oleh lempung, pasir, atau kerikil yang akhirnya akan berubah menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik.

2. Teori *Drift*, yaitu batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan di tempat dimana batubara tersebut terbentuk, akan tetapi tumbuhan mengalami proses transportasi secara alami yang umumnya melalui sungai. Batubara yang terbentuk sesuai dengan teori ini biasanya terjadi di delta-delta. Adapun ciri-ciri dari batubaranya yaitu lapisan batubaranya tipis, tidak menerus (*splitting*), memiliki lapisan batubara yang banyak, serta banyak pengotor karena kandungan abu cenderung tinggi.

Sedangkan untuk proses pembentukan batubara dari tumbuhan melalui dua tahapan, yaitu (Stach, 1982):

1. Pembentukan Gambut

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.

2. Proses Pembentukan Batubara

Proses pembatubaraan yang didominasi oleh proses geokimia. Tahap ini terjadi kenaikan temperatur, tekanan dan waktu sehingga persentase unsur karbon

dalam bahan asal pembentukan 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, subbituminus, bituminus, antrasit. Adapun faktor terpenting didalam tahap pematubaraan adalah peningkatan secara berangsur-angsur dari gradien geotermik, penimbunan (*burial*) dan waktu (Stach, 1982).

## **2.2 Faktor-faktor Pembentukan Batubara**

Menurut Hutton and Jones (1995), batubara terbentuk melalui proses yang sangat Panjang dan lama, disamping dipengaruhi faktor alamiah yang tidak mengenal batas waktu, terutama ditinjau dari segi fisika, kimia ataupun biologis. Faktor-faktor yang memengaruhi dan menentukan terbentuknya batubara tersebut antara lain posisi geoteknik, keadaan topografi daerah, iklim daerah, proses penurunan cekungan sedimentasi, umur geologi, jenis tumbuhan, proses dekomposisi, sejarah setelah pengendapan, struktur geologi cekungan dan metamorfosa organik. Hal-hal tersebut dapat diuraikan lebih lanjut sebagai berikut:

### **2.2.1 Posisi geoteknik**

Posisi geoteknik adalah letak suatu tempat yang merupakan cekungan sedimentasi yang keberadaannya dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik lempeng. Adanya gaya-gaya tektonik ini akan mengakibatkan cekungan sedimentasi menjadi lebih luas apabila terjadi penurunan dasar cekungan. Proses tektonik dapat pula diikuti oleh perlipatan perlapisan batuan maupun patahan. Apabila proses yang disebut terakhir ini terjadi, satu cekungan sedimentasi akan dapat terbagi menjadi dua atau lebih sub cekungan sedimentasi dengan luasan yang relatif kecil. Kejadian ini juga

akan berpengaruh pada penyebaran batubara yang terbentuk. Makin dekat cekungan sedimentasi batubara terbentuk atau terakumulasi, terhadap posisi kegiatan tektonik lempeng, kualitas batubara yang dihasilkan akan semakin baik.

### 2.2.2 Keadaan topografi daerah

Daerah tempat tumbuhan berkembang baik, merupakan daerah yang relatif tersedia air. Oleh karena itu, tempat tersebut mempunyai topografi yang relatif lebih rendah dibandingkan daerah yang mengelilinginya. Makin luas daerah dengan topografi relatif lebih rendah, makin banyak tanaman yang tumbuh, sehingga makin banyak terdapat bahan pembentuk batubara. Apabila keadaan topografi daerah ini dipengaruhi oleh gaya tektonik, baik yang mengakibatkan kenaikan ataupun penurunan topografi, maka akan berpengaruh pula terhadap luas tanaman yang merupakan bahan utama sebagai bahan pembentuk batubara. Hal ini merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan penyebaran batubara berbentuk lensa.

### 2.2.3 Iklim daerah

Iklim berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Daerah yang beriklim tropis dengan curah hujan silih berganti sepanjang tahun, disamping tersedianya sinar matahari sepanjang waktu, merupakan tempat yang cukup baik untuk pertumbuhan tanaman. Daerah yang memiliki iklim tropis hampir semua jenis tanamannya dapat hidup dan berkembang baik. Oleh karenanya, di daerah yang mempunyai iklim tropis pada masa lampau sangat memungkinkan terdapat endapan batubara dalam jumlah banyak, sebaliknya daerah yang beriklim sub tropis mempunyai penyebaran endapan batubara relatif terbatas. Kebanyakan luas tanaman yang keberadaannya sangat ditentukan oleh iklim akan menentukan penyebaran dan ketebalan batubara yang nantinya akan terbentuk.

#### 2.2.4 Proses penurunan cekungan sedimentasi

Cekungan sedimentasi yang ada di alam bersifat dinamis, artinya dasar cekungannya akan mengalami proses penurunan atau pengangkatan. Apabila proses penurunan dasar cekungan sedimentasi lebih sering terjadi, akan terbentuk penambahan luas permukaan tempat tanaman mampu hidup dan berkembang. Selain itu, penurunan dasar cekungan akan mengakibatkan terbentuknya batubara yang cukup tebal. Makin sering dasar cekungan sedimentasi mengalami proses penurunan, batubara yang terbentuk akan makin tebal.

#### 2.2.5 Umur geologi

Zaman Karbon (kurang lebih berumur 350 juta tahun yang lalu), diyakini merupakan awal munculnya tumbuh-tumbuhan di dunia untuk pertama kali. Sejalan dengan proses tektonik yang terjadi di dunia selama sejarah geologi berlangsung, luas daratan tempat tanaman hidup dan berkembang biak, telah mengalami proses *coalification* cukup lama, sehingga mutu batubara yang dihasilkan sangat baik. Jenis batubara ini pada umumnya terdapat di daerah benua seperti Australia, Asia, Afrika, Eropa dan Amerika. Di Indonesia, batubara didapatkan pada cekungan sedimentasi yang berumur Tersier (kurang lebih berumur 70 juta tahun yang lalu). Berdasarkan hitungan waktu geologi, 70 tahun yang lalu masih dianggap terlalu muda apabila dibandingkan dengan zaman karbon. Batubara yang terdapat di cekungan sedimentasi di Pulau Sumatra dan Kalimantan belum mengalami proses *coalification* sempurna. Hal ini akan berakibat, mutu batubara yang didapatkan di kedua pulau tersebut belum mempunyai kualitas baik, masih tergolong pada jenis bituminus, belum sampai pada jenis antrasit (yang dianggap *rank* batubara tertinggi). Berdasarkan uraian tersebut, disimpulkan bahwa semakin tua lapisan batuan sedimen yang mengandung batubara, semakin tinggi *rank* batubara yang akan diperoleh.

