

# **SKRIPSI**

## **STUDI PENURUNAN KADAR ABU DAN SULFUR BATUBARA DENGAN METODE AGLOMERASI MINYAK MENGUNAKAN OLI BEKAS**

(Studi Kasus Batubara Paluda, Desa Patappa, Kecamatan Pujananting,  
Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan)

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUH. ZUHAL JAYA**

**D111171514**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**STUDI PENURUNAN KADAR ABU DAN SULFUR BATUBARA  
DENGAN METODE AGLOMERASI MINYAK  
MENGUNAKAN OLI BEKAS**

(Studi Kasus Batubara Palluda, Desa Patappa, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru,  
Provinsi Sulawesi Selatan)

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUH. ZUHAL JAYA**

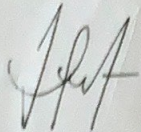
**D111171514**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi  
Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 2 Februari 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Sufriadin, ST., MT.

NIP. 19660817 200012 1 001

Pembimbing Pendamping,



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

NIP. 19710101 201212 1 001

PLT Ketua Program Studi,



Dr. Anril Alhadad Ilham, S.T., M.IT.

NIP. 19731010 199802 1 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Zuhul Jaya  
NIM : D111171514  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

STUDI PENURUNAN KADAR ABU DAN SULFUR BATUBARA DENGAN METODE  
AGLOMERASI MINYAK MENGGUNAKAN OLI BEKAS (Studi Kasus Batubara Palluda,  
Desa Patappa, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi  
Selatan)

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan 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 hasil skripsi ini merupakan hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 2 Februari 2023

Yang menyatakan,



Muh. Zuhul Jaya

## ABSTRAK

Kualitas batubara Sulawesi Selatan tepatnya di lapisan batubara Paluda Kabupaten Barru yang menjadi lokasi penelitian ini diketahui masih tergolong rendah karena kandungan sulfur dan abu yang tinggi, sehingga batubara Paluda dianggap tidak dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan industri. Oleh karena itu, perlu dilakukan penurunan kandungan abu dan total sulfur batubara Paluda dengan menggunakan metode aglomerasi minyak. Sampel awal dianalisis proksimat serta analisis total sulfur. Aglomerasi minyak dilakukan dengan menggunakan oli bekas sebagai media pemisah mineral pengotor pada batubara dengan variabel perbandingan volume oli bekas dan volume akuades serta ukuran partikel pada kondisi yang telah ditentukan. Hasil analisis proksimat dan total sulfur menunjukkan bahwa batubara Paluda memiliki kandungan abu dan total sulfur awal masing-masing sebesar 8,79% dan 2,89%. Hasil analisis mikroskopis menunjukkan mineral lempung batubara Paluda diklasifikasikan sebagai tipe singenetik dan epigenetik sedangkan mineral pirit dan kuarsa diklasifikasikan sebagai tipe singenetik. Hasil percobaan aglomerasi menggunakan oli bekas menunjukkan penurunan abu maksimum 2,91% dengan persentase pengurangan abu 66,89% yang diperoleh dari percobaan menggunakan ukuran partikel 80 *mesh* serta oli bekas 5%. Sementara itu, penurunan total sulfur maksimum menjadi 1,63% dengan persentase pengurangan 43,60% yang diperoleh dari percobaan menggunakan ukuran partikel 65 *mesh* dan oli bekas 10%.

Kata Kunci: Batubara Paluda, aglomerasi, oli bekas, abu, sulfur

## **ABSTRACT**

*The quality of South Sulawesi coal, to be precise in the Paluda coal seam, Barru Regency, which is the location of this research, is known to be still relatively low due to its high sulfur and ash content, so that Paluda coal is considered unusable for industrial needs. Therefore, it is necessary to reduce the ash content and total sulfur of Paluda coal using the oil agglomeration method. Initial samples were analyzed proximately as well as total sulfur analysis. Oil agglomeration is carried out by using waste oil as a medium for separating mineral impurities in coal with a variable ratio of used oil volume and distilled water volume as well as particle size at predetermined conditions. Proximate and total sulfur analysis results show that Paluda coal has an initial ash and total sulfur content of 8.79% and 2.89%, respectively. The results of microscopic analysis show that the clay minerals of Paluda coal are classified as syngenetic and epigenetic types, while pyrite and quartz minerals are classified as syngenetic types. The results of the agglomeration experiment using waste oil showed a maximum ash reduction of 2.91% with an ash reduction percentage of 66.89% obtained from experiments using a particle size of 80 mesh and 5% waste oil. Meanwhile, the maximum reduction in total sulfur was 1.63% with a reduction percentage of 43.60% obtained from an experiment using a particle size of 65 mesh and 10% waste oil.*

*Keywords: Paluda coal, agglomeration, waste oil, ash, sulfur*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala*, Tuhan Yang Maha Esa karena telah melimpahkan berkat, rahmat, serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Studi Penurunan Kandungan Abu dan Sulfur Batubara Paluda dengan Metode Aglomerasi Minyak Menggunakan Oli Bekas". Shalawat serta salam tak lupa pula diberikan kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad *Sallallahu Alaihi Wasallam*, nabi yang telah membawa kita dari alam yang gelap menuju alam yang terang dan nabi yang menjadi tauladan bagi seluruh umat muslim di dunia.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S1) pada Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari berbagai kendala, namun berkat arahan, bimbingan, motivasi, dan doa dari berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Melalui tulisan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Asran Ilyas, S.T, M.T, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Sufriadin, S.T, M.T dan Bapak Dr. Phil. nat. Sri Widodo, S.T, M.T selaku pembimbing utama dan pembimbing pendamping yang telah membimbing penulis dalam berbagai tahapan dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen di Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membimbing penulis sepanjang tahun akademik.

Pertama, penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih serta penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak Martin Jaya dan Ibu Idaria M. Jaya selaku orang tua yang senantiasa memberikan dukungan, doa, kritik, serta cinta yang

tulus dan tidak ada habisnya sehingga penulis sampai pada titik sekarang ini. Penulis bersyukur juga mengucapkan terima kasih kepada Irda Febriyanti Yasir selaku *partner* yang selalu membantu, mendukung, dan mendoakan serta menemani penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih kepada Kanda Akmal Saputno yang telah banyak membantu penulis dalam segala tahapan penelitian. Penulis sangat berterima kasih kepada PERMATA FT-UH dan UKM BOLA BASKET UNHAS yang telah menjadi wadah bagi penulis untuk mengembangkan potensi dirinya dan mengasah dirinya serta keluarga besar CONTINUITY 17 selaku teman dan saudara seperjuangan penulis karena telah memberikan dukungan dalam melewati masa-masa akademik. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada Muhammad Nusul, Muh. Rifaldy Maulana M., Muh. Murfal Ilyas, Muh. Nurwan Fauzan, A. Astri Citra Syahputri, Annisa Ainun Lestari, Reynaldi Ishaka, dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tidak ada yang sempurna karena kesempurnaan hanya milik Allah *Subhanahu Wata'ala*. Oleh Karena itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan ataupun kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan sebagai referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Semoga Allah *Subhanahu Wata'ala* melimpahkan rahmat dan ridho-Nya kepada kita semua.

Makassar, Februari 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian .....	5
1.6 Lokasi Penelitian .....	6
BAB II KLASIFIKASI BATUBARA, BENEFISIASI BATUBARA DAN METODE AGLOMERASI .....	8
2.1 Batubara .....	8
2.2 Klasifikasi Batubara .....	10
2.3 Mineral <i>Matter</i> pada Batubara.....	14
2.4 Sulfur Batubara.....	17



