

SKRIPSI

**ANALISIS *MINERAL MATTER* DAN KUALITAS BATUBARA
BLOK BATULAKI KECAMATAN SATUI, KABUPATEN TANAH
BUMBU, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

RAHMAT SIRA

D111171304



PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS MINERAL MATTER DAN KUALITAS BATUBARA BLOK
BATULAKI KECAMATAN SATUI, KABUPATEN TANAH BUMBU,
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

RAHMAT SIRA

D111171304

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

Menyetujui,

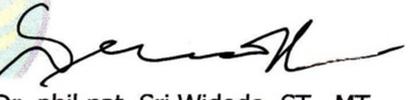
Pembimbing Utama,



Dr. Sufriadin, ST., MT.

NIP. 196608172000121001

Pembimbing Pendamping,



Dr. phil.nat. Sri Widodo, ST., MT.

NIP. 197101012012121001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Pujiwanto, S.T., M.T.

NIP. 195411282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmat Sira
NIM : D111171304
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

***Analisis Mineral Matter* dan Kualitas Batubara Blok Batulaki
Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan
Selatan**

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, Agustus 2021

Yang menyatakan



Tanda tangan

Rahmat Sira

ABSTRAK

Batubara Blok Batulaki yang terletak di Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan tergolong dalam kategori batubara kualitas sedang berdasarkan beberapa analisis. Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis *mineral matter* yang terdiri atas analisis mikroskopis dan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), sedangkan untuk analisis kualitas batubara terdiri atas analisis proksimat, analisis total sulfur, dan analisis nilai kalori. Mineral-mineral yang teridentifikasi dengan menggunakan analisis mikroskopis dan analisis XRD didominasi oleh mineral kaolinit (Kln), pirit (Py), kuarsa (Qz), kalsit (Cal), dan goetit. Hasil analisis proksimat, analisis total sulfur, dan analisis nilai kalori menunjukkan kualitas batubara Blok Batulaki tergolong ke dalam *high moisture, low ash, high volatile matter, medium fixed carbon* dan *low sulphur* dengan nilai kalori rata-rata yaitu 5516,94 kal/gr. *Rank* batubara Blok Batulaki berdasarkan analisis nilai kalori tergolong dalam peringkat *Sub-bituminous coal*.

Kata Kunci: Blok batulaki; *mineral matter*; kualitas batubara; *rank*; *sub-bituminous*.

ABSTRACT

Batulaki Block coal which is located in Satui District, Tanah Bumbu Regency, South Kalimantan Province is classified in the medium quality coal category based on several analyzes that have been carried out. The analysis used in this study is mineral matter analysis consisting of microscopic and X-Ray Diffraction (XRD) analysis, while for coal quality analysis consists of proximate, total sulfur, and calorific value analysis. Minerals identified using microscopic and XRD analysis were dominated by kaolinite (Kln), pyrite (Py), quartz (Qz), calcite (Cal), and goethite. The results of proximate, total sulfur, and calorific value analysis show that the quality of Batulaki coal block is classified into high moisture, low ash, high volatile matter, medium fixed carbon and low sulphur with an average calorific value of 5516.94 cal/gr. The coal rank of the Batulaki Block based on the analysis of the calorific value is classified as Sub-bituminous coal.

Keywords: Batulaki block; mineral matter; coal quality; rank; sub-bituminous.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya kepada penulis sehingga penulis masih diberi kesempatan untuk melaksanakan segala sesuatu yang dikehendaki dan dianjurkan oleh Allah SWT dan tentunya dalam jalan kebenaran serta menjauhi segala kebatilan.

Skripsi dengan judul "Analisis *Mineral Matter* dan Kualitas Batubara Blok Batulaki Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan" akhirnya dapat diselesaikan dengan baik setelah berbagai macam hal terlewati yang sangat mempengaruhi penyelesaian skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan serta ilmu yang bermanfaat baik yang berkaitan dengan skripsi ini maupun yang tidak berkaitan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan semoga dicatat sebagai sebutir kebaikan oleh Allah SWT.

Penyusunan skripsi tidak akan berlangsung tanpa ada bantuan dari orang-orang hebat yang telah memfasilitasi penulis untuk menyusun skripsi ini mulai dari tahap pengumpulan data, pengolahan data, hingga tahap penyusunan skripsi. Olehnya itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak PT Kalimantan Mitra Maju Bersama, khususnya kepada Bapak Hyandi A. Kriswanto, S.T., selaku Kepala Unit Operasi PT Kalimantan Mitra Maju Bersama sekaligus Pembimbing Kerja Praktik dan Bapak Guntur Setiawan, S.T., selaku Kepala *Engineering* PT Kalimantan Mitra Maju Bersama dan Pembimbing Lapangan serta seluruh karyawan PT Kalimantan Mitra Maju Bersama yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama kegiatan pengumpulan data lapangan di PT Kalimantan Mitra Maju Bersama.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Sufriadin, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Phil. Nat. Sri Widodo, ST., MT. selaku Pembimbing Pendamping yang telah senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih kepada Bapak Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T. selaku dosen penguji serta seluruh bapak/ibu dosen dan staff administrasi yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih yang tiada henti penulis sampaikan kepada kedua orang tua penulis yaitu Bapak Sirajuddin dan Ibu Hj. Sulaeha Dottoro atas segala doa yang telah dipanjatkan, ridho yang senantiasa diberikan serta rasa cinta yang tiada henti diberikan selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Perjalanan penulis dalam dunia perkuliahan hingga penyusunan skripsi tidak lepas persaudaraan yang lebih dari sekedar materi oleh saudara-saudara penulis di dalam suatu keluarga kecil tepatnya Mahasiswa/i Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin Angkatan 2017 (CONTINUITY 2017), NARUTO, MAWANG EMPIRE, Pemuda Kreatif Mawang (PKM), dan juga semua orang terlibat dalam proses yang telah dilalui oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan dalam penyusunannya karena penulis hanyalah salah satu insan manusia yang tidak akan luput oleh kesalahan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan permohonan maaf atas semua kekurangan yang dijumpai dalam proses penyusunan skripsi ini.

