

SKRIPSI

**STUDI PENURUNAN KADAR ABU BATUBARA BULUPODO
KABUPATEN SINJAI SECARA KIMIA DENGAN
MENGUNAKAN HIDROGEN PEROKSIDA**

Disusun dan diajukan oleh

WAHYUNI

D62116007



PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PENURUNAN KADAR ABU BATUBARA BULUPODO KABUPATEN SINJAI SECARA KIMIA DENGAN MENGGUNAKAN HIDROGEN PEROKSIDA

Disusun dan diajukan oleh

WAHYUNI

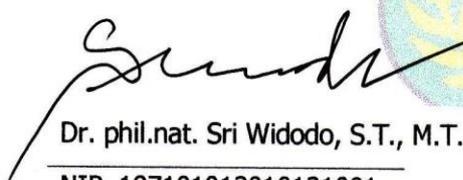
D62116007

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 6 Januari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

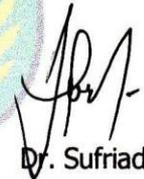
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. phil.nat. Sri Widodo, S.T., M.T.

NIP. 197101012010121001


Dr. Sufriadin, S.T., M.T.

NIP. 196608172000121001

Ketua Program Studi,


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

NIP. 197111282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyuni
NIM : D62116007
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

STUDI PENURUNAN KADAR ABU BATUBARA BULUPODO KABUPATEN SINJAI SECARA KIMIA DENGAN MENGGUNAKAN HIDROGEN PEROKSIDA

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan 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, 6 Januari 2021

Yang menyatakan


Wahyuni

ABSTRAK

Batubara Bulupodo memiliki kadar abu yang cukup tinggi dan total sulfur rendah. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mereduksi kandungan abu pada batubara Bulupodo dengan metode yang digunakan adalah pencucian batubara secara kimia dengan menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan beberapa variabel seperti waktu (30 menit, 60 menit, 120 menit, dan 180 menit), konsentrasi larutan (5%, 10%, 15%, dan 20%), suhu (45°C, 60°C, dan 80°C), ukuran partikel (16 mesh, 40 mesh, dan 70 mesh). Hasil analisis kualitas menunjukkan batubara Bulupodo memiliki kadar air sebesar 6,37%; abu 53,3%; zat terbang 26,79%; karbon tertambat 14,45%; dan total sulfur 0,53%. Hasil analisis *mineral matter* dengan menggunakan mikroskopis dan XRD (*X-Ray Diffraction*) menunjukkan bahwa batubara Bulupodo mengandung mineral *kaolinite*, *illite*, *quartz*, dan *pyrite*. Hasil pencucian dengan variabel waktu reduksi kadar abu tertinggi pada waktu 180 menit sebesar 21,63%; variabel konsentrasi larutan reduksi kadar abu tertinggi pada konsentrasi 20% sebesar 14,78%; variabel suhu reduksi kadar abu tertinggi pada suhu 60°C sebesar 13,45%; dan variabel ukuran partikel reduksi kadar abu tertinggi pada ukuran partikel 40 mesh sebesar 7,32%.

Kata kunci: Batubara, *mineral matter*, *deashing*, hidrogen peroksida.

ABSTRACT

Bulupodo coal has a fairly high ash content and low total sulphur. The main objective of this research is to reduce the ash content in Bulupodo coal. The method used is chemical washing of coal using hydrogen peroxide (H₂O₂) with several variables such as time (30 minutes, 60 minutes, 120 minutes, and 180 minutes), solution concentration (5%, 10%, 15%, and 20%), temperature (45°C, 60°C, dan 80°C), particle sizes (16 mesh, 40 mesh, and 70 mesh). The results of the quality analysis show that Bulupodo coal has a moisture of 6.37%; ash 53.3%; volatile matter 26.79%; fixed carbon 14.45%; and a total sulphur of 0.53%. The results of mineral matter analysis using microscopic and XRD (X-Ray Diffraction) show that Bulupodo coal contain kaolinite, illite, quartz, and pyrite minerals. The results of washing with the highest reduction time variable of ash content at 180 minutes were 21.63%; the concentration variable of the highest ash content reduction solution was at a concentration of 20% of 14.78%; the temperature variable for the reduction of the highest ash content at 60°C was 13.45%; and the particle size variable for the reduction of the highest ash content was at a particle size of 40 mesh of 7.32%.

Keywords: coal, mineral matter, deashing, hydrogen peroxide

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir sebagai syarat untuk menyanggah gelar sarjana di Departemen Teknik Pertambangan dengan judul Studi Penurunan Kadar Abu Batubara Bulupodo Kabupaten Sinjai Secara Kimia dengan Menggunakan Hidrogen Peroksida.

Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya, oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada kedua dosen pembimbing Bapak Dr. phil. nat. Sri Widodo ST., MT dan Bapak Dr. Sufriadin, ST., MT yang banyak memberi masukan dalam penelitian tugas akhir ini serta telah banyak meluangkan waktunya dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua dosen penguji Ibu Dr. Arianty Virtanti Anas, ST., MT dan Ibu Andi Arumansawang ST., M.Sc yang telah meluangkan waktunya untuk mengoreksi tugas akhir ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga besar yang tidak henti-hentinya memberi dukungan mental, memotivasi, dan dukungan materil sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh mahasiswa Teknik Pertambangan terkhusus ROCKBOLT 2016 serta anggota Laboratorium Analisis Pengolahan Bahan Galian yang telah banyak membantu memberikan masukan serta referensi yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini serta membantu dalam masalah teknis mengenai prinsip kerja alat yang digunakan penulis. Terima kasih juga kepada anak kompleks yang selalu memberikan dukungan mental dan banyak menghibur ketika penulis mengalami kejenuhan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis sangat berharap tugas akhir ini dapat berguna dalam rangka menambah wawasan serta pengetahuan kita mengenai penurunan kadar abu pada batubara. Penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan tugas akhir yang berkaitan dengan penurunan kadar abu pada batubara.

Makassar, Januari 2021

Wahyuni

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian	5
BAB II BATUBARA	6
2.1 Pembentukan Batubara	6
2.2 Peringkat (<i>Rank</i>) Batubara	9
2.3 Kualitas Batubara	11

2.4	<i>Mineral Matter</i> Pada Batubara	13
2.5	<i>Deashing</i> Batubara	15
BAB III METODE PENELITIAN.....		18
3.1	Pengambilan Sampel.....	18
3.2	Preparasi Sampel.....	19
3.3	Analisis Sampel	21
3.4	Proses Pencucian Sampel Batubara	32
BAB IV PENURUNAN KADAR ABU BATUBARA		39
4.1	Karakteristik Batubara Bulupodo	39
4.2	Hasil Percobaan Pencucian Batubara	43
BAB V PENUTUP.....		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi pengambilan sampel	5
Gambar 3.1	Proses pengambilan sampel batubara	18
Gambar 3.2	Proses komposit dan pengeringan sampel batubara	19
Gambar 3.3	Proses kwatering sampel batubara bulupodo	20
Gambar 3.4	Proses reduksi ukuran sampel batubara	20
Gambar 3.5	Proses pengayakan sampel batubara	21
Gambar 3.6	Kenampakan sayatan poles	22
Gambar 3.7	Mikroskopis untuk pengamatan mikroskopis sampel batubara	23
Gambar 3.8	Peralatan analisis analisis XRD	24
Gambar 3.9	Peralatan analisis proksimat.....	25
Gambar 3.10	Peralatan analisis analisis ultimat.....	30
Gambar 3.11	Bahan penelitian proses pencucian batubara.....	32
Gambar 3.12	Peralatan proses pencucian batubara	33
Gambar 3.13	Proses pencampuran H ₂ O ₂ pekat dengan akuades	35
Gambar 3.14	Diagram alir tahapan penelitian	38
Gambar 4.1	kenampakan lapisan batubara Bulupodo	39
Gambar 4.2	kenampakan mineral menggunakan mikroskop.....	40
Gambar 4.3	Hasil analisis XRD pada sampel awal.....	41
Gambar 4.4	Hasil analisis XRD dengan variabel waktu pencucian.....	44
Gambar 4.5	Hasil analisis XRD dengan variabel konsentrasi larutan	45
Gambar 4.6	Hasil analisis XRD dengan variabel suhu.....	47
Gambar 4.7	Hasil analisis XRD dengan variabel ukuran partikel	48
Gambar 4.8	Hubungan antara waktu dan penurunan kadar abu	50
Gambar 4.9	Hubungan antara konsentrasi H ₂ O ₂ dan penurunan kadar abu.....	51