2.5	Parameter Kualitas Batubara .....	19
2.6	Benefisiasi Batubara .....	21
2.7	Aglomerasi Minyak Batubara .....	24
2.8	Oli Bekas.....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>30</b>
3.1	Persiapan .....	30
3.2	Pengambilan Sampel .....	30
3.3	Preparasi Sampel .....	30
3.4	Aglomerasi Minyak menggunakan Oli Bekas.....	35
3.5	Analisis Sampel Batubara .....	44
3.6	Bagan Alir Penelitian.....	50
<b>BAB IV PENURUNAN KANDUNGAN ABU DAN SULFUR BATUBARA DENGAN METODE AGLOMERASI MINYAK .....</b>		<b>51</b>
4.1	Karakteristik Batubara Paluda .....	51
4.2	Pengaruh Perubahan Proporsi Oli Bekas Terhadap Penurunan Kandungan Abu dan Sulfur Batubara .....	55
4.3	Pengaruh Perubahan Ukuran Partikel Terhadap Penurunan Kandungan Abu dan Sulfur Batubara .....	63
4.4	Hasil Agglomerasi Batubara Menggunakan Oli Bekas .....	72
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>74</b>
5.1	Kesimpulan.....	74
5.2	Saran.....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>76</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Lokasi Penelitian .....	7
2.1 Tahap Pembentukan Batubara.....	10
2.2 Rank Batubara (Sukandarrumidi, 1995) .....	13
2.3 Klasifikasi teknologi benefisiari untuk batubara peringkat rendah .....	22
2.4 Pembasahan partikel batubara oleh minyak didalam air .....	26
2.5 Minyak menghubungkan partikel agar menyatu menjadi aglomerat .....	26
3.1 Pengeringan Batubara di dalam Ruangan .....	31
3.2 Peremukan Primer menggunakan <i>Jaw Crusher</i> .....	32
3.3 Peremukan Sekunder menggunakan <i>Roll Crusher</i> .....	33
3.4 Penggerusan menggunakan Mortar Besi .....	34
3.5 Proses Pengayakan Sampel Batubara .....	35
3.6 Bahan yang digunakan: (a) Oli Bekas; (b) Kertas Saring; (c) Methanol; (d) Sampel Batubara; (e) Plastik C-Tik; (f) Akuades.....	36
3.7 Alat yang digunakan: (a) <i>Buchner</i> ; (b) Spatula; (c) Neraca Analitik; (d) <i>Smartphone</i> ; (e) <i>Magnetic Stirrer Hotplate</i> ; (f) Ayakan 40 <i>Mesh</i> ; (g) Labu Ukur; (h) Ember; (i) Gelas <i>Beaker</i> ; (j) Batang Pengaduk; (k) Alumunium Foil; (l) Labu Erlenmeyer; (m) Oven .....	39
3.8 Pengadukan suspensi batubara selama 5 menit.....	41
3.9 Penambahan oli bekas pada suspensi batubara .....	42
3.10 Proses pembilasan dan penyaringan aglomerat batubara .....	42
3.11 Proses <i>deoilng</i> aglomerat batubara .....	43
3.12 Bagan Alir Penelitian .....	50
4.1 Fotomikrograf mineral pada sampel batubara Paluda.....	52
4.2 Grafik Penurunan Kandungan Abu pada Ukuran Partikel Batubara 40 <i>Mesh</i> .....	56
4.3 Grafik Penurunan Total Sulfur pada Ukuran Partikel Batubara 40 <i>Mesh</i> .....	57
4.4 Grafik Penurunan Kandungan Abu pada Ukuran Partikel Batubara 65 <i>Mesh</i> .....	59
4.5 Grafik Penurunan Total Sulfur pada Ukuran Partikel Batubara 65 <i>Mesh</i> .....	60
4.6 Grafik Penurunan Kandungan Abu pada Ukuran Partikel Batubara 80 <i>Mesh</i> .....	62
4.7 Grafik Penurunan Total Sulfur pada Ukuran Partikel Batubara 80 <i>Mesh</i> .....	63
4.8 Grafik Penurunan Kandungan Abu pada Pemberian Oli Bekas 5% .....	64
4.9 Grafik Penurunan Total Sulfur pada Pemberian Oli Bekas 5% .....	66

4.10 Grafik Penurunan Kandungan Abu pada Pemberian Oli Bekas 10% .....	67
4.11 Grafik Penurunan Total Sulfur pada Pemberian Oli Bekas 10%.....	69
4.12 Grafik Penurunan Kandungan Abu pada Pemberian Oli Bekas 15% .....	70
4.13 Grafik Penurunan Total Sulfur pada Pemberian Oli Bekas 15%.....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Sifat Fisika-Kimia Oli Bekas .....	29
4.1 Hasil Analisis Kualitas Batubara Paluda .....	53
4.2 Hasil Penurunan Kandungan Abu dan Sulfur Batubara yang telah di Aglomerasi ..	73

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A PERHITUNGAN HASIL ANALISIS PROKSIMAT.....	81
B VARIABEL EKSPERIMEN.....	86
C PERHITUNGAN HASIL BATUBARA, PERSENTASE PENGURANGAN ABU DAN TOTAL SULFUR.....	88
D HASIL ANALISIS TOTAL SULFUR .....	95
E KARTU KONSULTASI TUGAS AKHIR .....	102

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia tercatat sebagai salah satu negara penghasil batubara terbesar di dunia. Bersama Tiongkok dan Australia, Indonesia menjadi negara yang memiliki cadangan batubara terbesar di kawasan Asia-Pasifik. Total cadangan batubara Indonesia terhadap seluruh dunia adalah 3,7%. Dari aspek produksi, pada tahun 2019 Indonesia menyumbang 9% produksi batubara dunia dengan konsumsi batubara hanya 2,2% terhadap konsumsi batubara dunia. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan batubara di dalam negeri untuk keperluan energi dan non-energi memiliki peluang pemanfaatan yang sangat besar di masa mendatang mengingat konsumsi batubara dalam negeri masih jauh lebih kecil dibandingkan kapasitas produksi batubara Indonesia (Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, 2021).

Provinsi Sulawesi Selatan merupakan salah satu daerah di pulau Sulawesi dimana dapat ditemukan konsentrasi batubara. Kualitas batubara Sulawesi Selatan tepatnya di lapisan batubara Paluda Kabupaten Barru yang menjadi lokasi penelitian ini diketahui masih tergolong rendah karena kandungan sulfur dan abu yang tinggi, sehingga batubara Paluda dianggap tidak dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan industri (Andika dkk, 2017). Beberapa peneliti (Widodo *et. al.*, 2016; Malaidji *et. al.*, 2018) telah meneliti batubara Paluda untuk melihat kualitas dan potensi pemanfaatannya. Hasil investigasi menunjukkan bahwa batubara Paluda memiliki kandungan air yang melekat pada kisaran 1,67 – 2,27%, kandungan abu 7,61 – 37,81%, sulfur total 1,08 – 5,37%, nilai kalor 4139 – 7,730 Kkal/Kg, dan dapat diklasifikasikan sebagai batubara peringkat rendah hingga peringkat tinggi (lignit hingga bituminus). Berdasarkan data tersebut,



batubara Paluda tidak layak untuk dimanfaatkan dalam skala industri karena kandungan abu dan sulfur total yang tinggi (Lestari dkk, 2016). Oleh karena itu, batubara Paluda dapat dijadikan sebagai objek dalam mengembangkan penelitian mengenai penurunan kandungan abu dan sulfur batubara.

Abu pada batubara (*coal ash*) didefinisikan sebagai zat anorganik yang tertinggal setelah sampel batubara dibakar (*incineration*) dalam kondisi standar sampai diperoleh berat yang tetap. Terdapat sejumlah elemen yang berpotensi menjadi racun yang ditemukan pada abu terbang (*fly ash*), kandungan abu pada batubara berkisar 5% hingga 30%. Sulfur yang terdapat dalam bahan bakar apabila dioksidasi akan menghasilkan gas sulfur dioksida. Gas ini sangat reaktif dan segera membentuk asam sulfat bila bereaksi dengan air yang kemudian turun sebagai hujan asam (Widodo dkk, 2019). Penurunan kandungan abu dan sulfur batubara dapat dilakukan melalui beberapa metode benefisiasi yang saat ini sedang berkembang antara lain metode fisika, pencucian kimia, metode fisika-kimia, dan bio-benefisiasi. Semua metode memiliki kelebihan dan kekurangan yang melekat (Behera *et. al.*, 2018; Dhawan *and* Sharma, 2019). Aglomerasi minyak adalah pendekatan alternatif untuk membersihkan batubara peringkat rendah atau batubara dengan kandungan abu dan sulfur tinggi yang sulit dipisahkan (Kumar *et. al.*, 2014). Abu dan sulfur dari bahan anorganik pada batubara dapat dikurangi kandungannya dengan cara mencuci batubara tersebut, dan cara ini disebut metode aglomerasi. Aglomerasi minyak dapat digunakan untuk menghasilkan suatu padatan, produk kental yang digabung dari berbagai ukuran partikel batubara, yang disebut sebagai aglomerat (Nukman dan Poertadji, 2006). Efisiensi aglomerasi minyak batubara dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain distribusi ukuran partikel batubara, pH suspensi, konsentrasi suspensi batubara-air, jenis dan proporsi minyak, waktu aglomerasi, dan kecepatan agitasi (Duzyol, 2015). Meskipun aglomerasi minyak memiliki manfaat, seperti perolehan yang tinggi, produk

yang lebih bersih, kesesuaian untuk batubara teroksidasi, dan tahap *dewatering* yang sederhana dan murah, namun belum diterapkan dalam skala komersial karena biaya minyak yang cukup tinggi (Yavuz *and* Uslu, 2015). Oleh karena itu dibutuhkan minyak yang dapat digunakan sebagai media dalam membersihkan batubara dengan metode aglomerasi.