Makassar, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian	4
1.6 Lokasi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Batubara	7
2.2 Batubara Indonesia	11
2.3 Klasifikasi Batubara	12
2.4 Parameter Kualitas Batubara	14
2.5 Sulfur Total	18
2.6 <i>Mineral Matter</i> pada Batubara	20
2.7 Pengaruh Keterdapatannya <i>Mineral Matter</i> Terhadap Pemanfaatan Batubara ..	24
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Pengumpulan Data.....	27
3.2 Analisis Sampel.....	22
3.3 Bagan Alir Penelitian	38
BAB IV ANALISIS <i>MINERAL MATTER</i> DAN KUALITAS BATUBARA BLOK BATULAKI KECAMATAN SATUI.....	40
4.1 Analisis <i>Mineral Matter</i> Batubara	40
4.2 Analisis Kualitas Batubara	47

BAB V PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Lokasi Penelitian.....	6
2.1 Ilustrasi Proses Pembatubaraan (Flores, 2014)	8
2.2 Salah Satu Contoh Batubara (PT Bukit Asam Tbk).....	11
2.3 Difraktogram Sampel Batubara Desa Kadingeh (Avicenna dkk, 2019)	23
2.4 Kenampakan Mikroskopis Batubara Desa Kadingeh (Avicenna dkk, 2019)	24
3.1 Pengambilan Sampel pada <i>Mining Front</i> PIT 1	28
3.2 Pengambilan Sampel pada <i>Mining Front</i> PIT 2	28
3.3 Alur Proses Preparasi Sampel untuk Analisis XRD	29
3.4 Alur Proses Preparasi Sampel untuk Analisis Mikroskopi.....	30
3.5 Alur Proses Preparasi Sampel untuk Analisis Proksimat dan Total Sulfur.....	31
3.6 Alur Proses Preparasi Sampel untuk Nilai Kalori.....	32
3.7 Alat XRD Tipe Shimadzu Maxima-X XRD 7000.....	33
3.8 Mikroskop Nikon Eclipse LV100 Polarizing.....	34
3.9 <i>Muffle Furnace</i> YAMATO FO 310.....	36
3.10 <i>Dual Sulfur-Carbon Analyzer</i> Leco SC-144DR	37
3.11 <i>Digital Bomb Calorimeter</i>	38
3.12 Bagan Alir Penelitian.....	39
4.1 Foto Mikroskopis Batubara Blok Batulaki	41
4.2 Hasil Analisis XRD Sampel PIT 1 A.....	43
4.3 Hasil Analisis XRD Sampel PIT 1 B.....	43
4.4 Hasil Analisis XRD Sampel PIT 2 A.....	44
4.5 Hasil Analisis XRD Sampel PIT 2 B.....	44
4.6 Diagram Presentase Hasil Analisis Proksimat dan Total Sulfur	56

4.7	Diagram Presentase Hasil Analisis Nilai Kalori	56
-----	--	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Klasifikasi Peringkat Batubara Berdasarkan ASTM D3288	17
4.1 Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) Batubara Blok Batulaki	42
4.2 Data Berat Conto Awal Batubara Blok Batulaki Analisis Kadar Air	47
4.3 Data Analisis Kadar Air Batubara Blok Batulaki	48
4.4 Data Berat Conto Awal Batubara Blok Batulaki Analisis Kadar Abu	49
4.5 Data Analisis Kadar Abu Batubara Blok Batulaki	50
4.6 Data Berat Conto Awal Batubara Blok Batulaki Analisis Zat Terbang	51
4.7 Data Analisis Zat Terbang Batubara Blok Batulaki	52
4.8 Data Analisis Proksimat Batubara Blok Batulaki	54
4.9 Data Analisis Total Sulfur Batubara Blok Batulaki	55
4.10 Data Analisis Kualitas Batubara Blok Batulaki	55
4.11 <i>Rank</i> Batubara Blok Batulaki.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Perlakuan Sampel	64
B Hasil Analisis XRD	65
C Hasil Analisis Nilai Kalori.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan (Elliot, 1981). Batubara diartikan sebagai batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan serta berwarna cokelat sampai hitam, yang sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia yang menjadikan kandungan karbonnya menjadi kaya (Sukandarrumidi, 1995).

Batubara secara geokimia terbentuk karena proses pematubaraan yang terjadi akibat kenaikan temperatur, tekanan, dan waktu sehingga persentase karbon dalam bahan asal pembentuk batubara cenderung meningkat. Namun sebaliknya kandungan hidrogen dan oksigen dalam batubara menjadi berkurang. Proses pematubaraan ini akan menghasilkan batubara dengan berbagai peringkat yang sesuai dengan tingkat kematangan organiknya (Taylor, *et al.*, 1998).

Batubara terbentuk dari endapan sisa tumbuhan dan fosil pada iklim sekitar khatulistiwa. Beberapa diantaranya tergolong kubah gambut yang terbentuk di atas muka air tanah rata-rata pada iklim basah sepanjang tahun. Kubah gambut terbentuk pada kondisi dimana mineral-mineral anorganik yang terbawa air dapat masuk ke dalam sistem dan membentuk lapisan batubara yang berkadar abu dan sulfur rendah dan menebal secara lokal. Hal ini sangat umum dijumpai pada Batubara Miosen. Sebaliknya, endapan Batubara Eosen umumnya lebih tipis, berkadar abu dan sulfur

tinggi. Kedua umur endapan batubara ini terbentuk pada lingkungan lakustrin, dataran pantai atau delta, mirip dengan daerah pembentukan gambut yang terjadi saat ini di daerah timur Sumatera dan sebagian besar Kalimantan (Sukandarrumidi, 2006).

Meskipun batubara sebagian besar terdiri dari bahan organik, unsur anorganik dalam batubara umumnya juga hadir dalam jumlah yang memengaruhi kualitas dan akhirnya dapat ditentukan bagaimana batubara akan digunakan, kecuali untuk beberapa elemen sangat jarang (*actinium, astatine, francium, polonium, protactinium*), setiap unsur telah ditemukan dalam batubara. Dalam abu (residu organik dari pembakaran lengkap batubara), konsentrasi unsur berkisar lebih dari 50 wt%. Kelimpahan dari unsur organik dalam batubara bervariasi disebabkan oleh perbedaan geologi dan proses geokimia yang bekerja (Swaine, 1990). Variasi jenis tumbuhan, bahan sumber, masuknya detrital, proses diagenesis, dan epigenesis semua memengaruhi jenis dan kelimpahan kandungan kimia anorganik batubara. Mineral yang umum terdapat pada batubara meliputi sulfida, karbonat, dan kaolinit. Namun demikian, mineral sulfida sangat berdampak pada pemanfaatan batubara karena mengandung elemen yang berbahaya.