### 2.2.6 Jenis tumbuh-tumbuhan

Menurut Hutton and Jonnes (1995) *present is the key to the past* merupakan salah satu konsep geologi yang mampu menjelaskan kaitan antara mutu batubara dengan tumbuhan semula yang merupakan bahan utama pembentuk batubara. Arang kayu yang diproses dari kayu yang keras misalnya kayu dari tumbuhan Lamtoro akan mempunyai mutu yang relatif lebih baik, dibandingkan apabila arang kayu tersebut diproses dari kayu yang relatif lunak misalnya kayu dari tumbuhan *Gliricidae*. Bertitik tolak pada analogi, batubara yang terbentuk dari tanaman keras dan berumur tua akan lebih baik dibandingkan dengan batubara yang terbentuk dari tanaman berbentuk semak dan hanya berumur semusim. *Peat* dikenal pula sebagai gambut yang didapatkan di Kalimantan dan Sumatera terbentuk dari tanaman semak dan rumput, yang merupakan jenis batubara *rank* rendah. Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa makin tinggi tingkatan tumbuhan (dalam sistematika taksonomi) dan makin tua umur tumbuhan tersebut apabila mengalami proses *coalification* akan menghasilkan batubara dengan kualitas baik.

### 2.2.7 Proses dekomposisi

Proses dekomposisi pada tumbuhan merupakan bagian dari transformasi biokimia pada bahan organik, merupakan titik awal rantai panjang proses alterasi. Selama proses pembentukan gambut (yang merupakan tahap dalam proses pembentukan batubara), sisa tumbuhan mengalami perubahan, baik secara fisik maupun kimia. Setelah tumbuhan mati proses degradasi biokimia lebih berperan. Proses pembusukan (*decay*) akan terjadi sebagai akibat kinerja dari mikrobiologi dalam bentuk bakteri *anaerobic*. Jenis bakteri ini bekerja dalam suasana tanpa oksigen, menghancurkan bagian lunak dari tumbuhan seperti *cellulosa*, *protoplasma* dan karbohidrat. Proses tersebut membuat kayu berubah menjadi lignit.

### 2.2.8 Sejarah setelah pengendapan

Sejarah cekungan tempat terjadi pembentukan batubara salah satu faktor diantaranya ditentukan oleh posisi cekungan sedimentasi tersebut terhadap posisi geoteknik. Makin dekat posisi cekungan sedimentasi terhadap posisi geoteknik yang selalu dinamis, akan memengaruhi perkembangan batubara dan cekungan letak batubara berada. Selama waktu itu pula proses geokimia dan metamorfisme organik akan ikut berperan dalam mengubah gambut menjadi batubara. Apabila dinamika geoteknik memungkinkan terbentuk perlipatan pada lapisan batuan yang mengandung batubara dan terjadi pensesaran, proses ini akan mempercepat terbentuknya batubara dengan rank yang lebih tinggi. Proses ini akan dipercepat apabila dalam cekungan atau berdekatan dengan cekungan tempat batubara tersebut berada terjadi proses intrusi magmatik. Panas yang ditimbulkan selama terjadi proses perlipatan, pensesaran ataupun proses intrusi magmatik, akan mempercepat terjadinya proses *coalification* atau sering disebut sebagai proses permulaan batubara. Hasil kadar dari proses ini mengakibatkan terbentuk batubara dengan kadar C (karbon) cukup tinggi dengan kandungan H<sub>2</sub>O yang relatif rendah.

### 2.2.9 Struktur geologi cekungan

Batubara terbentuk pada cekungan sedimentasi yang sangat luas, hingga mencapai ratusan hingga ribuan hektar. Berdasarkan sejarah bumi, batuan sedimen yang merupakan bagian kulit bumi, akan mengalami deformasi akibat gaya tektonik. Cekungan akan mengalami deformasi lebih hebat apabila cekungan tersebut berada dalam satu sistem *geantiklin* atau *geosinklin*. Akibat gaya tektonik yang terjadi pada waktu-waktu tertentu, batubara bersama dengan batuan sedimen yang merupakan perlapisan diantaranya akan terlipat dan tersesarkan. Proses perlipatan dan pensesaran tersebut akan menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan akan berpengaruh pada proses metamorfosis batubara, dan batubara akan menjadi lebih

keras dan lapisannya terpatah-patah. Makin banyak perlipatan dan pensesaran terjadi di dalam cekungan sedimentasi yang mengandung batubara, secara teoritis akan meningkatkan mutu batubara. Oleh sebab itu, pencarian batubara bermutu baik, diarahkan pada daerah *geantiklin* atau *geosinklin*, karena di kedua daerah tersebut diyakini kegiatan tektonik berjalan cukup intensif.

#### 2.2.10 Metamorfosa organik

Tingkat kedua dalam proses pembentukan batubara adalah penimbunan atau penguburan oleh sedimen baru. Apabila telah terjadi proses penimbunan, proses degradasi biokimia tidak berperan lagi, tetapi mulai digantikan dan didominasi oleh proses dinamokimia. Proses ini menyebabkan terjadinya perubahan gambut menjadi batubara dalam berbagai mutu. Peningkatan mutu batubara sangat ditentukan oleh faktor tekanan dan waktu. Tekanan dapat diakibatkan oleh lapisan sedimen penutup yang tebal, atau karena tektonik. Waktu ditunjukkan, bilamana bahan utama pembentuk batubara mulai bergradasi. Makin lama selang waktu semenjak saat mulai bergradasi hingga berubah menjadi batubara, makin baik mutu batubara yang diperoleh. Faktor-faktor tersebut mengakibatkan bertambahnya tekanan dan percepatan proses metamorfosa organik.