Penggunaan minyak pelumas yang semakin meningkat tiap tahunnya, maka limbah yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Limbah dari minyak pelumas termasuk kedalam limbah B3 yang perlu mendapatkan penanganan khusus. Sejalan dengan perkembangan kota dan daerah, volume oli bekas terus meningkat seiring dengan penambahan jumlah kendaraan bermotor dan mesin-mesin bermotor. Di daerah pedesaan sekalipun, sudah bisa ditemukan bengkel-bengkel kecil, yang salah satu limbahnya adalah oli bekas. Dengan kata lain, penyebaran oli bekas sudah sangat luas dari kota besar sampai ke wilayah pedesaan diseluruh Indonesia (Azharuddin dkk, 2020). Berdasarkan hal tersebut oli bekas dapat digunakan sebagai media dalam membersihkan batubara dengan metode aglomerasi dikarenakan biaya yang jauh lebih murah dibandingkan dengan menggunakan oli baru serta keberadaan dari oli bekas yang mudah ditemukan.

Mempertimbangkan pernyataan diatas, untuk mengurangi kandungan abu dan sulfur pada batubara Paluda maka dilakukan pembersihan batubara dengan metode aglomerasi minyak menggunakan oli bekas sebagai media pemisah. Efek ukuran partikel batubara dan pemberian oli bekas yang dianggap sebagai parameter penting divariasikan untuk mengukur efisiensi metode tersebut dan efektivitas oli bekas yang digunakan. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi panduan untuk penggunaan aglomerasi secara komersial, dan penggunaan kembali limbah oli.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas batubara Paluda?
2. Bagaimana perubahan kandungan abu batubara Paluda setelah proses aglomerasi menggunakan oli bekas?
3. Bagaimana perubahan kandungan sulfur batubara Paluda setelah proses aglomerasi menggunakan oli bekas?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang dilakukannya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas awal dari batubara Paluda
2. Menganalisis persentase pengurangan kandungan abu batubara Paluda yang dihasilkan dari proses aglomerasi menggunakan oli bekas.
3. Menganalisis persentase pengurangan total sulfur batubara Paluda yang dihasilkan dari proses aglomerasi menggunakan oli bekas.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini juga memberikan informasi mengenai pengaruh ukuran partikel dan pemberian oli bekas pada percobaan aglomerasi menggunakan oli bekas terhadap penurunan kadar abu dan sulfur total yang dapat dijadikan acuan bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan penelitian ini. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memanfaatkan limbah oli yang tidak terpakai lagi, sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif dalam pemenuhan kebutuhan industri yang bernilai ekonomis.

## 1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### 1. Tahap 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. Tahap Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan kajian yang ditinjau melalui buku, jurnal penelitian, artikel ataupun referensi lain yang berkaitan dengan topik penelitian.

### 3. Tahap Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di daerah Desa Patappa, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan dengan metode *channel sampling*.

### 4. Tahap 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 ruangan, penggerusan dengan menggunakan mortar, dan pengayakan. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian, Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin;

### 5. Tahap Penelitian dan Eksperimen

Sampel yang telah dipreparasi kemudian dianalisis menggunakan metode analisis proksimat, analisis, mikroskopis dan analisis total sulfur. Selanjutnya dilakukan eksperimen dengan metode aglomerasi minyak menggunakan oli

bekas. Kemudian dilakukan kembali analisis total sulfur serta analisis kandungan abu untuk mengetahui kandungan abu dan sulfur batubara setelah dilakukan aglomerasi.

6. Tahap 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 metode aglomerasi minyak menggunakan oli bekas, dibandingkan dengan data hasil analisis kualitas akhir yaitu setelah dilakukan aglomerasi batubara.

7. Tahap Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penyusunan laporan tugas akhir merupakan tahapan akhir dalam rangkaian kegiatan penelitian, yakni secara keseluruhan data yang telah dikumpulkan, diolah dan dianalisis, kemudian dituangkan dalam bentuk laporan akhir penelitian. Laporan ini disusun secara sistematis sesuai dengan aturan penulisan tugas akhir yang telah ditetapkan pada Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

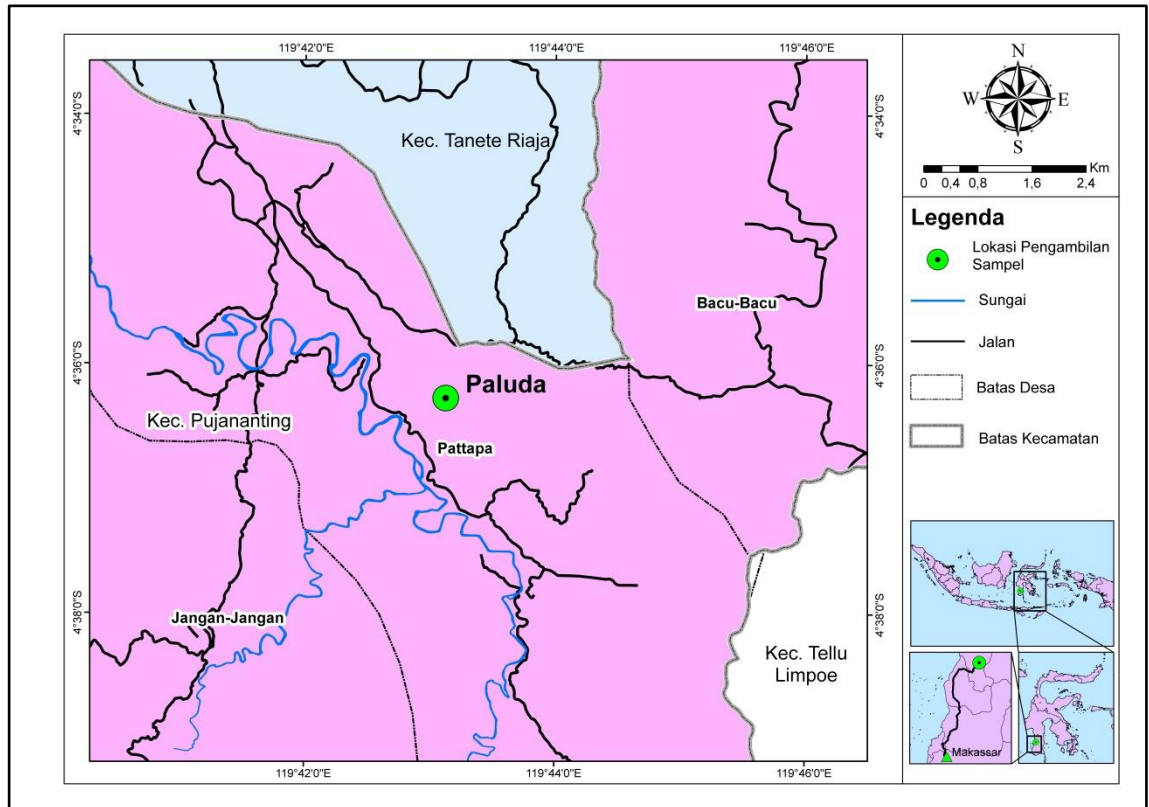
8. Tahap Seminar dan Penyerahan Laporan Tugas Akhir

Laporan hasil penelitian akan dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian akhir sarjana. Melalui kegiatan ini akan diperoleh masukan dan berbagai saran untuk perbaikan dan penyempurnaan laporan dari dosen penguji, pembimbing maupun peserta seminar. Laporan yang telah direvisi selanjutnya diserahkan ke perpustakaan Program Studi Teknik Pertambangan.

## **1.6 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang secara umum dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian, Departemen Teknik

Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Namun, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan di beberapa tempat yang berbeda. Tahapan ini meliputi analisis total sulfur yang dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Analisis, Graha Sucofindo, Makassar.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan sampel batubara Paluda yang secara administratif berada di Desa Patappa, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi pengambilan sampel batubara dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda empat dalam waktu  $\pm 3$  jam. Lokasi pengambilan sampel batubara secara astronomis terletak pada koordinat  $4^{\circ}36'16,3''$ LS dan  $119^{\circ}43'7,4''$ BT. Lokasi pengambilan sampel batubara dapat dilihat pada Gambar 1.1.