Keberadaan batubara di Indonesia yang sangat komersial dan sedang dieksploitasi di beberapa pulau seperti pada Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan, dan Pulau Sulawesi. Blok Batulaki merupakan blok yang termasuk ke dalam Formasi Warukin dan Tanjung yang terbentuk pada pertengahan sampai akhir zaman Miosen di Pulau Kalimantan tepatnya pada Provinsi Kalimantan Selatan. Batubara pada Blok Batulaki pada umumnya memiliki nilai kalori yang cukup tinggi namun kaya akan kandungan air (*moisture*) dan sulfur, hal ini sangat berkaitan dengan kondisi dan asal material pembentuk batubara yang dapat dianalisis, salah satunya komponen anorganik penyusun batubara. Keterdapatannya unsur anorganik pada batubara merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas batubara. Berdasarkan

pernyataan di atas, maka perlu adanya analisis yang dilakukan untuk memahami dan mengetahui kandungan *mineral matter* dan kualitas batubara Blok Batulaki Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan.

1.2 Rumusan Masalah

Kecamatan Satui merupakan salah satu daerah yang memiliki cadangan batubara yang besar dengan rata-rata nilai kalori yang cukup tinggi namun kaya akan kandungan air (*moisture*) dan sulfur. Hal ini sangat berkaitan dengan kondisi dan asal material pembentuk batubara yang dapat dianalisis, salah satunya komponen anorganik penyusun batubara. Keterdapatannya unsur anorganik pada batubara merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas batubara. Beberapa unsur anorganik atau mineral yang terdapat pada batubara yaitu mineral lempung, kuarsa, sulfida, sulfat dan oksida dapat memengaruhi kualitas dari suatu batubara yang dapat diidentifikasi melalui beberapa metode analisis.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana komposisi mineralogi pada batubara Blok Batulaki?
2. Bagaimana kualitas batubara yang terdapat pada Blok Batulaki?
3. Apa *rank* batubara Blok Batulaki?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi mineral-mineral yang terkandung dalam batubara Blok Batulaki.
2. Menganalisis kualitas batubara Blok Batulaki.
3. Menentukan *rank* batubara Blok Batulaki.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini, yaitu:

1. Bagi perusahaan

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi kepada perusahaan, dengan tujuan untuk mengetahui wilayah mana yang memiliki potensi batubara yang ekonomis untuk ditambang serta sebagai informasi tambahan untuk memaksimalkan produksi dan pengolahan batubara.

2. Bagi kalangan akademik

Sebagai bahan pembelajaran/referensi dalam menambah wawasan dan informasi mengenai *mineral matter* batubara Blok Batulaki serta informasi mengenai kualitas serta peringkat batubara Blok Batulaki.

1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian

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

1. Tahap studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang meliputi pengumpulan dan pengkajian berbagai teori dan referensi mengenai topik penelitian yang dapat mendukung jalannya penelitian. Kajian ini ditinjau melalui buku, jurnal penelitian, prosiding, artikel ataupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan topik penelitian.

2. Tahap perumusan masalah

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

3. Tahap orientasi lapangan dan pengambilan data

Orientasi lapangan dilakukan di daerah IUP PT Kalimantan Mitra Maju Bersama. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dari tambang aktif atau sampel *mining front* PIT 1 dan PIT 2.

4. Tahap analisis data

Sampel yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan metode analisis XRD, analisis mikroskopis, analisis proksimat, analisis total sulfur, dan analisis nilai kalori. Analisis XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan dengan menggunakan alat difraktometer dengan menghasilkan difraktogram yang menunjukkan struktur kristal pada sampel untuk menentukan kandungan mineral. Analisis mikroskopis berfungsi untuk mengetahui jenis-jenis mineral, sifat-sifat fisik, cara terjadinya, cara terbentuknya dan juga kegunaannya. Analisis proksimat meliputi penentuan kandungan air (*moisture*), kadar abu (*ash*), zat terbang (*volatile matter*), dan perhitungan karbon tetap (*fixed carbon*). Analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan sulfur pada batubara dengan menggunakan alat dengan metode *high-temperature combustion*. Analisis nilai kalori berfungsi untuk mengetahui besarnya panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara.

5. Tahap penyusunan laporan tugas akhir

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

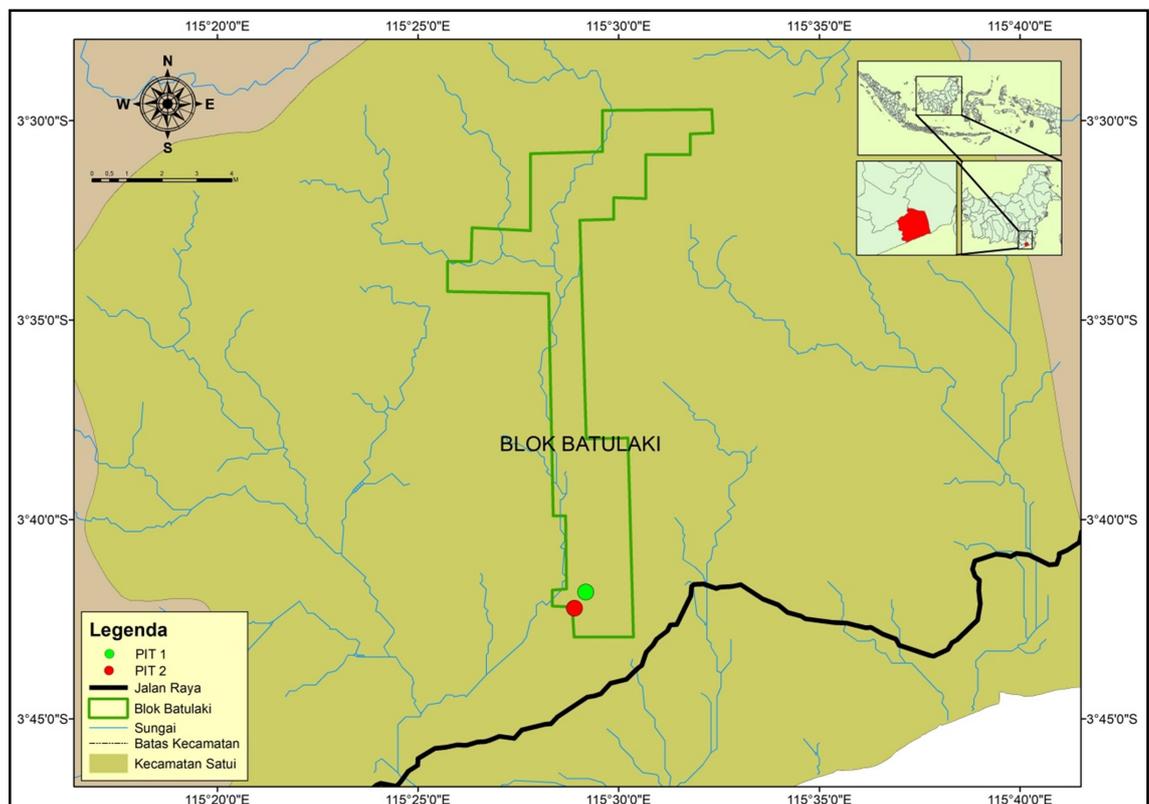
6. Tahap seminar dan penyerahan laporan tugas akhir