Gambar 4.10 Percobaan pada suhu 100°C	52
Gambar 4.11 Hubungan antara suhu dan penurunan kadar abu	52
Gambar 4.12 Hubungan ukuran partikel dan penurunan kadar abu.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi batubara berdasarkan standar ASTM D388	10
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	38
Tabel 4.1 Hasil analisis proksimat dan total sulfur sampel.....	44
Tabel 4.2 Pengaruh waktu terhadap penurunan kadar abu	51
Tabel 4.3 Pengaruh konsentrasi H ₂ O ₂ terhadap penurunan kadar abu.....	52
Tabel 4.4 Pengaruh konsentrasi H ₂ O ₂ terhadap penurunan kadar abu.....	54
Tabel 4.5 Pengaruh ukuran partikel terhadap peenurunan kadar abu.....	55
Tabel A.1 <i>Peak List</i> Sampel Awal.....	60
Tabel A.2 <i>Peak List</i> Variabel Waktu 30 Menit.....	62
Tabel A.3 <i>Peak List</i> Variabel Waktu 60 Menit.....	64
Tabel A.4 <i>Peak List</i> Variabel Waktu 120 Menit	66
Tabel A.5 <i>Peak List</i> Variabel Waktu 180 Menit	68
Tabel A.6 <i>Peak List</i> Variabel Konsentrasi 5%	70
Tabel A.7 <i>Peak List</i> Variabel Konsentrasi 10%	72
Tabel A.8 <i>Peak List</i> Variabel Konsentrasi 15%	74
Tabel A.9 <i>Peak List</i> Variabel Konsentrasi 20%	76
Tabel A.10 <i>Peak List</i> Variabel Suhu 45°C	78
Tabel A.11 <i>Peak List</i> Variabel Suhu 60°C	80
Tabel A.12 <i>Peak List</i> Variabel Suhu 80°C	82
Tabel A.13 <i>Peak List</i> Variabel Ukuran Partikel 16 Mesh.....	84
Tabel A.14 <i>Peak List</i> Variabel Ukuran Partikel 40 Mesh.....	86
Tabel A.15 <i>Peak List</i> Variabel Ukuran Partikel 70 Mesh.....	88
Tabel B.1 Hasil Penelitian Pencucian H ₂ O ₂	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi sumberdaya dan cadangan batubara yang tersebar sebagian besar di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatera, serta sebagian kecil sisanya tersebar di beberapa lokasi di Pulau Jawa, Sulawesi dan Papua. Menurut Badan Geologi (2015), total sumberdaya yang dimiliki Indonesia yaitu sejumlah 106,845 milyar ton dan cadangan batubara sejumlah 32,263 milyar ton. Kualitas sumberdaya batubara Indonesia cukup bervariasi baik dalam parameter kalori, kadar abu, total sulfur, dan parameter lainnya (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2015).

Menurut data dari statistik Mineral, Batubara, Panas Bumi, dan Air Tanah tahun 2015, yang dikeluarkan oleh kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, batubara di Sulawesi Selatan mempunyai sumberdaya batubara sebanyak 231,58 juta ton. Terdiri atas sumberdaya tereka sebesar 48,81 juta ton, sumberdaya terunjuk sebesar 129,68 juta ton, sumberdaya terukur sebesar 53,09 juta ton yang tersebar di beberapa daerah di kabupaten yang ada di Sulawesi Selatan (SNI, 2015).

Batubara Desa Bulupodo, Kabupaten Sinjai termasuk kedalam kategori *rank sub bituminous coal* dimana kadar abu 40,21% (*high ash*) dan total sulfur 0,38% (*low sulfur*) (Sufriadin dkk, 2016). Kadar abu yang tinggi dalam batubara dapat menghasilkan abu terbang (*fly ash*), abu dasar (*bottom ash*) dalam membentuk terak (*slag*) yang banyak, sehingga dapat mengganggu lingkungan dan dapat merusak alat yang digunakan untuk pemanfaatan batubara. Selain itu, dengan kadar abu yang tinggi dapat mengurangi nilai kalori pada batubara sehingga energi yang dihasilkan kurang optimal (Nukman dan Poertadji, 2006).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi kadar abu pada batubara yaitu dengan metode pencucian batubara secara kimia. Metode kimia melibatkan pengolahan dengan menggunakan bahan kimia yang efektif dalam menghilangkan pengotor yang tersebar dan terikat pada batubara (Mukherjee dkk, 2003). Penelitian terdahulu mengenai penurunan kadar abu pada batubara telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Mukherjee dkk (2001) telah melakukan penelitian di mana waktu pencucian yang digunakan adalah 4 jam, suhu 25°C, dan konsentrasi larutan hidrogen peroksida 2,5%; 5%; 10%; dan 15% dengan presentasi penurunan abu masing-masing adalah 17,2%; 17,9%; 18,6%; dan 19,9%.

Dalam upaya memaksimalkan pemanfaatan batubara Bulupodo Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan, maka dilakukan penelitian untuk mengurangi kadar abu pada batubara secara kimia dengan menggunakan hidrogen peroksida (H₂O₂).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik dan kualitas batubara Bulupodo?
2. Mineral apa saja yang terkandung dalam batubara Bulupodo?
3. Bagaimana pengaruh variabel percobaan (waktu, konsentrasi H₂O₂, suhu, dan ukuran partikel) terhadap proses *deashing*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik dan kualitas batubara Bulupodo.
2. Mengidentifikasi mineral yang terkandung pada batubara Bulupodo.
3. Mengetahui pengaruh variabel percobaan (waktu, konsentrasi H₂O₂, suhu, dan ukuran partikel) terhadap proses *deashing*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik dan kualitas batubara dan penggunaan metode pencucian batubara dengan menggunakan hidrogen peroksida yang digunakan dalam proses penurunan kadar abu sehingga dapat memberikan informasi dan manfaat untuk meningkatkan kualitas batubara Bulupodo, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan.

1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan terdiri atas kegiatan persiapan, pengambilan sampel batubara dilapangan, preparasi sampel batubara, dan pengolahan data hasil analisis batubara. Penelitian ini didukung oleh literatur-literatur berupa buku dan jurnal yang berkaitan dengan judul penelitian, dan saran dari pembimbing penelitian.

1. Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan paling awal sebelum dilakukan penelitian.

Pada tahapan ini kegiatan yang dilakukan adalah perumusan masalah dan pengumpulan literatur-literatur yang berkaitan dengan masalah yang diteliti.