## **BAB II**

### **KLASIFIKASI BATUBARA, BENEFISIASI BATUBARA DAN METODE AGLOMERASI**

#### **2.1 Batubara**

Batubara merupakan batuan sedimen yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan atau bahan-bahan organik, berwarna coklat 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 dkk, 2010).

Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap yaitu tahap biokimia (penggambutan) dan tahap geokimia (pembatubaraan). Berikut uraian tahapan pembentukan batubara (Stach *et al*, 1982):

1. Tahap Penggambutan

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

CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan NH<sub>3</sub> untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut.

## 2. Tahap Pembatubaraan

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 presentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub-bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit hingga meta antrasit. Meningkatnya peringkat batubara dari lignit hingga berubah menjadi subbituminous dan antrasit disebabkan oleh kombinasi antara proses fisika dan kimia serta aktifitas biologi.

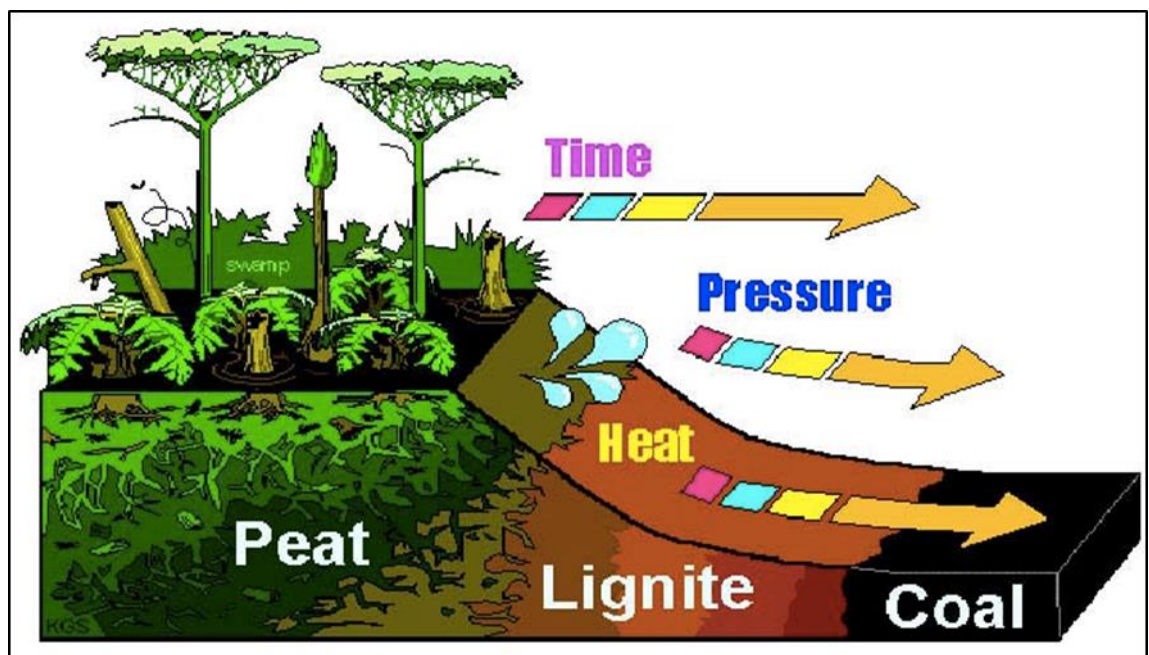
Terbentuknya batubara selalu dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama (puluhan sampai ratusan juta tahun) di bawah pengaruh fisika, kimia ataupun juga dipengaruhi oleh proses-proses geologi. Terdapat dua teori mengenai tempat terbentuknya batubara yaitu teori insitu dan teori drift yang diuraikan sebagai berikut (Sukandarrumidi, 1995):

### 1. Teori Insitu

Teori insitu menyatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuk di tempat dimana tumbuhan asal itu berada. Setelah tumbuhan itu mati dan belum mengalami transportasi, segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses pembatubaraan (*coalification*). Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran luas dan merata serta kualitasnya lebih baik karena kandungan abunya relatif kecil.

### 2. Teori *Drift*

Teori *drift* menyatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tumbuhan semula hidup dan berkembang. Tumbuhan yang telah mati diangkut oleh media air dan berakumulasi di suatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami proses pembatubaraan (*coalification*). Jenis batubara yang terbentuk dengan cara teori *drift* mempunyai penyebaran yang tidak luas, tetapi dijumpai di beberapa tempat. Kualitas batubara yang terbentuk dengan cara ini kurang baik karena banyak mengandung material pengotor yang terangkut bersama selama proses pengangkutan dari tempat asal tumbuhan ke tempat sedimentasi.



Gambar 2.1 Tahap Pembentukan Batubara

## 2.2 Klasifikasi Batubara

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang penting, berupa lapisan batuan sedimen organik yang padat dan heterogen. Oleh karena itu sifatnya yang heterogen ini maka batubara mempunyai kualitas yang berbeda-beda meskipun tempat terbentuk terdapat pada satu tempat. Tingkat temperatur dan penekanan yang

dialami dalam suatu lingkungan pengendapan lapisan batubara tidaklah sama, ini adalah salah satu penyebab berbedanya kualitas batubara yang dihasilkan. Perbedaan kualitas batubara tersebut diklasifikasikan berdasarkan perbandingan kandungan air, *mineral matter*, karbon tetap, dan berdasarkan nilai kalorinya. Hasil penambangan batubara pada umumnya menunjukkan peringkat yang berbeda-beda, dari paling tinggi hingga paling rendah. Batubara yang memiliki tingkatan paling tinggi dapat dimanfaatkan secara langsung oleh konsumen, akan tetapi untuk batubara peringkat rendah harus ditingkatkan melalui suatu proses tertentu agar sesuai dengan permintaan konsumen (Putri dan Fadhillah, 2020).

Tujuan dari sistem klasifikasi batubara adalah untuk membedakan batubara menurut sifat fisik dan kimianya yang kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan nilai (ekonomi) batubara untuk tujuan pemanfaatan yang berbeda. Klasifikasi batubara juga memberikan informasi tentang sifat batubara tertentu yang dapat digunakan sebagai nilai *cut-off* untuk estimasi sumber daya dan cadangan batubara (misalnya hasil abu, nilai kalor dan kandungan sulfur total). Batubara dapat diklasifikasikan menurut sifat ilmiah yang berbeda, misalnya komposisi unsur dan sifat fisik dan kimia atau menurut sifat komersial yang mengontrol nilai pasar batubara untuk tujuan pemanfaatan batubara seperti pembakaran atau karbonisasi misal sifat kokas atau caking, nilai kalor, daya tahan, *grindability*, kandungan air, dan lain-lain (Muchjidin, 2006).

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

kandungan zat terbang hingga 32%. Lewat dari angka ini, terdapat perbedaan yang cukup besar antara satu dengan yang lainnya, sehingga umumnya diambil nilai acuan tambahan berupa kandungan air (*moisture*), nilai kalori dan sebagainya. Berdasarkan dari mutu atau tingkatannya batubara dikelompokkan menjadi (WCI, 2005):

1. Antrasit

Antrasit adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilau (luster) matalik, mengandung antara 86% - 98% unsur Karbon (C) dengan kandungan air kurang dari 8%. Golongan ini berwarna hitam, keras, kilap tinggi. Pada proses pembakaran memperlihatkan warna biru dengan derajat pemanasan yang tinggi. Digunakan untuk berbagai macam industri besar yang memerlukan temperatur tinggi.

2. Bituminus

Bituminus mengandung 68% - 86% unsur Karbon (C) dan berkandungan air 8-10% dari beratnya. Kelas batubara yang paling banyak di tambang di Indonesia, tersebar di pulau Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Bituminous merupakan mineral padat, berwarna hitam dan kadang coklat tua, rapuh (*brittle*) dengan membentuk bongkah-bongkah prismatic berlapis dan tidak mengeluarkan gas dan air bila dikeringkan sering digunakan untuk kepentingan transportasi dan industri serta untuk pembangkit listrik tenaga uap.

3. Sub-Bituminus

Sub-bituminus mengandung sedikit Karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus. Golongan ini memperlihatkan ciri-ciri tertentu yaitu warna yang kehitam-hitaman dan sudah mengandung lilin. Endapan ini dapat digunakan untuk pemanfaatan pembakaran yang cukup dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi. Sub-bituminus umum digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga uap.

Sub-bituminus juga merupakan sumber bahan baku yang penting dalam pembuatan hidrokarbon aromatis dalam industri kimia sintetis.