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

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lokasi penambangan PT Kalimantan Mitra Maju Bersama dengan pengambilan sampel pada PIT 1 (331896.4, 9591221, 58.627) dan PIT 2 (331383.4, 9590474, 62.744) yang secara administratif terletak di daerah Batulaki, Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Secara astronomis terletak antara 115°29'01" - 115°35'30" BT (Bujur Timur) dan 3°42'11" - 3°48'08" LS (Lintang Selatan).

Lokasi penambangan PT Kalimantan Mitra Maju Bersama dapat dijangkau melalui transportasi darat sejauh ± 185 km dari Kota Banjarmasin menuju Kecamatan Satui Kabupaten Tanah Bumbu selama ± 4 jam 30 menit dan kemudian dilanjutkan ke Desa Wonorejo dengan jarak tempuh ± 12 km selama ± 22 menit. Peta lokasi penambangan PT Kalimantan Mitra Maju Bersama yang merupakan lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian.

BAB II

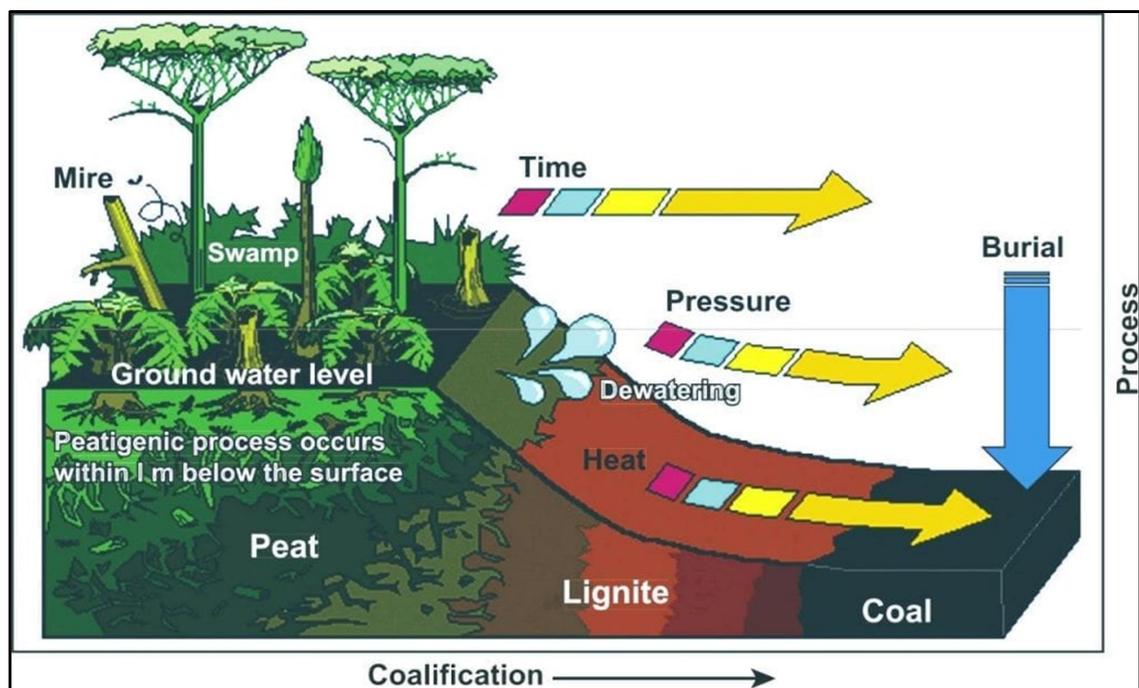
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara merupakan batuan sedimen yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan atau bahan-bahan organik, berwarna cokelat sampai hitam, dan sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia yang menjadikan batubara kaya akan kandungan karbon (Sukandarrumidi, 1995). Batubara merupakan suatu batuan yang mudah terbakar dengan lebih dari 50% dari berat volumenya adalah bahan organik yang merupakan material karbonat termasuk *inherent moisture*. Bahan organik utama penyusun batubara yaitu tumbuhan yang dapat berupa jejak kulit pohon, struktur kayu, daun, akar, damar, polen, dan lain-lain. Kemudian bahan organik tersebut mengalami berbagai tingkat pembusukan (dekomposisi) hingga menyebabkan perubahan sifat fisik maupun sifat kimia sesudah tertutup maupun sebelum tertutup oleh endapan lain pada saat pembentukan batubara (Tirasonjaya, 2006 dalam Siswati *et al*, 2010).

Dekomposisi tanaman pada proses pembentukan batubara terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). 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. 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. Gambar 2.1 merupakan ilustrasi proses pembatubaraan.



Gambar 2.1 Ilustrasi Proses Pembatubaraan (Flores, 2014).