Proses ini akan mengubah gambut menjadi batubara sesuai dengan perubahan kimia, fisika dan tampak pula pada sifat optiknya. Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat sepuluh parameter yang berpengaruh dalam pembentukan batubara (Hutton & Jones, 1995).

### **2.3 Lapisan Batubara (*Seam* Batubara)**

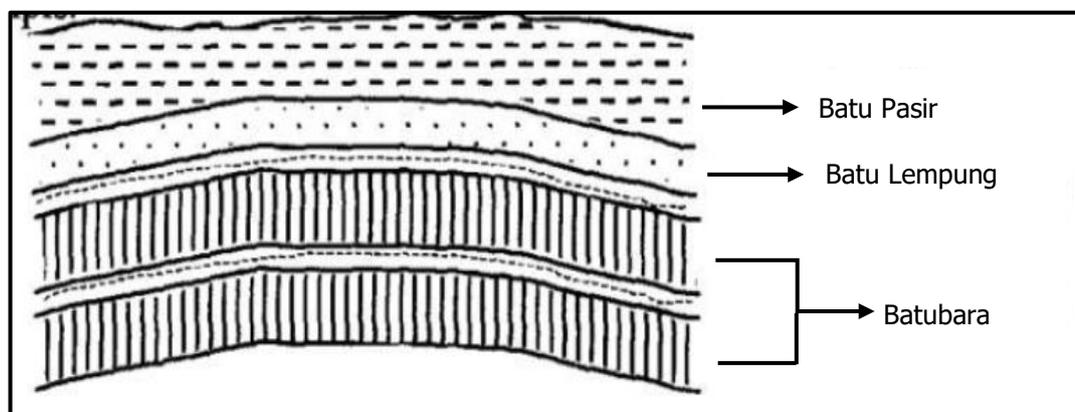
*Seam* batubara adalah lapisan batubara di bawah permukaan tanah (Jelonek *et al.*, 2007). Batubara di bawah permukaan tanah terdiri dari beberapa lapisan yang membentuk suatu tebalan dengan sekat tanah (*interburden*) sebagai pembatas tiap

lapisan. Lingkungan pengendapan batubara merupakan salah satu kendali utama yang mempengaruhi pola sebaran, ketebalan, kemenerusan, kondisi *roof* dan *floor*, serta kandungan sulfur pada lapisan batubara. Melalui model pengendapan juga dapat ditentukan lapisan batubara ekonomis yang ditandai oleh sebarannya yang luas, tebal, serta kandungan abu dan sulfur rendah. Artinya, ada hubungan genetik antara geometri lapisan batubara dan lingkungan pengendapannya yang dicerminkan oleh proses-proses geologi (Ikhwal dan Murad, 2019).

Bentuk cekungan, proses sedimentasi, proses geologi selama dan sesudah proses pembatubaraan akan menentukan lapisan batubara, mengetahui bentuk lapisan batubara sangat menentukan dalam menghitung cadangan dan merencanakan cara penambangannya. Beberapa bentuk lapisan batubara diantaranya (Stefanko, 1983):

#### 1. Bentuk *Horse Back*

Bentuk ini dicirikan oleh perlapisan batubara dan batuan yang menutupinya melengkung ke arah atas akibat gaya kompresi. Ketebalan ke arah literal lapisan batubara kemungkinan sama ataupun menjadi lebih kecil atau menipis. Bentuk *horse back* pada lapisan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.2.

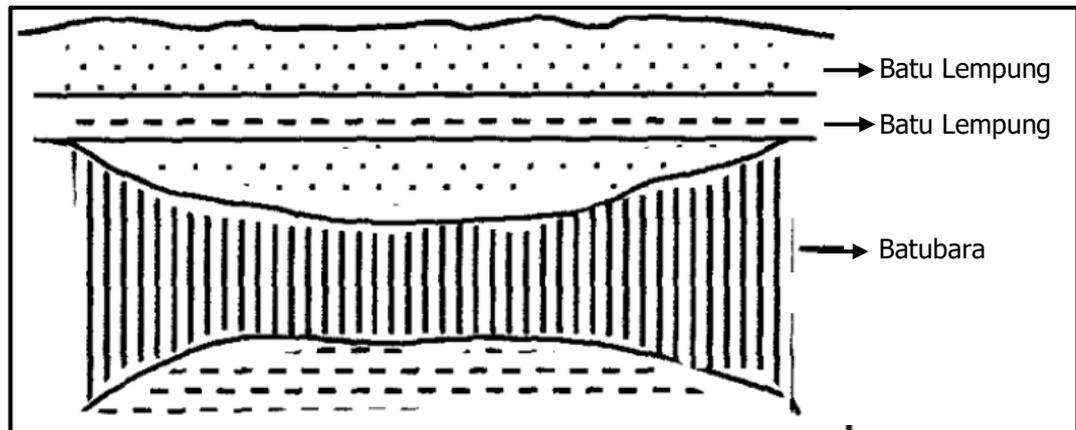


Gambar 2.2 Lapisan Batubara Bentuk *Horse Back* (Stefanko, 1983)

#### 2. Bentuk *Pinch*

Bentuk ini dicirikan oleh perlapisan yang menipis di bagian tengah. Umumnya dasar dari lapisan batubara merupakan batuan yang plastis misalnya batulempung