#### 4. Lignit

Lignit adalah batubara yang berwarna hitam dan memiliki tekstur seperti kayu dengan brown coal. Kandungan air sekitar 35% - 75%. Lignit sering disebut juga *brown-coal*, golongan ini sudah memperlihatkan proses selanjutnya berupa struktur kekar dan gejala pelapisan. Apabila dikeringkan, maka gas dan airnya akan keluar. Endapan ini bisa dimanfaatkan secara terbatas untuk kepentingan yang bersifat sederhana, karena panas yang dikeluarkan sangat rendah sehingga seringkali digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik.

#### 5. Gambut

Gambut adalah batuan sedimen organik yang terbakar, berasal dari tumpukan, hancuran, atau bagian dari tumbuhan yang terhumidifikasi dalam kondisi tertutup udara, tidak padat, kandungan air lebih dari 75%, dan kandungan mineral lebih kecil dari 50% dalam kondisi kering. Golongan ini sebenarnya termasuk jenis batubara, tapi merupakan bahan bakar. Hal ini disebabkan karena masih merupakan fase awal dari proses pembentukan batubara. Endapan ini masih memperlihatkan sifat awal dari bahan dasarnya (tumbuh-tumbuhan). Jenis-jenis batubara dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Rank Batubara (Sukandarrumidi, 1995)



### 2.3 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 sulfur) 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 sulfur hadir dalam sulfida dan sulfat (Speight, 2015).

Menurut Stach *et. al.*, (1982), material anorganik dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan asalnya:

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

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 yang kemudian terbawa masuk ke dalam cekungan pengendapan batubara melalui air atau angin dan di sebut *extraneous* atau *adventitious mineral matter*. Material organik di dalam batubara terbagi menjadi tiga kategori menurut pembentuknya yaitu (Taylor *et al.*, 1998):

1. *Syngenetic anorganic matter*, merupakan material anorganik yang berasal dari tumbuhan pembentuk batubara.
2. *Syngenetic inorganic/organic complexes*, Material anorganik yang terbentuk selama tahap awal penggabutan, berasal dari luar yang terbawa oleh air atau angin kedalam gambut. Contoh: Mineral zirkon ( $ZrSiO_4$ ) dan pertukaran hidrogen dalam karbonat menjadi kalsium karbonat.
3. *Epigenetic minerals*, Terbentuk setelah proses konsolidasi batubara oleh kristalisasi dalam rekahan atau lubang atau oleh alterasi mineral yang terendapkan secara primer. Contoh: pirit dan mineral karbonat.

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 dapat disebut *extraneous* atau *adventitious mineral matter* (Speight, 1994).

Berdasarkan asal pembentukannya terdapat 2 bentuk mineral matter yang terdapat dalam batubara, yaitu (Daulay *et. al.*, 2012):

1. *Inherent mineral matter*, menyatu dengan batubara dan tidak dapat dipisahkan, terbentuk dari unsur kimia yang ada pada tumbuh-tumbuhan asal pembentuk batubara.
2. *Extraneous mineral matter*, material pembentuk abu yang berasal di luar tumbuh-tumbuhan asal pembentuk batubara yang mengendap dan masuk dalam rekahan-rekahan batubara setelah pembentukan batubara umumnya terdiri atas *slate, shale, sandstone* atau *limestone* dari mulai ukuran mikro sampai yang membentuk lapisan agak tebal.

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 pembatubaraan, dari proses penggambutan hingga proses pembatubaraan sebagai pengisi rekahan dalam batubara.

Mineral sulfida yang paling umum terdapat di batubara adalah pirit, markasit, dan *melnicovite-pyrite*. Pada kondisi tersebut, sebagian besar lapisan batubara mengandung *sphalerite*, galena, dan kalkopirit dalam jumlah kecil (Stach *et. al.*, 1982). Mineral pirit merupakan salah satu mineral sulfida yang sangat sering dijumpai di dalam batubara. Kehadiran mineral pirit sangat berpotensi menimbulkan masalah pada kegiatan penambangan dan pemanfaatan batubara. Terkhusus pada kegiatan penambangan, mineral pirit berpotensi menimbulkan air asam tambang (*acid mine drainage*) dan pada pemanfaatannya menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Widodo *et al.*, 2019).

Terdapat dua jenis pirit berdasarkan genesanya, pirit singenetik dan pirit epigenetik. Pirit singenetik adalah pirit yang terbentuk saat proses penggambutan sedangkan pirit epigenetik adalah pirit yang terbentuk setelah proses pembatubaraan. Mineral sulfat yang paling dominan terdapat pada batubara adalah bassanit dan gipsum. 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: kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), siderit ( $\text{FeCO}_3$ ), dolomit ( $\text{Ca,Mg} \text{ CO}_3$ ), dan ankerit ( $\text{CaMgFe} \text{ CO}_3$ ). Mineral-mineral ini dapat terbentuk baik pada fase singenetik akhir maupun pada epigenetik (Diessel, 1992). Pada karbonat singeneti umumnya terdapat dalam bentuk kongresi sferoidal fulsinit dan semifulsinit. Siderit yang terbentuk dalam kondisi reduksi dapat dianggap sebagai karbonat primer, sedangkan kalsit ini dapat

terbetuk baik dalam lingkungan air tawar dan dolomit merupakan indikasi lingkungan pengendapan laut (Stach *et. al.*, 1982).

## **2.4 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 pengangkutan serta dapat juga sebagai sulfur epygenetik yang dapat diamati sebagai pirit pengisi *cleat* pada batubara akibat proses presipitasi kimia pada akhir proses pembatubaraan (Speight, 2005).

Sulfur dalam bentuk senyawa anorganik dapat dijumpai dalam bentuk mineral pirit ( $\text{FeS}_2$  bentuk kristal kubus), markasit ( $\text{FeS}_2$  bentuk kristal ortorombik) atau dalam bentuk sulfat. Mineral pirit dan markasit sangat umum terbentuk pada kondisi sedimentasi rawa (reduktif). Sulfur organik terbentuk selama terjadinya proses pembatubaraan. Sulfur organik yang terdapat dalam batubara dapat dioksidasi membentuk sulfat. Keberadaan sulfur dalam batubara akan berpengaruh terhadap tingkat korosi sisi luar yang terjadi pada elemen pemanas udara, juga berpengaruh terhadap peralatan penangkapan abu. Adanya kandungan sulfur, baik dalam bentuk senyawa anorganik maupun di organik di atmosfer dipicu oleh keberadaan air hujan, mengakibatkan terbentuknya air asam (dalam dunia pertambangan batubara dikenal sebagai air asam tambang, dengan  $\text{pH} < 7$ ). Keberadaan sulfur pada abu terbang yang terlepas di atmosfer, dapat mengakibatkan hujan asam (Sukandarrumidi, 2006).

Bentuk utama sulfur dalam batubara adalah sulfur pirit, organik, dan sulfat. Sulfur piritik dan organik umumnya menyumbang sebagian besar sulfur dalam batubara. Sejumlah kecil sulfat terjadi pada batubara yang lapuk. Unsur sulfur dalam jumlah kecil hingga jejak juga terjadi pada batubara tetapi tidak selalu ditentukan

dalam analisis batubara rutin. Uraian ketiga jenis sulfur yang terkandung dalam batubara adalah sebagai berikut (Chou, 2012; Kuntaarsa dan Subagyo, 2020):

1. Sulfur pirit

Pirit dan markasit adalah mineral sulfida yang paling umum ditemukan dalam batubara. Kedua jenis mineral ini memiliki komposisi kimia yang sama ( $\text{FeS}_2$ ) tetapi berbeda dalam sistem kristalnya. Pirit berbentuk isometrik sedangkan markasit adalah ortorombik. Pirit ( $\text{FeS}_2$ ) merupakan mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara atau lebih dikenal dengan sulfur pirit. Berdasarkan asal-usulnya, pirit dalam batubara dibagi menjadi 2, yaitu:

- a. Pirit Singenetik

Pirit singenetik adalah pirit yang terbentuk selama proses penggabungan (*peatification*). Pirit jenis ini biasanya framboidal dengan butiran yang sangat halus dan terdispersi dalam bahan pembentuk batubara.

- b. Pirit Epigenetik

Pirit epigenetik adalah pirit yang terbentuk setelah proses batubara. Jenis pirit ini biasanya diendapkan pada sambungan, rekahan, dan cleat pada batubara serta biasanya bersifat masif.