Proses pembentukan batubara terjadi pada jaman karbon atau sekitar 270 – 350 juta tahun yang lalu. Pada jaman karbon terbentuk batubara di belahan bumi utara seperti Eropa, Asia, dan Amerika. Di Indonesia batubara yang ditemukan dan ditambang umumnya berumur jauh lebih muda karena terbentuk pada jaman tersier. Batubara tertua yang ditambang di Indonesia berumur Eosen (40 – 60 juta tahun yang lalu) namun sumber daya 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 (Gupta, 2010):

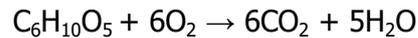
1. Teori *In situ*, yaitu batubara terbentuk dari tumbuhan-tumbuhan yang berasal dari hutan dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk sesuai dengan teori ini biasanya terjadi di hutan hujan dan berawa. Tumbuhan-tumbuhan di hutan pada saat mati akan jatuh dan tenggelam ke dalam rawa. Proses penghancuran tidak dapat memainkan peranannya, hal ini disebabkan karena air di tempat matinya tumbuhan tersebut tidak ada atau kurang mengandung oksigen. Oleh karena itu, 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:

1. Pembentukan Gambut

Tumbuhan yang telah mati secara umum akan mengalami proses pembusukan dan penghancuran yang sempurna setelah beberapa waktu kemudian tidak terlihat lagi bentuk asalnya. Pembusukan dan penghancuran yang terjadi pada

dasarnya merupakan proses oksidasi yang disebabkan oleh pertumbuhan dan aktivitas bakteri pada jasad renik lainnya. Untuk suatu penyederhanaan mengenai proses tersebut, oksidasi material penyusun utama *cellulose* ($C_6H_{10}O_5$) dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambut yang pada umumnya berwarna kecoklatan sampai hitam merupakan suatu padatan yang bersifat sarang (*porous*) dan masih memperlihatkan struktur tumbuhan asalnya dengan kandungan air yang masih tinggi yaitu lebih dari 50%.

2. Proses Pembentukan Batubara

Proses pembentukan gambut akan berhenti dengan tidak adanya regenerasi pada tumbuhan. Hal ini dapat terjadi karena kondisi yang tidak memungkinkan tumbuhnya vegetasi, misalnya penurunan dasar cekungan yang terlalu cepat. Jika suatu lapisan gambut yang terbentuk ditutupi oleh lapisan sedimen, maka lapisan gambut tersebut mengalami tekanan dari lapisan sedimen. Tekanan yang bertambah besar akan meningkatkan peningkatan temperatur. Di samping itu, temperatur juga akan meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman. Kenaikan temperatur dan tekanan dapat juga disebabkan oleh adanya aktivitas magma dan aktivitas-aktivitas tektonik lainnya. Peningkatan tekanan dan temperatur pada lapisan gambut akan mengonversi gambut menjadi batubara dimana terjadi proses pengurangan kandungan air, pelepasan gas-gas seperti CO_2 , CO , CH_4 , dan H_2O , peningkatan kepadatan dan kekerasan lapisan, serta peningkatan nilai kalor.

Batubara terbentuk melalui proses yang cukup panjang dan lama serta dipengaruhi oleh faktor alamiah yang tidak mengenal batas waktu, terutama ditinjau dari segi fisika, kimia maupun 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 tumbuh-tumbuhan, proses dekomposisi, sejarah setelah pengendapan, metamorfosis organik dan struktur geologi cekungan daerah yang menjadi lokasi pembentukan suatu batubara (Sukandarrumidi, 2005).

2.2 Batubara Indonesia

Indonesia memiliki endapan batubara yang bernilai ekonomis yang terdapat di cekungan tersier, yang terletak di bagian barat paparan Sunda (termasuk Pulau Sumatera dan Kalimantan), pada umumnya endapan batubara ekonomis tersebut dapat dikelompokkan sebagai batubara yang berumur eosen atau sekitar tersier bawah, kira-kira 45 juta tahun yang lalu dan miosen atau sekitar tersier atas, kira-kira 20 juta tahun yang lalu menurut skala waktu geologi (Sukandarrumidi, 1995).



Gambar 2.2 Salah Satu Contoh Batubara (PT Bukit Asam Tbk).

Gambar 2.2 merupakan salah satu contoh batubara yang ditambang oleh PT Bukit Asam Tbk, batubara ini terbentuk dari endapan sisa tumbuhan dan fosil pada iklim purba sekitar khatulistiwa yang mirip dengan kondisi ini. Beberapa diantaranya tergolong kubah gambut yang terbentuk di atas muka air tanah rata-rata pada iklim

basah sepanjang tahun. Kubah gambut ini terbentuk pada kondisi dimana mineral-mineral anorganik yang terbawa air dapat masuk ke dalam sistem dan secara lokal. Hal ini sangat umum dijumpai pada batubara miosen. Sedangkan, endapan batubara eosin umumnya lebih tipis, berkadar abu dan sulfur tinggi. Kedua umur endapan batubara ini terbentuk pada lingkungan lakustrin, dataran pantai atau delta, mirip dengan daerah pembentukan gambut yang terjadi saat ini di daerah timur Sumatera dan sebagian besar Kalimantan.

Potensi sumber daya batubara di Indonesia sangat melimpah, terutama di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatera, sedangkan di daerah lainnya dapat dijumpai batubara walaupun jumlah kecil dan belum dapat ditentukan keekonomisannya, seperti di Jawa Barat, Jawa Tengah, Papua, dan Sulawesi. Dari segi kuantitas batubara termasuk cadangan energi fosil terpenting bagi Indonesia. Jumlah sumberdaya batubara di Indonesia sebenarnya cukup untuk memasok kebutuhan energi listrik hingga ratusan tahun ke depan. Sayangnya, Indonesia tidak mungkin membakar habis batubara dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Selain mengotori lingkungan melalui polutan CO₂, SO₂, NO_x dan C_xH_y cara ini dinilai kurang efisien dan kurang memberi nilai tambah tinggi.

2.3 Klasifikasi Batubara

Klasifikasi batubara digunakan untuk menggolongkan batubara berdasarkan dari pemanfaatannya. Klasifikasi batubara dapat menjadi suatu sarana komunikasi bagi masing-masing sektor seperti untuk kepentingan ilmiah antara lain mencakup genesis batubara dan *rank*-nya, sedangkan untuk kebutuhan komersil antara lain nilai perdagangan dan pemanfaatannya.

Batubara di Indonesia dibagi menjadi *brown coal* dan *hard coal* (SNI-6011-1999, 1999). *Brown coal* atau batubara energi rendah adalah jenis batubara dengan

peringkat yang paling rendah, mudah diremas, bersifat lunak, dan mengandung air yang tinggi (10–70%). *Brown coal* terdiri atas *soft brown coal* dan *hard brown coal* atau *lignitic* dengan nilai kalorinya <7000 kalori/gram. *Hard coal* adalah semua jenis batubara yang mempunyai peringkat lebih tinggi dari *brown coal* dengan sifat yang lebih keras, kompak, tidak mudah diremas, mengandung kadar air yang relatif rendah, umumnya struktur kayu tidak tampak lagi, dan relatif tahan terhadap kerusakan fisik pada saat penanganan (*coal handling*) dengan nilai kalorinya >7000 kalori/gram.