2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji buku-buku teks, jurnal, artikel, termasuk informasi yang didapatkan dari media internet yang berkaitan dengan masalah dalam penelitian ini.

3. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di Desa Lamatti Riaja, Kecamatan Bulupodo, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan dengan metode *channel sampling*. *Channel sampling* yaitu pengambilan sampel dari suatu *seam* batubara dengan cara membuat *channel* atau saluran dari bagian *floor* sampai ke *roof seam* sehingga sampel tersebut mewakili suatu lapisan batubara.

4. Preparasi Sampel

Preparasi sampel merupakan kegiatan mereduksi ukuran sampel untuk mempersiapkan sampel agar dapat dianalisis lebih lanjut. Tahapan preparasi meliputi pengeringan sampel dengan cara diangin-anginkan dalam kondisi suhu kamar, penggerusan dengan menggunakan mortar, dan pengayakan.

5. Penelitian di Laboratorium

Sampel yang telah dipreparasi kemudian dianalisis mineralogi untuk mengetahui mineral yang terdapat pada sampel batubara Bulupodo, analisis mineralogi yang dimaksud adalah analisis mikroskopis dan analisis XRD (*X-Ray Diffraction*). Sampel dianalisis kualitas awal untuk mengetahui kadar abu, proses pencucian menggunakan larutan hidrogen peroksida (H_2O_2). Setelah di cuci, kemudian sampel dianalisis kualitas akhir untuk mengetahui kadar abu.

6. Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan penelitian. Data yang dimaksud adalah data hasil analisis kualitas awal sebelum dilakukannya pencucian batubara dengan larutan hidrogen peroksida (H_2O_2), dibandingkan dengan data hasil analisis kualitas akhir yaitu setelah dilakukan pencucian.

7. Penyusunan Laporan dan Tugas Akhir

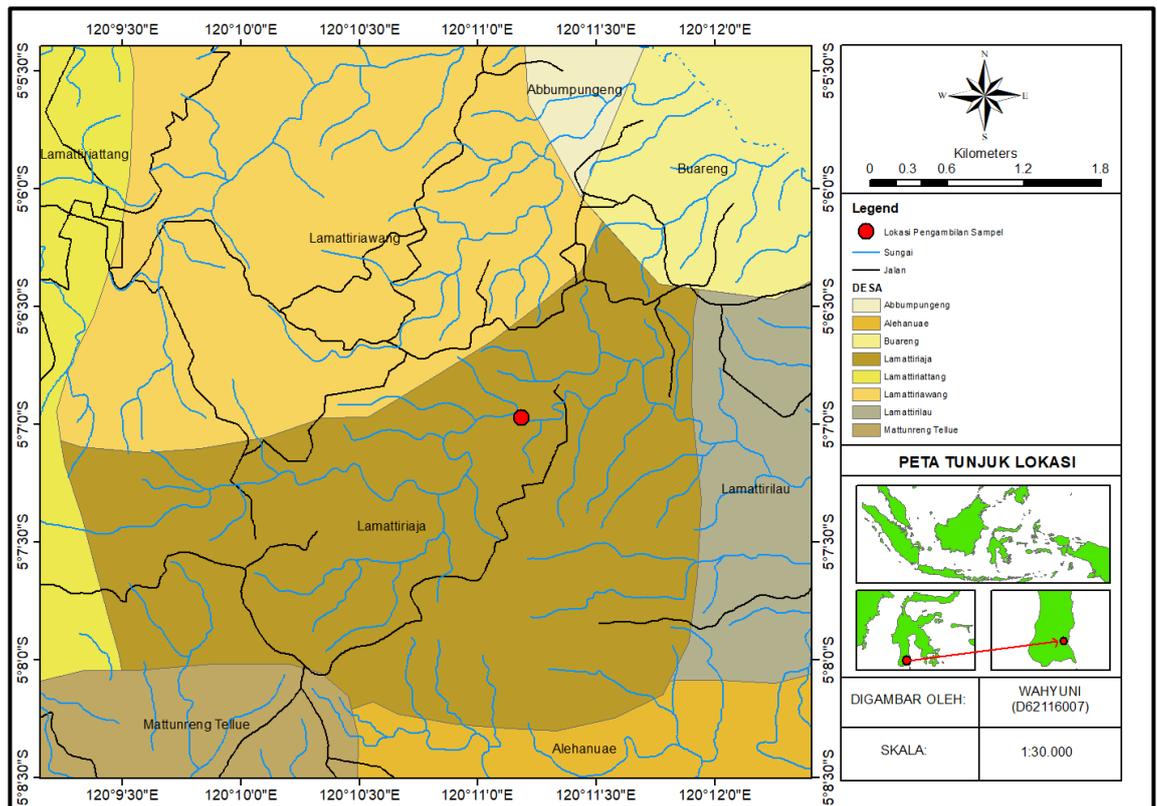
Hasil penelitian disusun dalam bentuk laporan secara sistematis sesuai dengan aturan penulisan yang telah disetujui dan ditetapkan pada Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