2. Sulfur Organik

Sulfur organik merupakan unsur pada struktur makromolekul dalam batubara yang keberadaannya sebagian dikondisikan oleh kandungan unsur yang berasal dari bahan tumbuhan asli. Di bawah kondisi geokimia dan mikrobiologi khusus, sulfur anorganik dapat diubah menjadi sulfur organik. Sulfur organik dapat terakumulasi dari sejumlah bahan organik melalui proses penghancuran dan oksidasi biokimia. Namun secara umum, penghancuran biokimia merupakan proses terpenting dalam pembentukan sulfur organik, yang pembentukannya lebih lambat dalam lingkungan basah atau jenuh air.

## 2.5 Parameter Kualitas Batubara

Kualitas Batubara adalah sifat fisik dan kimia batubara yang mempengaruhi potensi pemanfaatannya yang ditentukan oleh maseral dan bahan mineral penyusunnya serta peringkat batubara tersebut. Secara umum untuk mengetahui kualitas batubara dilakukan analisa kimia pada batubara yang meliputi analisa proksimat dan analisa ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan air (*moisture content*), kandungan abu (*ash content*), zat terbang (*volatile matter*), dan karbon tetap (*fixed carbon*), sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur kimia dalam batubara seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, dan unsur tambahan dan langka dalam batubara (Muchjidin, 2006). Kualitas batubara ini diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang selain dilihat dari besar cadangan batubara di daerah penelitian (Firth, 1998).

### 2.4.1 Analisis Proksimat

Analisis batubara sangat penting dari sudut pandang pemilihan batubara untuk tujuan tertentu seperti pembakaran, karbonisasi, gasifikasi, dan pencairan. Analisis proksimat merupakan jenis analisis yang paling sering digunakan untuk mengkarakterisasi batubara dalam hal pemanfaatannya. Analisis proksimat menentukan kandungan air (*moisture content*), bahan yang mudah menguap (*volatile matter*), kandungan abu (*ash content*), dan karbon tetap (*fixed carbon*). Analisis proksimat mudah dilakukan dan dapat memberikan indikasi awal kualitas dan kesesuaian batubara untuk berbagai kegunaan. Analisis Proksimat juga menyediakan sarana untuk memberikan klasifikasi komersial. Berikut variabel-variabel yang menjadi parameter kualitas batubara dalam analisis proksimat (Rao and Gouricharan, 2016):

1. Total *Moisture (Moisture Content)*

Kandungan air (*total moisture*) adalah jumlah total kandungan air dari berbagai jenis yang terkandung dalam sampel batubara yang diambil. Pada prinsipnya, ini dihitung dari total kehilangan pra-pengeringan pada suhu  $<35^{\circ}\text{C}$  ditambah kehilangan berat pengeringan panas pada  $107\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Proses ini dilakukan selama 60 menit

Kandungan air dalam batubara dapat dibedakan menjadi dua jenis. Tipe pertama adalah inheren *moisture* atau residual *moisture*, yaitu air yang diserap ke dalam batubara pada saat batubara berada dalam kesetimbangan kelembaban dengan udara bebas. Jenis kedua adalah air permukaan (*surface moisture*) atau kelembaban higroskopis, yaitu air yang diserap dan melekat pada batubara melalui proses sekunder, misalnya dari air tanah, air untuk irigasi selama penambangan, air yang digunakan untuk penambangan hidrolik, air dalam proses persiapan batubara, air hujan, dan segera. Besarnya kandungan kedua jenis air tersebut dalam batubara disebut dengan kandungan air total.

## 2. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Jika batubara memiliki kandungan zat terbang (*volatile matter*) yang tinggi, sifat pengapian dan pembakarannya juga baik. Namun, ini juga membawa risiko pembakaran spontan yang tinggi. Sampel dimasukkan ke dalam cawan tertutup, kemudian sambil berusaha agar tidak bersentuhan dengan udara, sampel dipanaskan dalam waktu yang cukup singkat. Setelah itu kehilangan massa akibat pemanasan pada sampel dihitung berdasarkan persen (%) massa, kemudian nilai ini dikurangi dengan nilai kandungan air dari analisis kuantitatif yang dilakukan secara bersamaan. Hasilnya berupa zat terbang, yang terdiri dari zat-zat yang terlepas ke udara akibat proses pemanasan.

## 3. Kandungan Abu (*Ash Content*)

Kandungan abu didefinisikan sebagai berikut, ketika proses pengabuan awal (insinerasi, pembakaran menjadi abu), sulfur organik dan sulfur pirit dibakar menjadi sulfur oksida. Dengan terus memanaskan sambil mengontrol agar jumlah sulfat pada tingkat minimum selama pengabuan, dan penguraian karbonat yang lengkap, limbah anorganik yang terjadi selama sulfat tidak mengalami dekomposisi, ini disebut kandungan abu. Pada analisis yang sebenarnya, sampel batubara dibakar pada suhu  $815 \pm 10^\circ\text{C}$  dalam medium udara mengikuti pola kenaikan suhu yang telah ditentukan. Jumlah abu yang tersisa kemudian dihitung sebagai persen massa sampel. Inilah yang kemudian disebut sebagai kandungan abu (%).

#### 4. Karbon Tetap (*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*.

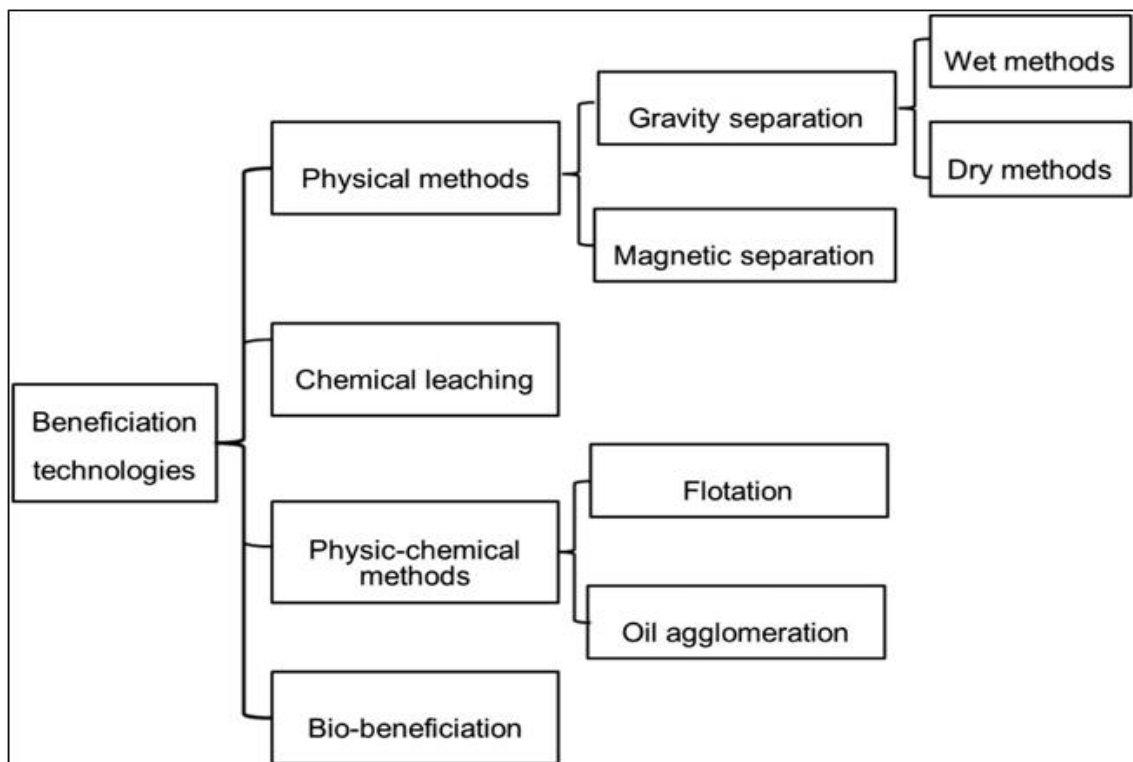
## 2.6 Benefisiasi Batubara

Benefisiasi batubara atau preparasi batubara seperti yang disebut, mengacu pada proses pemisahan mineral pengotor dari batubara mentah yang telah ditambang, sehingga meningkatkan karakteristik pembakaran yang lebih baik untuk bahan bakar yang dihasilkan (Luttrell *et al.*, 2003). Benefisiasi batubara adalah salah satu metode yang paling efektif untuk menghilangkan mineral (seperti *gangue* dan pirit) dan polutan (seperti sulfur) sebelum pembakaran batubara. Secara umum, proses benefisiasi batubara peringkat rendah lebih sulit dicapai dibandingkan dengan batubara bituminus dan/atau antrasit. Namun, sekitar 50% dari total deposit batubara dunia



adalah batubara peringkat rendah. Sangat dibutuhkan untuk mengembangkan teknologi benefisiasi yang efektif untuk batubara peringkat rendah (Xia *et al.*, 2015).