Klasifikasi batubara menurut ASTM digolongkan menjadi 5 tingkatan yaitu *peat* (gambut), *lignite*, *sub-bituminous (black lignite)*, *bituminous*, dan *anthracite*. Penggolongan ini menekankan pada kandungan relatif antara unsur C dan H₂O yang terdapat dalam batubara. Berikut merupakan tingkatan-tingkatan pada batubara (Rao and Gouricharan, 2016):

1. *Lignite* yaitu batubara yang sangat lunak dan memiliki kandungan air 35%-75% dari total beratnya.
2. *Sub-bituminous* yaitu batubara yang memiliki tingkat karbon yang lebih tinggi dan kandungan air yang lebih rendah daripada lignit. 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 sulfur total yang ada pada batubara *sub-bituminous* yang dapat menyebabkan polusi udara apabila terlepas di udara pada saat pembakaran berlangsung.
3. *Bituminous* yaitu jenis batubara yang mengandung 68-86% unsur karbon dan memiliki kandungan air 8-10% dari total beratnya. Batubara jenis ini banyak digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik karena kandungan karbon yang cukup tinggi.

4. *Anthracite* yaitu salah satu jenis batubara dengan kandungan karbon tertinggi, antara 86%-98% dengan kadar air yang kurang dari 8%. Batubara jenis ini memiliki ciri-ciri berwarna hitam dengan kilap metalik.

2.4 Parameter Kualitas Batubara

Parameter kualitas batubara yang sering digunakan adalah nilai kalori, kadar kelembaban, kadar abu, kandungan zat terbang, kadar karbon, kadar sulfur, ukuran, dan tingkat kegerusan dari batubara. Adapun parameter lain seperti analisis unsur yang terdapat dalam abu (SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_3 , Fe_2O_3 , dan lain-lain), analisis komposisi sulfur (*pyritic sulfur*, *organic sulfur*, *sulfate sulfur*), dan titik leleh abu (*ash fusion temperature*). Kualitas batubara adalah sifat fisika dan sifat kimia dari suatu batubara yang memengaruhi potensi kegunaannya yang ditentukan oleh maseral dan *mineral matter* penyusunnya, serta oleh derajat *coalification* (*rank*). Secara umum, untuk menentukan kualitas suatu batubara dilakukan analisis kimia pada batubara yang diantaranya berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan jumlah air (*moisture*), kadar abu (*ash*), zat terbang (*volatile matter*), dan karbon tetap (*fixed carbon*), sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, dan unsur tambahan serta unsur jarang pada batubara (Muchjidin, 2006).

Analisis lain yang digunakan dalam penentuan kualitas batubara adalah analisis untuk menentukan *calorific value* (nilai kalor), total sulfur (kandungan sulfur/TS), susunan kandungan abu (*ash analysis*), titik leleh abu (*ash fusion temperature*/AFT), *hardgrove grindability index* (HGI) dan lain-lain. Nilai kalor merupakan nilai yang diperoleh dari indikasi langsung dari kandungan panas (nilai energi) batubara. Nilai

kalor mewakili pemanasan gabungan dari pembakaran karbon, hidrogen, nitrogen, dan sulfur organik (Sanwani, *et al.*, 1998).

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*)

- 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 jumlah 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 persentasi jumlah zat-zat terbang yang terkandung di dalam batubara, seperti H₂, CO, metana dan uap-uap yang mengembun seperti gas CO₂ dan H₂O. *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 (Na_2O) 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.

5. Nilai Kalor

Nilai kalor batubara adalah panas yang dihasilkan oleh pembakaran batubara. Terdapat 2 macam nilai kalor yaitu:

- a. Nilai kalor bersih (*net calorific value*) yang merupakan nilai kalor pembakaran dimana semua air (H₂O) dihitung dalam keadaan wujud gas.
- b. Nilai kalor kotor (*gross calorific value*) yang merupakan nilai kalor pembakaran dimana semua air (H₂O) dihitung dalam keadaan wujud cair.

Klasifikasi batubara berdasarkan peringkat yang telah ditetapkan oleh ASTM D3288 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Peringkat Batubara Berdasarkan ASTM D3288.

Kelas/Grup	Fixed Carbon (%)	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

Kelas/Grup	Fixed Carbon (%)	Zat Terbang (%)	Nilai Panas (Cal/gr)
Lignitik			
Lignit A			3.502 – 4.614
Lignit B			<3.502

2.5 Sulfur Total

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 penggabutan 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_2), akan tetapi berbeda pada sistem kristalnya. Pirit berbentuk isometrik sedangkan markasit berbentuk orthorombik. Pirit (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 pembatubaran. 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 inorganik 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 (H_2S). 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).

2.6 Mineral Matter pada Batubara

Mineral atau *mineral matter* pada batubara dapat diartikan sebagai mineral-mineral dan material anorganik lainnya yang berasosiasi dengan batubara. Secara keseluruhan mencakup tiga golongan material yaitu:

1. Mineral dalam bentuk partikel distrik dan kristalin pada batubara
2. Unsur atau senyawa dan biasanya tidak termasuk unsur nitrogen dan sulfur
3. Senyawa anorganik yang larut dalam air pori batubara dan air permukaan.

Mineral matter pada batubara dapat berasal dari unsur anorganik pada tumbuh-tumbuhan pembentuk batubara atau disebut *inherent mineral* serta mineral yang berasal dari luar rawa atau endapan kemudian ditransport ke dalam cekungan pengendapan batubara melalui air atau angin dan disebut *extraneous* atau *adventitious mineral matter* (Ward, 1986).

Mineral matter umumnya mewakili proporsi komposisi batubara yang signifikan, dari jumlah *mineral matter* dalam batubara bervariasi dari satu lapisan ke lapisan lainnya, bahkan di sepanjang lapisan yang sama. Batubara yang memiliki *mineral matter* hingga 32% dari berat telah diidentifikasi, dan meskipun nilai yang masuk akal untuk jumlah rata-rata *mineral matter* jauh lebih rendah. Preparasi batubara ditujukan untuk mengurangi kuantitas *mineral matter*, dan penggunaan yang efisien dari metode yang dipilih tergantung pada konsentrasi dan komposisinya. Namun, tidak peduli seberapa efektif teknik preparasi batubara, selalu terdapat sejumlah besar *mineral matter* yang tersisa. Bahan sisa ini sangat penting dalam pemanfaatan batubara (Speight, 2005).