8. Seminar

Tugas akhir yang telah rampung selanjutnya dipresentasikan dalam seminar tugas akhir dan ujian sidang.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan menggunakan conto batubara daerah Desa Lamatti Riaja, Kecamatan Bulupodo, Kabupaten Sinjai. Lokasi pengambilan sampel terletak pada koordinat S $05^{\circ}06'58,34''$ dan E $120^{\circ}11'11,02''$. Lokasi pengambilan sampel batubara dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Lokasi pengambilan sampel

BAB II

BATUBARA

Batubara adalah endapan yang tersusun dari bahan organik dan *non* organik. Bahan organik berasal dari sisa tumbuhan yang telah mengalami berbagai tingkat pembusukan (dekomposisi) dan perubahan sifat-sifat fisik serta kimia baik sebelum maupun sesudah tertutup endapan lain di atasnya. Bahan *non* organik pada batubara terdiri dari macam-macam mineral yang terbentuk sebagai material-material halus yang menyebar pada batubara atau terkumpul menjadi lapisan-lapisan tipis (Sutardji, 2009).

2.1 Pembentukan Batubara

Batubara di dunia umumnya berasal dari Zaman Karbon. Pada era itu, iklim bumi adalah tropis sehingga memungkinkan bermacam-macam tumbuhan tumbuh subur di bumi, khususnya di daerah rawa. Tumbuhan yang tua lama-kelamaan mati dan menumpuk serta tertimbun di daerah rawa. Timbunan itu makin lama makin tebal dan sairing laju pertambahan timbunan tumbuhan, terdapat pula laju penurunan dasar rawa. Hal ini menyebabkan terakumulasinya timbunan tumbuhan mati yang kemudian diuraikan oleh bakteri. Bagian-bagian tumbuhan ini terurai dalam kondisi anaerob menjadi karbon dioksida, air dan asam humin. Proses ini dinamakan humifikasi, dengan gambut sebagai hasil akhir. Proses pembentukan gambut ini sangat penting dalam proses pembentukan batubara karena menjadi asal usul terbentuknya batubara atau isi batubara (Sukandarrumidi, 1995).

Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap yaitu tahap biokimia (penggambutan) dan tahap geokimia (pembatubaraan). Tahap penggambutan

(*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5-10 meter. Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri *anaerobic* kemudian diubah menjadi gambut (Stach dkk, 1982).

Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya, temperatur, tekanan dan waktu terhadap komponen organik dari gambut. Pada tahap ini, presentase karbon akan meningkat sedangkan presentasi hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous*, *semi anthracite*, *anthracite* hingga meta *anthracite*. Meningkatnya peringkat batubara dari *lignite* hingga berubah menjadi *sub-bituminous* dan *anthracite* disebabkan oleh beberapa faktor seperti kombinasi antara proses fisika dan kimia serta aktifitas biologi (Stach dkk, 1982).

Terdapat dua teori yang menjelaskan tentang tempat terbentuknya batubara, yaitu:

2.2.1 Teori *In situ*

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari tempat dimana tumbuhan atau pohon itu berada. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di hutan basah dan rawa-rawa. Sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati atau roboh langsung tenggelam ke dalam rawa sampai akhirnya menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik (Sundoyono, 2014). Batubara yang terbentuk dengan cara insitu memiliki ciri-ciri seperti penyebaran yang luas dan merata dengan kualitas lebih bagus karena kadar abunya relatif sedikit (Kravalen, 1993).

2.2.2 Teori *Drift*

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang tidak berasal dari tempat atau hutan tersebut. Batubara jenis ini biasanya terbentuk di delta dengan ciri-ciri batubaranya yaitu tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*), banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi). Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran tidak luas, dapat dijumpai diberbagai tempat dengan kualitas kurang baik karena mengandung material pengotor (*impurities*) yang terangkut bersama selama proses pengangkutan dari tempat asal tanaman ke tempat sedimentasi (Sundoyo, 2014).

Jenis-jenis tumbuhan pembentuk batubara pada umumnya menurut Ranton (1993) adalah sebagai berikut:

- a. Alga, dari zaman Pre-kambrium hingga Ordovisium dan bersel tunggal. Sangat sedikit endapan batubara dari periode ini.
- b. *Silofita*, dari zaman Silur hingga Devon Tengah, merupakan turunan dari alga. Sedikit endapan batubara dari periode ini.
- c. *Pteridofita*, umur Devon Atas hingga Karbon Atas. Materi utama pembentuk batubara berumur Karbon di Eropa dan Amerika Utara. Tumbuhan tanpa bunga dan biji, berkembang biak dengan spora dan tumbuh di iklim hangat.
- d. *Gimnospermae*, kurun waktu mulai dari Zaman Permian hingga Kapur Tengah. Tumbuhan heteroseksual, biji terbungkus dalam buah, semisal pinus, mengandung kadar getah (resin) tinggi. Jenis Pteridospermae seperti *gangamopteris* dan *glossopteris* adalah penyusun utama batubara Permian seperti di Australia, India, dan Afrika.
- e. *Angiospermae*, dari Zaman Kapur Atas hingga kini. Jenis tumbuhan modern, buah yang menutupi biji, jantan, dan betina dalam satu bunga, kurang bergetah dibanding *gimnospermae*.