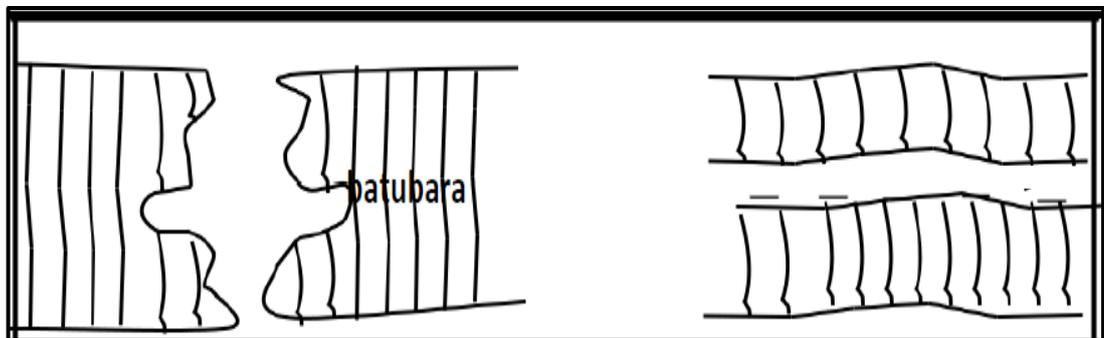
sedang diatas lapisan batubara secara setempat ditutupi oleh batupasir yang secara lateral merupakan pengisian suatu alur. Bentuk *pinch* pada lapisan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lapisan Batubara Bentuk *Pinch* (Stefanko, 1983)

### 3. Bentuk *Clay Vein*

Bentuk ini terjadi apabila diantara dua bagian deposit batubara tersesar, terjadi apabila salah satu deposit batubara mengalami patahan, yang kemudian pada bidang patahan yang merupakan rekahan terbuka, terisi oleh material lempung atau pasir. Bentuk *clay vein* pada lapisan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.4.

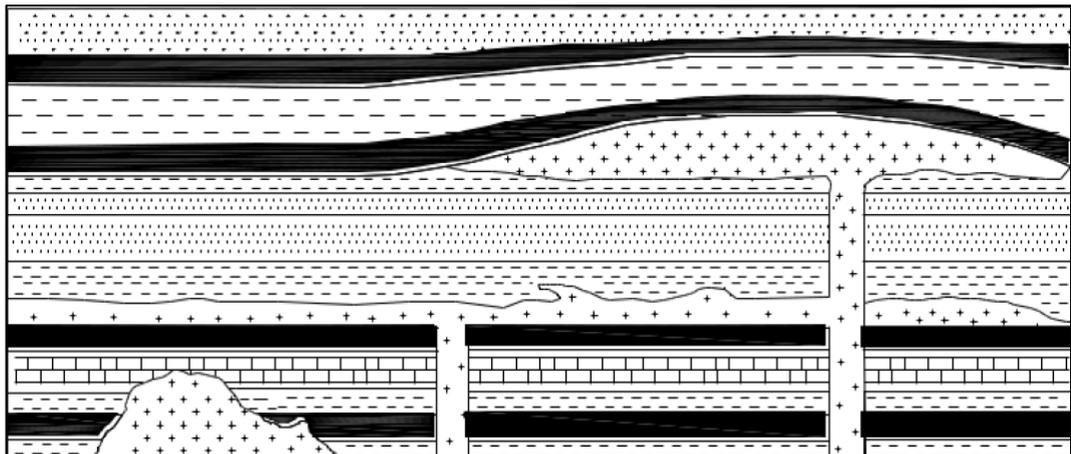


Gambar 2.4 Lapisan Batubara Bentuk *Clay Vein* (Stefanko, 1983)

### 4. Bentuk *Buried Hill*

Kontribusi utama dari intrusi batuan beku pada struktur lapisan batubara adalah pemanasan dan efek devolatilisasi (penguapan materi *volatile*) yang terjadi ketika magma panas membentuk suatu *sill* atau *lacolith* di dekat lapisan batubara, atau ketika

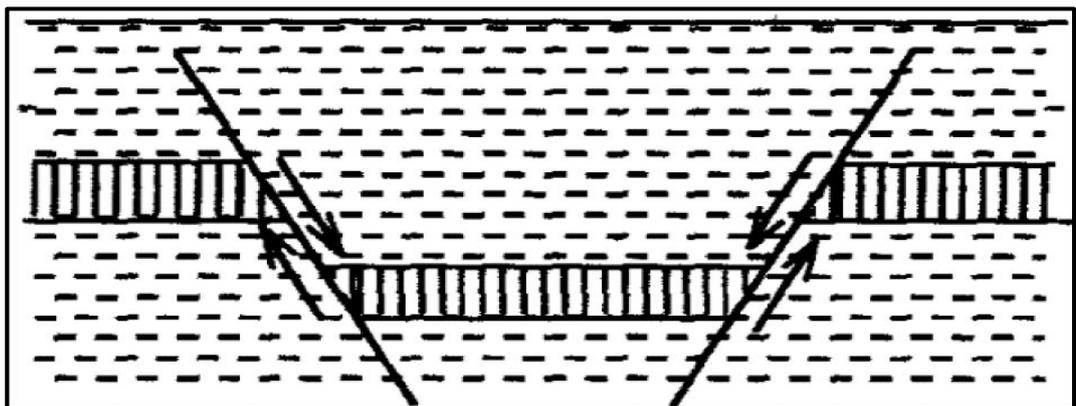
korok (*dike*) menembus formasi batubara. *Lacolith* dan *sill* memiliki daerah pengaruh pemanasan yang lebih besar terhadap formasi batuan di sekitarnya dibanding korok. Kualitas batubara atau kandungan karbon akan meningkat dengan semakin dekatnya jarak lapisan batubara terhadap sumber panas. Terjadinya gradasi dalam *rank* ini adalah disebabkan oleh perbedaan tingkat devolatilisasi yang dipengaruhi oleh panas. Bentuk *burried hill* pada lapisan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Intrusi Batuan Beku Pada Lapisan Batubara (Stefanko, 1983)