Klasifikasi teknologi benefisiasi untuk batubara peringkat rendah ditunjukkan pada Gambar 2.3 Teknologi benefisiasi meliputi teknologi fisik, kimia, fisika-kimia dan bio-manfaat. Metode fisik adalah pemisahan gravitasi dan pemisahan magnetik. Metode kimia adalah pencucian kimia dengan asam atau alkali sedangkan metode fisika-kimia adalah flotasi dan aglomerasi minyak. Akhirnya, teknologi bio-manfaat dicapai oleh bakteri tertentu. Terkadang kombinasi dari dua atau tiga teknologi benefisiasi diperlukan untuk mencapai proses benefisiasi yang efektif untuk batubara peringkat rendah.



Gambar 2.3 Klasifikasi teknologi benefisiasi untuk batubara peringkat rendah (Xia *et al.*, 2015)

1. Metode Fisika

Metode fisika dari teknologi benefisiasi batubara terdiri dari (Xia *et al.*, 2015):

- a. Pemisahan Gravitasi

Teknologi pemisahan gravitasi mencakup teknologi pemisahan berbasis densitas basah dan kering.

b. Pemisahan Magnetik

Pemisahan magnetik didasarkan pada perbedaan magnetisme antara partikel batubara dan *gangue*. Secara umum, proses pemisahan kering pemisahan magnetik digunakan dalam benefisiasi batubara. Oleh karena itu, proses kering batubara mentah harus dilakukan sebelum pemisahan magnetik.

2. Metode Kimia (Pencucian Kimia)

Pencucian kimia adalah salah satu metode umum (hanya digunakan dalam kondisi eksperimental) untuk desulfurisasi dan *deashing* batubara. Sulfur batubara diekstraksi saat dipanaskan atau diaduk dengan asam atau alkali. Pirit adalah senyawa sulfur anorganik utama dalam batubara dan sulfur pirit biasanya diekstraksi dengan metode pelindian langsung dengan asam. Untuk lignit, pelindian kimia masih merupakan metode yang paling efektif untuk menghilangkan komponen sulfur. Namun, ini hanya digunakan dalam kondisi eksperimental tetapi tidak dalam kondisi industri.

3. Metode Fisika-Kimia

a. Flotasi

Flotasi merupakan salah satu metode fisika-kimia yang efektif untuk desulfurisasi dan *deashing* batubara mentah dengan kandungan abu dan sulfur yang tinggi (Ayhan *et al.*, 2005). Umumnya, reagen flotasi, seperti kolektor, buih dan surfaktan ditambahkan ke dalam *pulp* flotasi sebelum proses flotasi. Dalam flotasi batubara konvensional, reagen flotasi adalah pengumpul berminyak dan pembuih. *Pulp* batubara dikondisikan dengan reagen flotasi untuk jangka waktu tertentu. Untuk flotasi batubara peringkat

rendah, telah diketahui bahwa perilaku flotasi yang memuaskan dari batubara peringkat rendah sulit diperoleh dengan menggunakan kolektor berminyak umum karena hidrofobisitas permukaannya yang rendah (Dey, 2012).

b. Aglomerasi Minyak

Prinsip dari aglomerasi minyak yaitu minyak melapisi permukaan hidrofobik dari partikel batubaran dan diperoleh partikel batubara berukuran besar (dengan kandungan abu rendah) yang terdiri dari beberapa partikel kecil.

4. Metode Bio-Benefisiasi

Desulfurisasi biologis batubara membutuhkan peralatan yang luas. Sulfur dalam batubara terdiri dari bentuk organik (primer seperti dibenzothiophene dan *benzothiophenes*) dan anorganik ( $\text{FeS}_2$ ). Berdasarkan kultur mikroba (seperti *Thiobacillus ferrooxidans*), hingga 90% sulfur anorganik dapat dihilangkan, sementara penghilangan sulfur organik sulit dicapai.

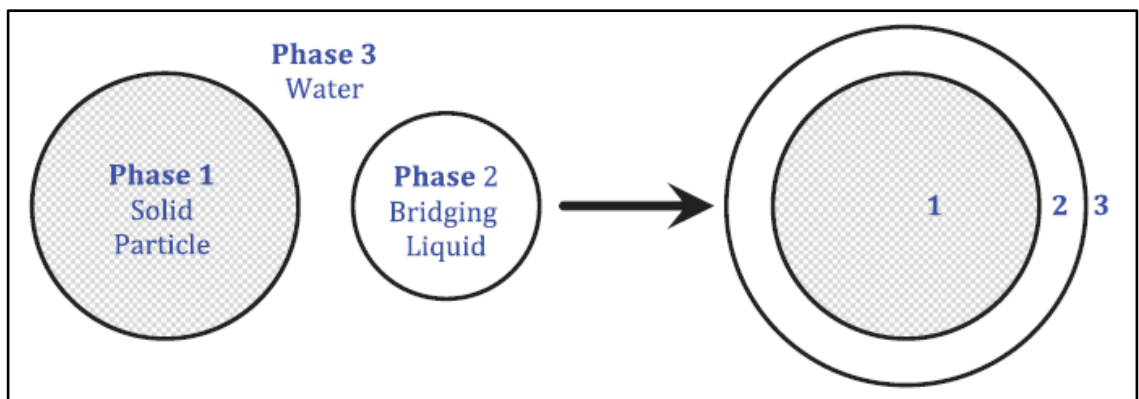
## 2.7 Aglomerasi Minyak Batubara

Aglomerasi minyak dapat digunakan untuk menghasilkan suatu padatan, produk kental yang digabung dari berbagai ukuran partikel batubara, yang disebut sebagai aglomerat. Tiap aglomerat dapat mengandung *fragment* (bagian-bagian kecil) batubara yang bervariasi pada bentuk ukuran sebesar 2 mm sampai partikel sangat halus dengan ukuran beberapa mikrometer, dan memiliki kekuatan melekat yang cukup besar untuk tetap utuh. Metode aglomerasi ini dapat diterapkan karena sifat *lipophylic* (*oil loving*) dan *hydrophobic* (*water hating*) dari permukaan batubara. Material yang tenggelam pada media merupakan bahan buangan, sedangkan material yang mengapung pada media yang sama (air) adalah batubara yang bersih (Nukman dan Poertadji, 2006).

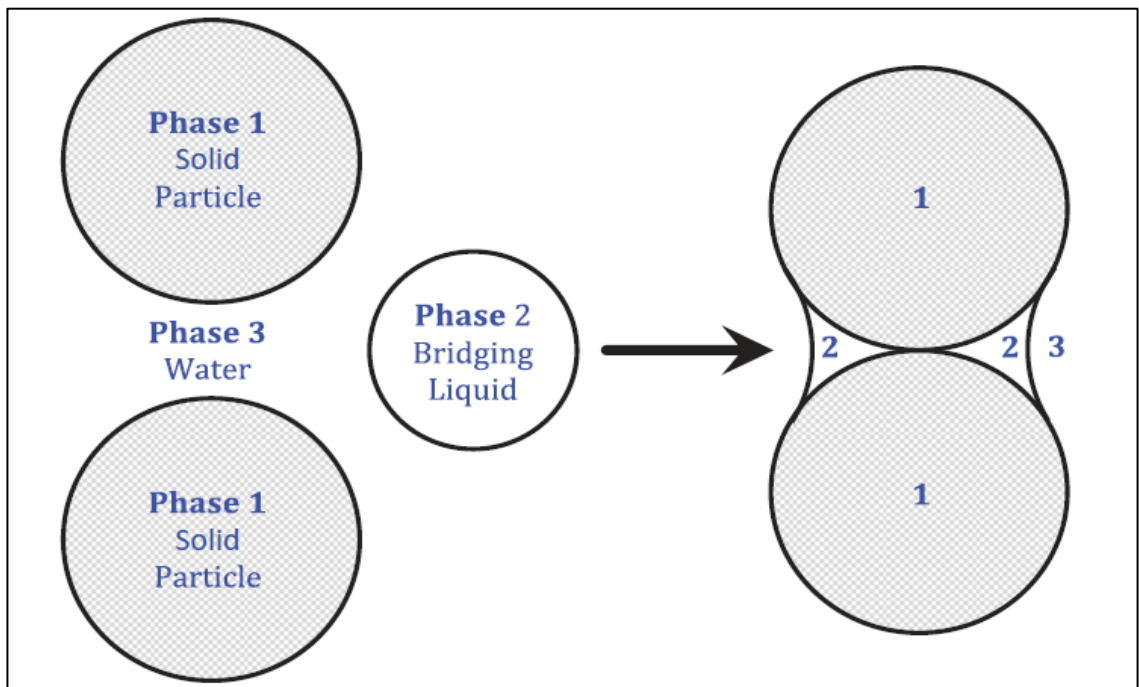
Pembuatan aglomerat dilakukan mulai dari menambahkan sejumlah minyak ke dalam media air, sehingga terbentuk butiran minyak (*oil droplet*). Kemudian sejumlah batubara dimasukkan ke dalam emulsi minyak tersebut, sehingga terbentuk aglomerat atau COA (*Coal Oil Agglomerate*) yang diinginkan. Selanjutnya karena aglomerat batubara tersebut memiliki densitas  $<1$  maka dapat terapung dan mudah dipisahkan dari air (Nukman dan Poertadji, 2006). Secara umum, komponen organik lebih hidrofobik dan oleofilik daripada komponen anorganik. Oleh karena itu, ketika sejumlah kecil minyak dimasukkan ke dalam suspensi partikel batubara yang diaduk, partikel batubara yang lebih hidrofobik menjadi berlapis minyak dan saling menempel membentuk aglomerat sementara partikel bahan mineral hidrofilik tetap tidak terpengaruh. Partikel yang diaglomerasi dapat dipisahkan dari bahan lain dengan operasi penyaringan tunggal atau sebagai alternatif dengan mengambang dan *skimming*. Dalam proses aglomerasi, kondisi pengadukan dengan putaran *impeller* cukup tinggi memegang peranan penting dalam pembentukan butir-butir minyak yang tersebar merata menyelaputi setiap butir-butir batubara yang juga tersebar merata dalam media air, sehingga batubara dapat terkumpul membentuk aglomerat berukuran tertentu (Atangsaputra, 1990). Oleh sebab itu, dikarenakan partikel-partikel aglomerat batubara lebih besar daripada partikel mineral, maka mereka dapat dipisahkan. Dengan adanya minyak, mengakibatkan air bercampur abu tidak akan melekat lagi ke permukaan batubara (Alonso *et al*, 2002).