2.2 Peringkat (*Rank*) Batubara

Peringkat batubara secara umum dapat diasosiasikan dengan mutu atau kualitas batubara. Batubara dengan tingkat pembatubaraan 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).

2.2.1 *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).

2.2.2 *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).

2.2.3 Bituminous

Bituminous adalah batubara padat biasanya berwarna hitam kadang-kadang coklat 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 coklat tua dan padat (Speight, 2005).

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

Tabel 2.1 Klasifikasi batubara berdasarkan standar ASTM D388

Group	Fixed carbon (%)	Volatile matter (%)	Calori Value (Kcal/kg)
Antrachite			
Meta-antrachite	>98	>2	
Antrachite	92-98	2.0-8.0	
Semiantrachite	86-92	8.0-15.0	
Bituminous			
Low-volatile	78-86	14-22	
medium volatile	89-78	22-31	
High volatile A	<69	>31	>7775
High volatile B	57	57	7219-7775
High volatile C	54	54	
Subbituminous			
Subbituminous A	55	55	5831-6384
Subbituminous B	56	56	5275-5831
Subbituminous C	53	53	4609-5275
Lignite			
Lignite A	52	52	3498-4609
Lignite B	52	52	<3498

2.3 Kualitas Batubara

Untuk menentukan kualitas batubara umumnya dilakukan analisa kimia yang dapat ditentukan dengan analisis di laboratorium diantaranya berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Kualitas batubara ini diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang selain dilihat dari besar cadangan batubara di daerah penelitian (Firth, 1998).

2.3.1 Analisis Proksimat

Metode analisis proksimat ini meliputi penentuan kadar air (*moisture content*), kadar abu (*ash content*), zat terbang (*volatile matter*), dan perhitungan karbon tertambat (*fixed carbon*) pada conto batubara dan kokas dan dibuat dengan metode yang ditentukan dan dianalisis sesuai dengan prosedur yang ditetapkan ASTM. Metode ini digunakan untuk menetapkan peringkat batubara, dengan memanaskan conto batubara dibawah kondisi tertentu (ASTM, 1979). Analisis proksimat batubara berdasarkan definisi, memisahkan produk kedalam empat kelompok yaitu: (a) kadar air; (b) zat terbang, yang didorong keluar selama pirolisis; (c) karbon tetap; dan (d) abu, residu yang tersisa setelah proses pembakaran (Speight, 2005).

a. Analisis *Moisture*

Metode ini meliputi penentuan kadar air dalam analisis sampel pada batubara atau kokas. Hal ini digunakan untuk menghitung hasil analisis lain untuk tahap pengeringan. Kadar air ditentukan dengan menguji sampel Ketika dipanaskan dalam kondisi yang dikendalikan oleh suhu, waktu dan suasana, berat sampel, dan spesifikasi peralatan (ASTM, 1979).

b. Analisis Kadar Abu (*Ash Content*)

Kadar abu merupakan jumlah residu yang dihasilkan dari pembakaran batubara sebagai sisa pembakaran. Abu pada batubara merupakan bahan anorganik

yang terbentuk dari perubahan mineral karena proses pembakaran. 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. Semakin besar kandungan kadar abu pada batubara maka semakin buruk kualitas batubara (Hamdani, 2014).

c. Analisis Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Volatile matter merupakan zat aktif yang terdapat pada batubara yang menghasilkan energi atau panas apabila batubara tersebut dibakar. Kandungan *volatile matter* pada batubara mempercepat pembakaran sehingga waktu pembakaran semakin singkat. *Volatile matter* tersebut terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen (H), karbon monoksida (CO) dan metana (CH₄) (Midiawati, 2018).

d. Analisis Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*)

Fixed carbon adalah karbon yang tertinggal setelah dilakukan pembakaran pada batubara sesudah penguapan *volatile matter*. Semakin besar persentase karbon dalam batubara maka kualitas batubara juga semakin baik. *Fixed carbon* merupakan selisih 100% total berat batubara dengan *moisture content*, *ash*, dan *volatile matter* (Midiawati, 2018).

2.3.2 Analisis Ultimat

Analisis ultimat digunakan untuk penentuan jumlah unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), Nitrogen (N), dan sulfur (S). Kandungan karbon, hidrogen, dan oksigen digunakan untuk menilai karakteristik pengkokasan, gasifikasi, dan likuifaksi batubara. Sedangkan kandungan nitrogen dan sulfur menunjukkan potensi pencemaran yang dapat ditimbulkan dari pemanfaatan batubara tersebut (Annisa, 2016).