#### 5. Bentuk *Fault*

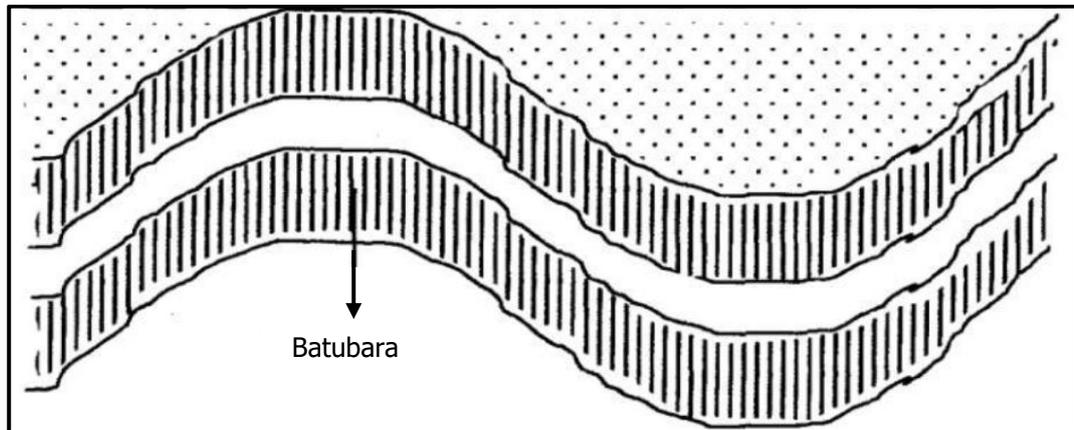
Bentuk ini terjadi apabila di daerah dimana deposit batubara mengalami beberapa seri patahan. keadaan ini mengacaukan di dalam perhitungan cadangan karena adanya pemindahan perlapisan akibat pergeseran ke arah vertikal. Bentuk *fault* pada lapisan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Lapisan Batubara Bentuk *Fault* (Stefanko, 1983)

## 6. Bentuk *Folding*

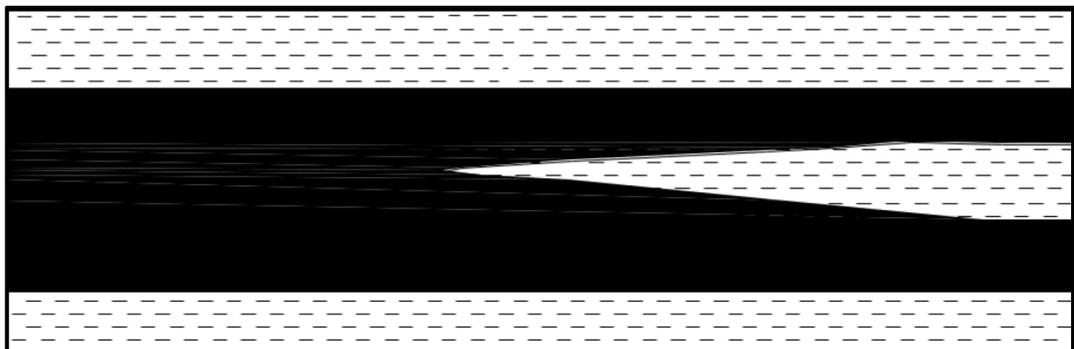
Bentuk ini terjadi apabila di daerah dimana deposit batubara mengalami perlipatan. Makin intensif gaya yang bekerja pembentukan perlipatan akan makin kompleks perlipatan tersebut terjadi. Bentuk *folding* pada lapisan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Lapisan Batubara Bentuk *Folding* (Stefanko, 1983)

## 7. *Split Coal*

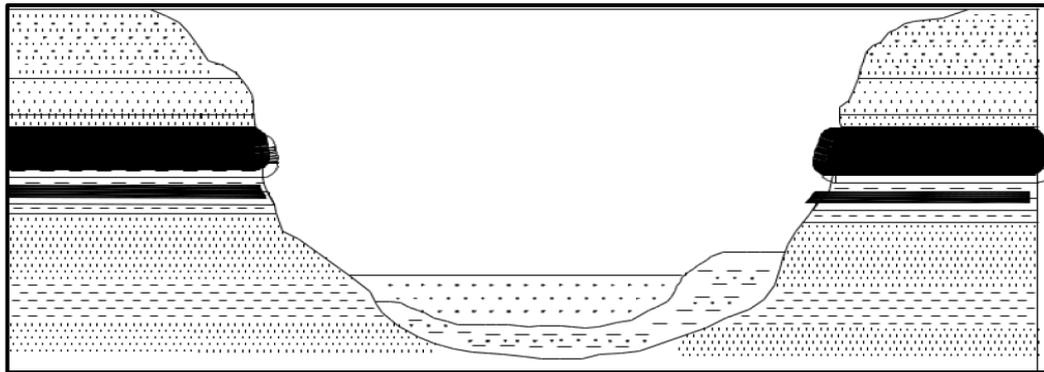
*Split Coal* adalah lapisan batubara yang terpisah oleh lempung, serpih, atau batu pasir dengan ketebalan tertentu sehingga mengakibatkan lapisan yang terpisah tidak dapat ditambang secara bersamaan. Bentuk *split coal* pada lapisan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Split Coal* (Stefanko, 1983)

## 8. *Wash Out*

*Wash Out* adalah adanya *cut out* lapisan batubara. *Cut out* sendiri didefinisikan sebagai serpih atau lempung yang mengisi bagian tererosi dalam lapisan batubara. *Wash Out* adalah hilangnya sebagian atau seluruh lapisan batubara yang kemudian tergantikan oleh endapan sedimen lain akibat adanya erosi dan pengendapan. Hilangnya lapisan batubara tersebut bisa disebabkan oleh pengikisan sungai purba maupun sungai *recent*, ataupun *gletser*. Bentuk *wash out* pada lapisan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Wash Out* Akibat Erosi Sungai (Stefanko, 1983)

## 2.4 Kualitas Batubara

Peringkat batubara secara umum dapat diasosiasikan dengan mutu atau kualitas batubara. Batubara dengan tingkat pematubaraan yang rendah, disebut juga sebagai batubara peringkat rendah, seperti *lignite* dan *sub-bituminous* biasanya lebih lembut dengan materi yang rapuh dan berwarna suram seperti halnya tanah, memiliki *moisture* yang tinggi dan kadar karbon yang cukup rendah, sehingga memiliki kandungan energi yang rendah pula. Semakin tinggi peringkat batubara, umumnya akan semakin keras, dan kompak serta warnanya akan semakin mengkilat (Putri, 2020).