Aglomerasi minyak batubara bergantung pada perbedaan sifat hidrofobik permukaan partikel batubara dan hidrofilik mineral anorganik. Secara umum, komponen organik lebih hidrofobik dan oleofilik daripada komponen anorganik. Oleh karena itu, ketika sejumlah kecil minyak dimasukkan ke dalam suspensi partikel batubara yang diaduk, partikel batubara yang lebih hidrofobik menjadi berlapis minyak dan saling menempel membentuk aglomerat sementara partikel bahan mineral

hidrofilik tetap tidak terpengaruh (Sahinoglu *and* Uslu, 2008). Dalam proses ini, tetesan minyak menempel pada partikel hidrofobik (dapat dilihat pada Gambar 2.4) dan ketika partikel tersebut bertabrakan satu sama lain, tetesan minyak yang menempel pada partikel hidrofobik bergabung dan menjembatani/menghubungkan partikel menjadi aglomerat yang lebih besar seperti pada Gambar 2.5 (Laskowski, 2000).



Gambar 2.4 Pembasahan partikel batubara oleh minyak didalam air (Özer *et al.*, 2017)



Gambar 2.5 Minyak menghubungkan partikel agar menyatu menjadi aglomerat (Özer *et al.*, 2017)

Keberhasilan reduksi bahan mineral dalam batubara dengan teknik aglomerasi minyak membutuhkan permukaan hidrofobik batubara, permukaan hidrofilik mineral *matter*, pembebasan mineral, karakteristik dan proporsi minyak yang sesuai, serta kondisi pencampuran yang tepat (Sahinoglu *and* Uslu, 2008).

## **2.8 Oli Bekas**

Minyak pelumas bekas atau yang dalam kesehariannya disebut juga dengan oli bekas pada dasarnya adalah minyak pelumas yang dalam pemakaiannya telah mengalami berbagai macam gesekan dan tercampur dengan kotoran dari komponen-komponen mesin, sisa pembakaran maupun debu, hal ini menyebabkan efektifitas minyak pelumas menurun dan kontaminan yang didalamnya bila dibiarkan terlalu lama akan menjadi partikel yang abrasif dan merugikan, jika ditinjau dari segi tersebut maka dengan menghilangkan sejumlah kontaminan dan mengembalikan sifat pelumasan yang dimilikinya minyak pelumas sangat berpotensi jika di daur ulang kembali (Mara dan Kurniawan, 2015).

Karakteristik kualitas minyak pelumas diantaranya yang paling penting adalah:

- a. Densitas menyatakan berat jenis oli pelumas pada kondisi dan temperatur tertentu. Densitas merupakan perbandingan antara densitas bahan yang diukur pada suhu tertentu ( $t_1 = 300^{\circ}\text{C}$ ) dengan densitas air pada suhu referensi ( $t_2 = 150^{\circ}\text{C}$ ).
- b. Viskositas pelumas merupakan ukuran tahanan fluida untuk mengalir atau kekentalan. Viskositas atau kekentalan suatu minyak pelumas adalah pengukuran dari mengalirnya bahan cair dari minyak pelumas, dihitung dalam ukuran standard. Makin besar perlawanannya untuk mengalir, berarti makin tinggi viskositas-nya, begitu juga sebaliknya.

- c. Indek Viskositas merupakan ukuran perubahan viskositas terhadap perubahan suhu, kenaikan suhu akan menyebabkan turunnya harga viskositas. Tinggi rendahnya indeks ini menunjukkan ketahanan kekentalan minyak pelumas terhadap perubahan suhu. Makin tinggi angka indeks minyak pelumas, makin kecil perubahan viskositas-nya pada penurunan atau kenaikan suhu.
- d. *Flash Point* adalah suhu terendah dimana uap air minyak dengan campuran udara menyala bila didekati api. *Flash point* atau titik nyala merupakan suhu terendah pada waktu minyak pelumas menyala seketika. Pengukuran titik nyala ini menggunakan alat-alat yang standar, tetapi metodenya berlainan tergantung dari produk yang diukur titik nyalanya.

#### 2.8.1 Kontaminasi Minyak Pelumas Bekas

Kontaminasi terjadi dengan adanya benda-benda asing atau partikel pencemar di dalam oli. Terdapat 8 macam benda pencemar biasa terdapat dalam oli yakni:

- a. Keausan elemen. Ini menunjukkan beberapa elemen biasanya terdiri dari tembaga, besi, chromium, aluminium, timah, molybdenum, silikon, nikel atau magnesium.
- b. Kotoran atau jelaga. Kotoran ini dapat masuk kedalam oli melalui hembusan udara lewat sela-sela ring dan melalui sela lapisan oli tipis kemudian merambat menuruni dinding silinder. Jelaga timbul dari bahan bakar yang tidak habis. Kepulan asam hitam dan kotorannya filter udara menandai terjadinya jelaga.
- c. Bahan bakar.
- d. Air dapat memadat di crankcase ketika temperatur operasional mesin kurang memadai.
- e. Produk sampingan pembakaran dan biasanya terjadi melalui timbunan gas buang.
- f. *Ethylene glycol* (antibeku)

- g. Produk-produk asam/sulfur. Produk-produk oksidasi mengakibatkan oli bertambah kental. Daya oksidasi meningkat oleh tingginya temperatur udara masuk.

### 2.8.2 Sifat Fisika dan Kimia Oli Bekas

Berikut merupakan tabel sifat fisika dan kimia oli bekas serta unsur yang terkandung didalamnya pada penelitian yang dilakukan oleh Syрманова *et. al.* (2017):

Tabel 2.1 Sifat fisika-kimia oli bekas

Karakteristik	Oli Motor Bekas	
	No 1	No 2
Viskositas (mm <sup>2</sup> /sec)	9,52	9,57
Kandungan Pengotor Mekanis (%)	0,087	0,72
Kandungan Air (%)	0,03	0,01
<i>Flash Point</i> , °C	190	205
Pengaturan Suhu, °C	-23	-22
Density, kg/m <sup>3</sup>	880	882
Content (ppm):		
Sulfur	0,3139	0,3443
Benzene	23,4	12,8
Toluene	406	307
Xylene	823	594
Hidrokarbon Poliaromatik	11,8	7,8
Content (ppm):		
(Pb);	21,16	10,69
(Zn);	402,96	387,56
(Al);	57,94	41,36
(Ca);	171,94	203,12
(Mg);	436,12	440,96
(Cu);	37,85	32,48
(Cr);	18,26	7,95