2.4 Mineral *Matter* Pada Batubara

Mineral *matter* adalah sumber utama dari unsur-unsur yang membentuk abu pada batubara. Istilah mineral *matter* mengacu pada unsur-unsur anorganik batubara dan semua elemen yang bukan bagian dari zat batubara organik (karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, dan sulfur). Empat dari lima unsur yang umumnya dianggap organik (karbon, hidrogen, oksigen, dan belerang) juga hadir dalam kombinasi anorganik dalam batubara. Karbon hadir dalam mineral (biasanya kalsium, magnesium, dan besi) karbonat; hidrogen hadir dalam bentuk air bebas dan dalam air hidrasi; oksigen hadir dalam oksida, air, sulfat, dan silikat; dan belerang hadir dalam sulfida dan sulfat (Speight, 2015).

Menurut Stach dkk, (1982), material anorganik dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan asalnya:

1. Mineral dari tanaman asli.
2. Mineral yang terbentuk pada tahap pertama proses pembatubaraan atau mineral yang terbawa oleh media air dan angin ke dalam akumulasi gambut selama proses pembatubaraan.
3. Mineral yang terbentuk pada tahap kedua proses pembatubaraan, setelah konsolidasi, reaksi larutan yang masuk ke dalam *cracks, fissures, cavities*, atau akibat alterasi mineral lainnya.

Sebagian besar fase mineral pada batubara dibagi menjadi lima kelompok walaupun daftar mineral dalam batubara dapat mengandung sebanyak 50 hingga 60 mineral. Adapun lima kelompok mineral tersebut adalah mineral lempung, mineral sulfida dan mineral sulfat, mineral karbonat, mineral silikat (terutama *quartz*), dan mineral lain yang termasuk mineral jejak atau mungkin spesifikasi batubara tertentu yang mengalami pematangan dan pengendapan secara alami (Speight, 1994).

Mineral lempung merupakan mineral yang paling sering dijumpai pada batubara dengan kelimpahan sekitar 60-80% dari keseluruhan mineral *matter*. Mineral lempung hadir dalam batubara karena terbawa oleh media air selama proses akumulasi. Mineral lempung yang umum dijumpai adalah *kaolinite*, *illite*, dan *sericite*. Mineral ini terbentuk seiring dengan proses pematubaraan, dari proses pengangkutan hingga proses pematubaraan sebagai pengisi rekahan dalam batubara.

Mineral sulfida yang paling umum terdapat di batubara adalah *pyrite*, *marcasite*, dan *melnicovite-pyrite*. Pada kondisi tersebut, sebagian besar lapisan batubara mengandung *sphalerite*, galena, dan *chalcopyrite* dalam jumlah kecil (Stach, 1941; Mackowsky, 1943; Balme, 1956 dalam Stach dkk., 1982). Terdapat dua jenis *pyrite* berdasarkan genesanya, *pyrite syngenetik* dan *pyrite epigenetik*. *Pyrite syngenetik* adalah *pyrite* yang terbentuk saat proses pengangkutan, sedangkan *pyrite epigenetik* adalah *pyrite* yang terbentuk setelah proses pematubaraan. Mineral sulfat yang paling dominan terdapat pada batubara adalah bassanit dan *gypsum*. Umumnya mineral ini terbentuk dari oksidasi mineral sulfida pada batubara terutama bila berhubungan dengan udara luar dalam waktu lama (Annisa, 2016).

Mineral karbonat yang biasa ditemukan pada batubara terdiri dari 4 (empat) spesies yaitu: *calcite* (CaCO_3), *siderite* (FeCO_3), dolomite (Ca, Mg CO_3), dan ankerit (CaMgFe CO_3). Mineral-mineral ini dapat terbentuk baik pada fase *syngenetic* akhir maupun pada *epigenetic* (Diessel, 1992). Pada karbonat *syngenetic* umumnya terdapat dalam bentuk konkresi sferoidal *fulsinite* dan *semifulsinite*. *Siderite* yang terbentuk dalam kondisi reduksi dapat dianggap sebagai karbonat primer, sedangkan kalsit ini dapat terbentuk baik dalam lingkungan air tawar dan dolomit merupakan indikasi lingkungan pengendapan laut (Stach dkk, 1982).

Mineral silika yang dominan ditemukan pada batubara adalah *quartz*. Ada beberapa perbedaan antara butir *quartz* klastik yang terbawa oleh angin atau air dan *quartz* authigenik yang diendapkan di larutan. *Quartz* merupakan komponen utama dari pelapisan lempung dan batulempung di batubara yang berasal dari detrital (Speight, 2005).

2.5 Deashing Batubara

Abu batubara adalah sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf dan abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran. Dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (boiler) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Komposisi abu batubara yang dihasilkan terdiri dari 10-20% abu dasar, sedang sisanya sekitar 80-90% berupa abu terbang (Nursanto, 2011).

Fly ash merupakan padatan dari sisa pembakaran batubara yang terbawa bersama gas buang dan ditangkap oleh alat pengendali udara. Abu terbang (*fly ash*) mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan Karbon. Di Indonesia, abu terbang (*fly ash*) batubara yang dihasilkan dari PLTU banyak yang sudah dimanfaatkan sebagai campuran bahan baku semen atau sebagai campuran bahan konstruksi seperti beton (Wardhani, 2012).