### 1. *Lignite*

Batubara *Lignite* merupakan batubara yang memiliki tingkat rendah, dimana jenis ini dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada masa transisi dari jenis gambut ke batubara. Batubara jenis ini berwarna hitam dan teksturnya menyerupai kayu. Sifat batubara jenis *lignite* memiliki warna hitam sangat rapuh, memiliki nilai kalor rendah dan kandungan karbon sedikit, air yang terkandung tinggi, abu yang terkandung banyak, dan sulfur yang terkandung banyak (Billah, 2010).

### 2. *Sub-bituminous*

*Sub-bituminous* adalah batubara yang memiliki tingkat karbon yang lebih tinggi dan kandungan air yang lebih rendah dari pada *lignite*. Batubara *sub-bituminous* biasanya kusam, warnanya cokelat tua sampai hitam, dan rapuh. Batubara jenis ini dapat digunakan sebagai bahan bakar, namun perlu diperhatikan kandungan air dan abu yang dihasilkan sebelum digunakan sebagai bahan bakar. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah kandungan total sulfur yang ada pada batubara *sub-bituminous* dapat menyebabkan polusi udara apabila terlepas di udara pada saat pembakaran berlangsung (Speight, 2005).

### 3. *Bituminous*

*Bituminous* adalah batubara padat biasanya berwarna hitam kadang-kadang cokelat tua, digunakan sebagai sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap dan dalam jumlah besar digunakan untuk aplikasi panas dan daya di bidang manufaktur untuk membuat kokas. Batubara *bituminous* berwarna hitam kadang-kadang cokelat tua dan padat (Speight, 2005).

### 4. *Anthracite*

Berdasarkan Standar ASTM (ASTM 26 D388) batubara *anthracite* adalah jenis batubara peringkat tertinggi, digunakan terutama untuk pemanas ruangan perumahan dan komersial (Speight, 2005). Sifat batubara jenis *anthracite* yaitu warna hitam

sangat mengkilap, nilai kalor sangat tinggi, kandungan karbon sangat tinggi, kandungan air sangat sedikit, kandungan abu sangat sedikit, dan kandungan sulfur sangat sedikit (Sukandarrumidi, 2018).

Kualitas batubara ini diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang selain dilihat dari besarnya cadangan batubara yang telah diperhitungkan serta biaya yang digunakan dalam melakukan penambangan batubara. Selain itu, kualitas batubara juga sangat memengaruhi kegunaan batubara yang telah ditambang nantinya. Berikut merupakan parameter utama yang digunakan untuk menentukan kualitas batubara (Firth, 1998):

1. Lengas (*Moisture*)

Lengas (*Moisture*) terbagi tiga diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Lengas permukaan (*free moisture*) merupakan lengas yang berada pada permukaan batubara akibat pengaruh dari luar seperti cuaca, iklim, penyemprotan di *stockpile* pada saat penimbangan atau pada saat transportasi batubara.
- b. Lengas tertambat (*inherent moisture*) merupakan nilai yang menunjukkan persentasi lengas yang terikat secara kimiawi batubara.
- c. Lengas total (*total moisture*) merupakan banyaknya air yang terkandung dalam batubara sesuai dengan kondisi diterima, baik yang terikat secara kimiawi maupun akibat pengaruh kondisi luar seperti iklim, ukuran butiran, maupun proses penambangan.

2. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang (*volatile matter*) merupakan nilai yang menunjukkan persentase jumlah zat-zat terbang yang terkandung di dalam batubara, seperti H<sub>2</sub>, CO, metana dan uap-uap yang mengembun seperti gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. *Volatile matter* sangat erat kaitannya dengan *rank* batubara, makin tinggi kandungan *volatile matter* makin rendah

kelasnya. Dalam pembakaran batubara dengan *volatile matter* tinggi akan mempercepat pembakaran *fixed carbon* (karbon tetap), sebaliknya bila *volatile matter* rendah mempersulit proses pembakaran. *Volatile matter* merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam klasifikasi batubara.

### 3. Abu (*Ash*)

Abu di dalam batubara atau bisa disebut *mineral matter*, terjadi di dalam batubara dapat sebagai *inherent mineral matter* atau *extraneous mineral matter*. *Inherent mineral matter* adalah berhubungan dengan tumbuhan asal pembentukan batubara, *mineral matter* ini tidak dapat dihilangkan atau dicuci dari batubara. *Extraneous mineral matter* berasal dari tanah penutup atau lapisan-lapisan yang terdapat diantara lapisan batubara. *Mineral matter* ini tidak dapat dikurangi pada saat pencucian batubara. Kandungan abu adalah zat organik yang dihasilkan setelah batubara dibakar. Kandungan abu dapat dihasilkan dari pengotoran bawaan dalam proses pembentukan batubara maupun pengotoran yang berasal dari proses penambangan. Kandungan abu terutama sodium oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) sangat berpengaruh terhadap titik leleh abu dan dapat menimbulkan pengotoran atau kerak pada peralatan pembakaran batubara.

### 4. Karbon Tetap (*Fixed Carbon*)

Karbon tetap merupakan karbon yang tertinggal sesudah pendeterminasian zat terbang. Dengan adanya pengeluaran zat terbang dan kandungan air, maka karbon tertambat secara otomatis akan naik sehingga makin tinggi kandungan karbonnya, kelas batubara semakin baik. Karbon tetap menggambarkan penguraian sisa komponen organik batubara dan mengandung sebagian kecil unsur kimia nitrogen, belerang, hydrogen, dan oksigen atau terikat secara kimiawi. Pada dasarnya karbon padat inilah yang dapat terbakar dan menghasilkan panas. Semakin tinggi kandungan karbon padat maka semakin besar energi yang dihasilkan. Perbandingan antara karbon

padat dengan zat terbang disebut *fuel ratio*. Berdasarkan *fuel ratio* tersebut dapat ditentukan derajat batubara. Perhitungan *fuel ratio* adalah sebagai berikut:

$$Fuel\ Ratio = \frac{Fixed\ Carbon}{Volatile\ Matter} \dots\dots\dots(2.1)$$

Kandungan abu merupakan jumlah residu yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Kandungan abu berasal dari hasil sisa pembakaran batubara. Keberadaan kandungan abu pada lapisan batubara dikarenakan senyawa organik dan anorganik yang merupakan hasil dari rombakan material disekitarnya yang bercampur pada saat transportasi, sedimentasi dan pembatubaraan (Sidiq, 2011). Klasifikasi batubara berdasarkan kadar *fixed carbon*, *volatile matter* dan *heating value* menurut ASTM dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Klasifikasi Peringkat Batubara Berdasarkan ASTM (ASTM D388 – 19a, 2019)