Ada beberapa metode analisis mineral pada batubara yang dapat digunakan, yaitu:

1. *Analisis X-Ray Diffraction (XRD)*

Analisis XRD merupakan analisis dengan menggunakan alat difraktometer yang menerapkan prinsip difraksi. Analisis XRD adalah metode yang sangat penting untuk mengkarakterisasi struktur kristal material. Teknik ini biasanya dapat digunakan untuk analisis parameter kisi kristal tunggal, atau tahap tersebut, tekstur atau bahkan stres analisis bahan polikristalin (seperti serbuk) (Loye, 2013).

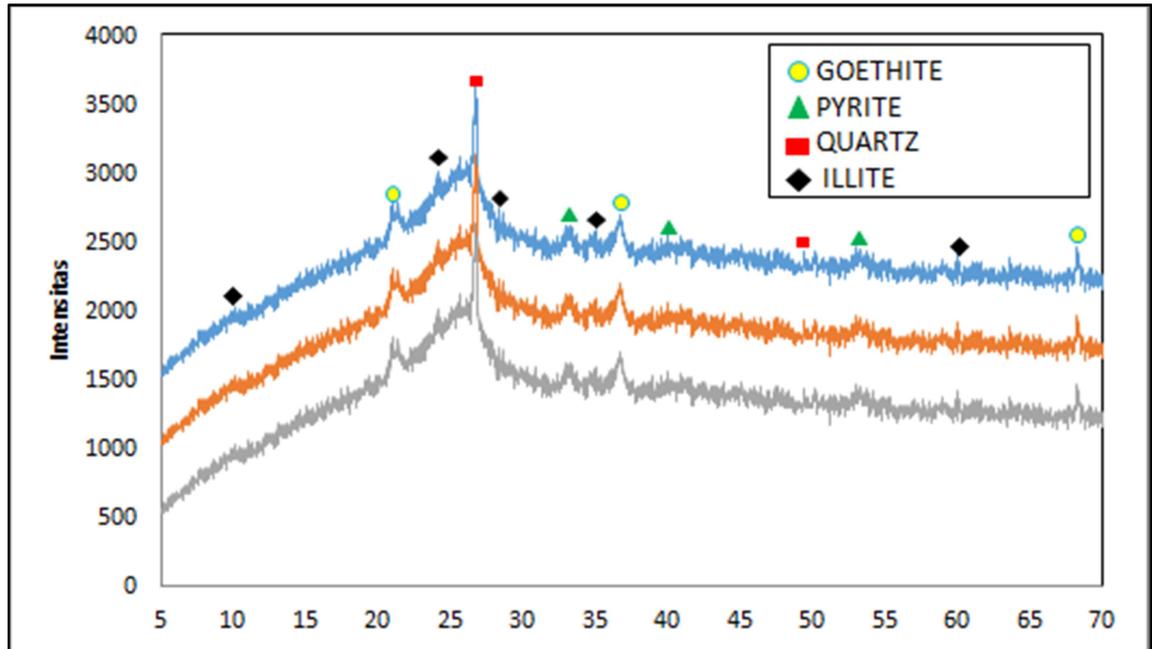
Metode Analisa nondestruktif yang didasarkan pada pengukuran radiasi sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal ketika terjadi interaksi antara suatu materi dengan radiasi elektromagnetik sinar-X. Suatu kristal memiliki kisi kristal tertentu dengan jarak antar bidang kristal (d) (Loye, 2013).

Alat XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi dan untuk mendapatkan ukuran partikel. Senyawa yang terbentuk dapat diketahui dengan

menggunakan alat ini. Transformasi fasa yang terjadi pada suatu sampel akibat suatu proses atau perlakuan yang dilakukan. Kadar atau presentase dari unsur yang terdapat pada sampel mineral tidak bisa diketahui dengan menggunakan alat ini (Tambunan, 2012).

Sifat mineral kristalin dalam batubara dapat menjadi yang paling pasti diselidiki dengan menundukkan sampel batubara bubuk atau mineral yang diisolasi dari batubara (mis. residu LTA) untuk dipelajari dengan teknik difraksi sinar-X (XRD). Meskipun lama ditetapkan sebagai alat definitif untuk identifikasi spesies mineral (aplikasi kualitatif), XRD juga semakin banyak digunakan untuk penentuan kuantitatif proporsi mineral, meningkatkan nilainya dalam studi bahan mineral. Penulis seperti Rao dan Gluskoter (1973); Ward (1977); Renton *et al.* (1984); Renton (1986); Harvey *and* Ruch (1986), dan Vassilev *and* Vassileva (1996) telah mempresentasikan interpretasi semi-kuantitatif berdasarkan intensitas puncak difraktogram kunci, ditambah dalam beberapa kasus dengan evaluasi proporsi mineral tanah liat berdasarkan analisis XRD terpisah dari konsentrat fraksi halus yang dikenai glikol dan perlakuan panas (Moore *and* Reynolds, 1997). Namun demikian, sejumlah metode berbeda dari jenis ini yang dapat digunakan dalam analisis XRD, dan variasi dalam metodologi dapat menimbulkan variasi substansial dalam estimasi persentase mineral (Finkelman, *et al.*, 1984).

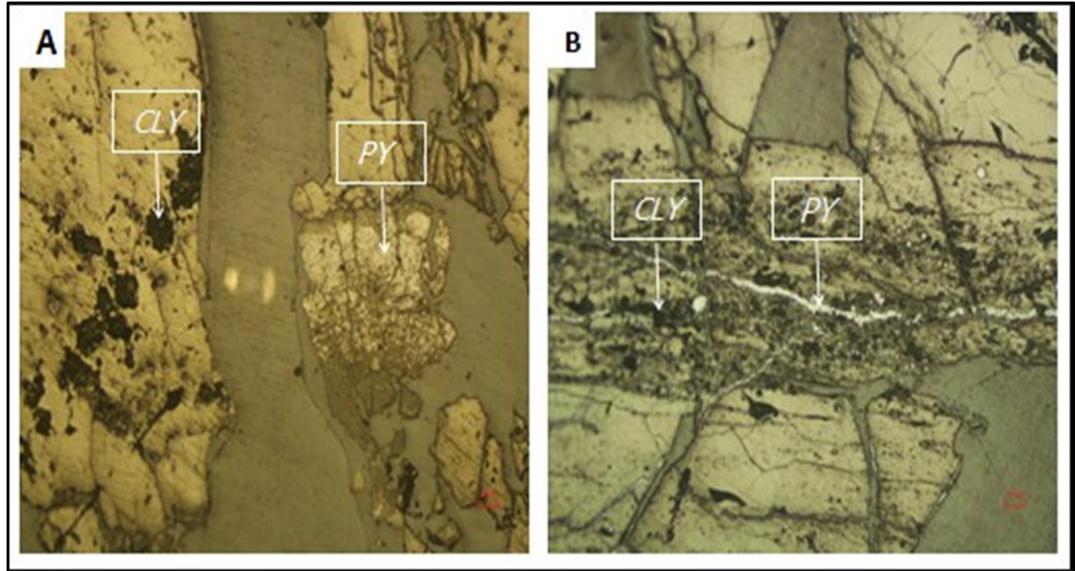
Salah satu contoh sampel batubara hasil analisis XRD dapat dilihat pada Gambar 2.3 yang merupakan difraktogram sampel batubara Desa Kadingeh.