Bottom ash batubara merupakan bahan buangan dari proses pembakaran batubara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada *fly ash*, sehingga *Bottom ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (boiler) dan terkumpul pada penampung debu (*ash hopper*) lalu

dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai sebagai bahan tambahan pada pengerasan jalan. Komposisi kimia dari *Bottom ash* sebagian besar tersusun dari unsur-unsur Si, Al, Fe, Ca, serta Mg, S, Na, dan unsur kimia lain. Kandungan silikat dan alumina yang terkandung dalam *Bottom ash* ini bersifat aktif karena dapat bereaksi dengan komponen lain (Kinasti dkk, 2018).

Menurut PP. 18 tahun 1999 juncto PP 85 tahun 1999 abu terbang (*fly ash*) digolongkan sebagai limbah B-3 (bahan berbahaya dan beracun) dengan kode limbah d 223 dengan bahan pencemar utama adalah logam berat, yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Bapedal, 1999). Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 yang mengatakan dampak *bottom ash* tergolong berbahaya karena bila terhirup secara berkala dapat menyebabkan masalah pernapasan serius. Bila dilewati hujan, air rembesan akan mencemari lingkungan karena bersifat asam dan merusak kesuburan tanah (Notodisuryo, 2017). Abu pada batubara dapat menurunkan efisiensi pembakaran boiler dan menyebabkan efek kerusakan lainnya. Penanganan abu dan pembuangan abu juga menjadi masalah. Oleh karena itu, perlu menghilangkan pengotor pada batubara sebelum batubara tersebut dimanfaatkan (Mukherjee dkk, 2001).

Deashing batubara dapat dicapai dengan metode fisika, biologi, dan kimia. Efektifitas dari metode yang berbeda tergantung tujuan pada struktur dan komposisi mineral serta asosiasinya dalam batubara (Mukherjee dkk, 2003). Salah satu proses penurunan kadar abu dengan metode fisika yaitu *magnetic separation* dengan proses pemisahan magnet dilakukan atas perbedaan muatan listrik (paramagnetik) bahan dalam campuran. Mineral *pyrite* (FeS_2) memiliki sifat paramagnetik, dapat melekat pada magnet sehingga dapat dipisahkan dari campuran batubara. Metode ini sangat sederhana, sebab tidak memerlukan bahan-bahan aditif dan pereaksi kimia, hanya membutuhkan *power* untuk menggerakkan magnet dan mengalirkan bahan batubara. Namun metode ini agak sulit mereduksi abu batubara khususnya jenis abu yang

mengandung logam-logam diamagnetik sehingga *fixed carbon* dan nilai kalor sulit dipertahankan.

Metode biologi menggunakan campuran kultur alga dan bakteri yang mempunyai kemampuan untuk mengoksidasi sulfur dan abu dalam batubara. Ada tiga jenis bakteri yang biasa digunakan untuk bioksidasi yaitu *Mesophiles* (*Thiobacillus Ferrooxidans*), *Thermophiles* dan *Exterm Thermophiles* (*Acidanius Brierleyi* dan *Metallosphaera Sedula*). Metode biologi membutuhkan waktu yang cukup lama karena menggunakan bakteri dalam mengoksidasi abu pada batubara (Marthen, 2014). Metode kimia melibatkan pengolahan dengan bahan kimia yang berbeda yang efektif dalam menghilangkan pengotornya, yang tersebar halus dan terikat kuat pada batubara (Mukherjee dkk, 2003).

Abu pada batubara diekstraksi ketika dipanaskan atau diaduk dalam larutan asam atau alkali (Xia dan Xie, 2015). *Deashing* batubara dapat dicapai dengan menggunakan agen asam atau basa. Larutan seperti NaOH, KOH, Ca(OH)₂, atau larutan asam seperti HF, HCl, H₂SO₄, HNO₃, serta H₂O₂ dan kombinasi dari semua bahan kimia ini dicoba untuk menghilangkan mineral yang tidak diinginkan. Jenis reagen harus dipilih dengan tujuan dari *deashing* yang efektif (Meshram dkk, 2015).

Penelitian terdahulu mengenai *deashing* batubara telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Mukherjee dkk (2001) telah melakukan penelitian dimana waktu pencucian yang digunakan adalah 4 jam, suhu 25°C, dan konsentrasi larutan hidrogen peroksida 2,5%; 5%; 10%; dan 15% dengan presentasi penurunan abu masing-masing adalah 17,2%; 17,9%; 18,6%; dan 19,9%.

E.Ahnonkitpanit dan P.Prasassarakich (1988) melakukan penelitian dengan kondisi yang digunakan adalah pada konsentrasi H₂O₂ 15% dalam 0,1N H₂SO₄, waktu 2 jam, dan variasi suhu yang digunakan 15°C, 25°C, 30°C, dan 40°C dengan presentasi penurunan abu masing-masing adalah 62,5%; 69,6%; 71,4%; dan 72,0%.