Kelas/Grup	<i>Fixed Carbon</i> (%)	Zat Terbang (%)	Nilai Panas (Cal/gr)
Antrasitik			
Metaantrasit	>98	<2	
Antrasit	92 – 98	2 – 8	
Semiantrasit	86 - 92	8 – 14	
Bituminus			
Medium Volatile	78 – 86	14 – 22	
High Volatile A	69 – 78	22 – 31	>7.784
High Volatile B	<69	>31	7.228 – 14.000
High Volatile C			5.838 – 7.228
Sub Bituminus			
Sub Bituminus A			5.838 – 6.394
Sub Bituminus B			5.282 – 5.838
Sub Bituminus C			4.614 – 5.282
Lignitik			
Lignit A			3.502 – 4.614
Lignit B			<3.502

Nilai kelembaban, zat terbang, kadar abu dan *fixed carbon* pada sampel batubara dapat ditentukan dengan metode analisis sesuai prosedur yang ditetapkan ASTM 1979. Perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut (Avicenna, *et al.*, 2019):

1. Analisis *Moisture Content*

$$IM (\%) = \left[ \frac{(\text{berat sampel awal} - \text{berat sampel setelah pemanasan})}{\text{berat conto awal}} \right] \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

2. Analisis Kadar Abu (*Ash Content*)

$$Abu(\%) = \left[ \frac{(\text{berat kapsul dan residu abu} - \text{berat kapsul kosong})}{\text{berat sampel yang dianalisis}} \right] \times 100 \dots \dots \dots (2.3)$$

3. Analisis Zat Terbang (*Volatile Matter*)

$$\text{Berat hilang}(\%) = \left[ \frac{(\text{berat sampel awal} - \text{berat sampel setelah pemanasan})}{\text{berat conto awal}} \right] \times 100 \dots \dots (2.4)$$

Setelah itu menghitung persentase zat terbang (ASTM 1979):

$$\text{Zat terbang} (\%) = \text{Berat hilang} (\%) - \text{Kelembaban} (\%) \dots \dots \dots (2.5)$$

4. *Fixed Carbon*

$$\text{Fixed carbon} (\%) = 100 - [\text{Moisture} + \text{Ash} + \text{Volatile Matter}] \dots \dots \dots (2.6)$$

## 2.5 Sulfur Batubara

Sulfur merupakan salah satu komponen yang ada pada batubara, yang terdapat sebagai sulfur organik dan anorganik. Secara umum, komponen sulfur dalam batubara terdapat sebagai sulfur syngenetik yang erat hubungannya dengan proses fisika dan kimia selama proses penggabungan serta dapat juga sebagai sulfur epigenetik yang dapat diamati sebagai pirit pengisi *cleat* pada batubara akibat proses presipitasi kimia pada akhir proses pembatubaraan. Terdapat 3 (tiga) jenis sulfur yang terdapat dalam suatu batubara, yaitu:

1. Sulfur Pirit

Pirit dan markasit adalah mineral sulfida yang paling umum dijumpai pada batubara. Kedua jenis mineral ini memiliki komposisi kimia yang sama (FeS<sub>2</sub>), akan

tetapi berbeda pada sistem kristalnya. Pirit berbentuk isometrik sedangkan markasit berbentuk orthorombik. Pirit ( $\text{FeS}_2$ ) adalah mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara, atau lebih dikenal dengan sulfur pirit. Berdasarkan genesisnya, pirit pada batubara terbagi atas dua, yaitu:

- a. Pirit Syngenetik, yaitu pirit yang terbentuk selama proses penggabutan (*peatification*). Pirit jenis ini biasanya berbentuk framboidal dengan butiran yang sangat halus dan tersebar dalam material pembentuk batubara.
- b. Pirit Epigenetik, yaitu pirit yang terbentuk setelah proses pematubaraan. Pirit jenis ini biasanya terendapkan dalam kekar, rekahan dan *cleat* pada batubara serta biasanya bersifat masif.

## 2. Sulfur Organik

Sulfur organik adalah suatu elemen pada struktur makromolekul dalam batubara yang kehadirannya secara parsial dikondisikan oleh kandungan dari elemen yang berasal dari material-material tumbuhan asal. Dalam kondisi geokimia dan mikrobiologis spesifik, sulfur anorganik dapat berubah menjadi sulfur organik yang dapat terakumulasi dari sejumlah material organik oleh proses penghancuran biokimia dan oksidasi. Namun secara umum, penghancuran biokimia adalah proses yang paling penting dalam pembentukan sulfur organik dengan proses pembentukannya berjalan lebih lambat pada lingkungan yang basah atau jenuh air. Sulfur yang bukan berasal dari material pembentuk batubara diduga mendominasi dalam menentukan kandungan sulfur total. Sulfur inorganik yang biasanya melimpah dalam lingkungan marin atau payau kemungkinan besar akan berubah membentuk hidrogen sulfida dan senyawa sulfat dalam kondisi dan proses geokimia. Reaksi yang terjadi merupakan reduksi sulfat oleh material organik menjadi hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Reaksi reduksi ini dipicu oleh adanya bakteri *desulfovibrio* dan *desulfotomaculum*.

### 3. Sulfur Sulfat

Kandungan sulfur sulfat pada umumnya sangat rendah atau tidak ada kecuali jika batubara telah terlapukkan dan beberapa mineral pirit teroksidasi dan menjadi sulfat. Kandungan sulfur organik lebih tinggi pada bagian bawah lapisan, sedangkan kandungan sulfur piritik dan sulfat akan tinggi pada bagian atas dan bagian bawah lapisan batubara.