Gambar 2.3 Difraktogram Sampel Batubara Desa Kadingeh (Avicenna dkk, 2019).

2. Analisis Mikroskopis

Banyak fasa mineral kristal dalam batubara terlihat di bawah mikroskop optik, yang terjadi sebagai lapisan halus dan konsentrasi lain yang saling terkait erat dengan komponen maseral, sebagai fragmen atau kristal mineral diskrit, dan sebagai serangkaian nodul, lentikel, vena, pengisi pori dan struktur penggantian sel (Kemezys *and* Taylor, 1964; Diessel, 1992; Taylor, *et al.*, 1998). Meskipun kelompok yang luas umumnya dapat diidentifikasi, seperti kuarsa, mineral lempung, karbonat, dan sulfida, identifikasi mineral yang lebih spesifik tidak selalu terlihat dari studi optik. Di sisi lain, hubungan tekstur yang diungkapkan oleh mikroskop sering menunjukkan bagaimana mineral mungkin telah terbentuk, atau bagaimana suatu sampel batubara yang akan menanggapi preparasi dan pemanfaatan batubara. Gambar 2.4 merupakan contoh hasil analisis mikroskopis berupa kenampakan mikroskopis Batubara Desa Kadingeh.



Gambar 2.4 Kenampakan Mikroskopis Batubara Desa Kadingeh (Avicenna dkk, 2019).

2.7 Pengaruh Keterdapatannya *Mineral Matter* Terhadap Pemanfaatan Batubara

Masalah utama yang dihadapi dalam pemanfaatan batubara adalah penumpukan abu batubara pada *boiler*. Penumpukan ini tidak hanya mengurangi efisiensi *boiler* secara drastis, tetapi juga menyebabkan korosi dan erosi. Abrasi dan aktivitas peralatan juga dapat menjadi masalah pada pemanfaatan batubara. Abrasi disebabkan oleh konsentrasi ukuran partikel yang tinggi atau besar seperti kuarsa. Selama proses pembakaran, klorin dalam batubara dapat membentuk asam klorida dan berkontribusi terhadap korosi pada permukaan logam pada *boiler*. Selama proses pembakaran, batubara menghasilkan sejumlah besar produk limbah yang dapat dilepaskan ke lingkungan. Di antara polutan ini berupa emisi sulfur, nitrogen oksida, karbon dioksida, mineral, dan elemen jejak (Honea, *et al.*, 1982).

2.7.1 Emisi Sulfur

Sulfur dalam batubara terjadi terutama sebagai sulfur piritik dan organik terkait belerang. Bentuk sulfur lainnya yaitu sulfat dan elemental adalah konstituen jejak

umum dari batubara. Terlepas dari bentuk, sulfur teroksidasi selama pembakaran batubara untuk membentuk senyawa sulfur oksida gas.

Oksida belerang ini memiliki dampak lingkungan yang lebih luas daripada produk pembakaran lainnya dari batubara. Efek yang tidak diinginkan belerang ini telah dikenal untuk waktu yang lama. Pada tahun 1880, kematian sekitar 1.000 orang di London, Inggris diakibatkan gas belerang yang dihasilkan oleh pembakaran batubara. Sulfur oksida dapat diserap di lapisan hidung di mana hal tersebut diubah menjadi asam sulfat yang menyebabkan sensasi terbakar. Asam sulfat juga dapat melapisi partikel debu yang terhirup dan dibawa ke paru-paru, menyebabkan masalah pernapasan yang parah (Schobert, 1987).

2.7.2 Emisi Nitrogen

Hampir semua nitrogen dalam batubara organik terikat. Selama pembakaran batubara, nitrogen teroksidasi untuk membentuk beberapa oksidasi gas. Namun, sebagian besar dari nitrogen oksida yang dihasilkan dan dipancarkan selama pembakaran batubara berasal dari nitrogen di udara bereaksi dengan oksigen pada suhu tinggi. Produk-produk ini berkontribusi pada pembentukan kabut asap dan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan berbagai bahan yang menyebabkan iritasi mata dan pemanasan (Orem *and* Finkelman, 2014).

2.7.3 Emisi Karbondioksida

Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan sejumlah besar karbon dioksida. Akumulasi karbon dioksida dan lainnya "gas rumah kaca" di atmosfer memengaruhi iklim global. Panas yang terpancar dari bumi dipancarkan di daerah panjang gelombang inframerah. Karbon dioksida dan uap air di atmosfer menyerap energi inframerah. Energi yang dipancarkan secara seragam di semua arah. Proses ini menghangatkan atmosfer dan dapat memiliki efek mendalam pada curah hujan, hasil

panen, dan permukaan laut. Namun, masih belum ada konsensus mengenai aspek kuantitatif konsekuensi ini (McCabe, *et al.*, 1993).

2.7.4 Emisi Elemen Jejak

Sebagian besar elemen dalam batubara berhubungan dengan fraksi mineral meskipun beberapa secara organik terikat. Pada eksposur yang cukup tinggi, beberapa elemen seperti antimon, arsenik, berilium, kadmium, kromium, merkuri, nikel, timah, selenium, dan uranium bisa berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Meskipun elemen ini hadir dalam konsentrasi kecil di batubara pada umumnya beberapa ppm, sejumlah besar batubara yang dibakar setiap tahunnya memobilisasi polutan tersebut. Deposisi polutan ini melawan arah angin dari pembangkit listrik yang dapat menyebabkan konsentrasi jejak elemen tinggi di tanah dan serapan oleh tanaman. Polutan dapat menghambat pertumbuhan tanaman atau memasuki rantai makanan sehingga menyebabkan efek kesehatan yang merugikan pada hewan dan manusia (Adriano, 1986).