Pemanfaatan batubara harus memerhatikan kandungan sulfur sebelum penggunaan batubara dan kadar sulfur setelah penggunaan. Pada pembuatan kokas, sulfur terurai pada proses pemanasan, sehingga dapat menghasilkan nilai awal dan akhir. Penggunaan kokas secara komersil misalnya dalam proses metalurgi, membutuhkan kokas dengan kadar sulfur yang rendah. Salah satu tujuan pencucian batubara adalah untuk mengurangi kandungan sulfur dalam batubara (Speight, 2005).

Sulfur di dalam batubara dapat terbentuk senyawa organik atau senyawa anorganik seperti pirit, markasit, dan sulfat. Sulfur organik merupakan bahan yang stabil dan tersebar secara merata pada suatu batubara. Dalam jumlah yang sangat kecil dapat ditemukan sulfur dalam bentuk sulfat seperti kalsium sulfat atau besi sulfat. Kadar sulfur dalam batubara bervariasi mulai dari jumlah yang sangat kecil sampai lebih dari 4% (Widodo, *et al.*, 2010).

Keberadaan sulfur piritik pada batubara Sulawesi Selatan memiliki struktur yang sangat halus dan tidak mengisi rekahan pada batubara. Hal ini mengindikasikan bahwa pirit terbentuk pada proses penggabungan (*syngenetic*). Keberadaan pirit *epigenetic* juga dapat ditemukan mengisi fraktur pada batubara. Kandungan sulfur yang tinggi ini (sulfur piritik) kemungkinan disebabkan oleh pengendapan batubara di lingkungan air laut yang dangkal (Widodo, *et al.*, 2016).

## 2.6 Nilai Kalori Batubara

Nilai kalori batubara adalah jumlah panas yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna dari satuan berat batubara. Kalori adalah jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu gram air 1°C pada titik kepadatan terbesarnya 4°C. Nilai kalori juga sering dinyatakan sebagai kalor yang diperlukan untuk menaikkan satu gram air dari 15°C menjadi 16°C. *British Thermal Unit* adalah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu pound air 39,1°F menjadi 40,1°F. Menurut (Rao & Gouricharan, 2016), satuan untuk nilai kalor adalah:

Kalori/gram	(Sistem C.G.S)
Kilokalori/Kilogram	(Sistem M.K.S)
Btu/lb	(Sistem F.P.S)
Atau	1 Kcal/gr = 1,8 Btu/lb

Nilai kalor dibedakan menjadi dua jenis yaitu *Gross* atau *Higher Calorific Value* (GCV) dan *Net* atau *Lower Calorific Value* (NCV). Ketika nilai kalor batubara ditentukan, hydrogen yang ada dalam batubara diubah menjadi uap. Produk batubara jika dikondensasikan ke suhu ruang, kondensasi panas laten uap termasuk dalam panas terukur. Nilai kalori yang dihitung dikenal sebagai *gross calorific value*. *Gross calorific value* adalah jumlah panas yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna dalam satuan berat batubara dimana produk batubara didinginkan pada suhu ruang. Kondisi aktual, uap air keluar bersama dengan gas pembakaran yang tidak terkondensasi. Oleh karena itu, jumlah panas yang tersedia lebih sedikit dan jumlah panas ini dikenal sebagai *net calorific value*. *Net calorific value* dapat didefinisikan sebagai kuantitas panas yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna dari berat satuan batubara dan produk pembakaran dikeluarkan.

$$\text{NCV} = \text{GCV} - \text{Panas laten uap air yang terbentuk} \dots\dots\dots(2.7)$$

Sekarang, karena 1 bagian berat hidrogen menghasilkan 9 bagian berat air, sehingga persamaan 5.1 menjadi:

$$\text{NCV} = \text{GCV} - \text{Berat hidrogen} \times 9 \times \text{panas laten uap} \dots\dots\dots(2.8)$$

Karena panas laten uap adalah 587 Kkal/kg, persamaan 5.2 menjadi:

$$\text{NCV} = \text{GCV} - \% \text{ Hidrogen} \times \frac{9 \times 587}{100}$$

$$\text{NCV} = \text{GCV} - 52,83 \times \% \text{ Hidrogen} \dots\dots\dots(2.9)$$

Metode yang benar-benar memuaskan untuk penentuan nilai kalor batubara adalah dengan menggunakan oksigen tenaga tinggi *bomb calorimeter*. Ketika jumlah batubara yang ditimbang dibakar dalam kalorimeter, panas yang dihasilkan akan memanaskan kalorimeter dan air yang ada di dalamnya. Nilai kalor ditentukan dengan menyamakan panas yang diberikan batubara dengan panas kalorimeter dan air.

*Bomb calorimeter* terdiri dari wadah baja tahan karat yang kuat dan mampu menahan tekanan tinggi. *Bomb* dilengkapi dengan penutup yang dapat disekrup dengan kuat pada *bomb*. *Provider* dilengkapi dengan dua elektroda dan satu katup masuk. Salah satu elektroda dilengkapi dengan cincin untuk mengakomodasi *crucible* silika. *Bomb* ini ditempatkan dalam kalorimeter tembaga yang diketahui berat airnya. Kalorimeter tembaga nantinya akan dikelilingi dengan udara dan air untuk mencegah hilangnya panas akibat radiasi. Kalorimeter dilengkapi dengan pengaduk listrik untuk mengaduk air dan sebuah termometer Beckmann.

Batubara dengan berat tertentu ditempatkan pada wadah berbahan silika yang diletakkan pada cincin. Kawat magnesium halus dipasangkan hingga menyentuh sampel batubara dan direntangkan melintasi elektroda. Oksigen kemudian dialirkan ke dalam *bomb* sampai tekanan 25-30 atm. Suhu awal air dalam kalorimeter dideteksi setelah pengadukan menyeluruh. Sumber tegangan dinyalakan dan terjadi perubahan panas pada batubara. Panas yang dihasilkan oleh pembakaran batubara ditransfer menuju air. Suhu maksimum yang ditunjukkan oleh termometer akan dideteksi.