

TUGAS AKHIR

**ANALISIS UPAYA PENCEGAHAN SWABAKAR
PADA *STOCKPILE* RL 56 TAMBANG AIR LAYA
PT BUKIT ASAM, Tbk. TANJUNG ENIM**



ELSY SONIA LUKALMA PUTRI

2022310018

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PRABUMULIH

2025

TUGAS AKHIR

**ANALISIS UPAYA PENCEGAHAN SWABAKAR
PADA *STOCKPILE* RL 56 TAMBANG AIR LAYA
PT BUKIT ASAM, Tbk. TANJUNG ENIM**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
Pada Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Prabumulih**



**ELSY SONIA LUKALMA PUTRI
2022310018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS UPAYA PENCEGAHAN SWABAKAR PADA STOCKPILE RL 56 TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM, Tbk. TANJUNG ENIM

TUGAS AKHIR

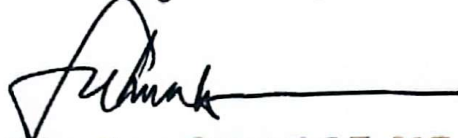
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
Pada Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Prabumulih

Oleh:

ELSY SONIA LUKALMA PUTRI
2022310018

Prabumulih, 05 Agustus 2025

Pembimbing I



Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.

NIDN. 1221027003

Pembimbing II



Dedi Yansen, S.Si., M.Pd.

NIDN. 0213128501

Ketua Program Studi

Teknik Pertambangan



Ridho Yovanda, S.T., M.T.

NIDN. 0218099302

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisis Upaya Pencegahan Swabakar Pada Stockpile RL 56 Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim" telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Seminar Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada hari Selasa 05 Agustus 2025, dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir.

Prabumulih, 05 Agustus 2025

Tim Penguji Sidang Tugas Akhir

Ketua :

1. Ahmad Husni, S.T., M.T.

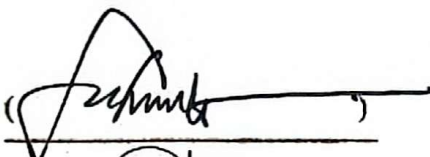
NIDN. 0206106903

()

Anggota :

2. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.

NIDN.0221027003

()

3. Ridho Yovanda, S.T., M.T.

NIDN. 0218099302

()

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan

Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NIDN. 0218099302

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Elsy Sonia Lukalma Putri
NIM : 2022310018
Prodi : Teknik Pertambangan
Judul : Analisis Upaya Pencegahan Swabakar Pada *Stockpile* RL 56
Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim.

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Prabumulih sesuai yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar atau tanpa ada paksaan dari siapapun.



Prabumulih, 05 Agustus 2025

Yang Bersangkutan



Elsy Sonia Lukalma Putri

2022310018

ABSTRAK

ANALISIS UPAYA PENCEGAHAN SWABAKAR PADA *STOCKPILE* RL 56 TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM, Tbk. TANJUNG ENIM

Elsy Sonia Lukalma Putri, 2022310018, 2022

Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih

Xiii + 76 Halaman, 6 Tabel, 27 Gambar, 4 Lampiran

Batubara merupakan salah satu sumber energi utama di Indonesia yang banyak disimpan sementara di *stockpile* sebelum didistribusikan. Namun, penyimpanan ini rentan terhadap terjadinya swabakar (*self combustion*), yaitu proses pembakaran spontan akibat reaksi oksidasi batubara yang mengakibatkan peningkatan suhu. Kejadian swabakar di *stockpile* dapat menurunkan kualitas batubara dan menyebabkan kerugian perusahaan. Salah satu lokasi yang mengalami hal tersebut adalah *Left Stock* RL 56, tempat penimbunan batubara AL 71 di Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab swabakar dan upaya penanganan serta pencegahannya. Metode yang digunakan meliputi observasi lapangan, pengumpulan data primer dan sekunder seperti data suhu batubara, dimensi timbunan, pola penimbunan, data curah hujan, serta kualitas batubara, yang kemudian dianalisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa swabakar di lokasi penelitian dipicu oleh beberapa faktor utama, yaitu lamanya waktu penimbunan (sekitar ± 5 bulan), belum diterapkannya sistem FIFO secara optimal, tinggi timbunan yang mencapai 11 meter, serta peningkatan suhu batubara secara signifikan di beberapa titik pengukuran. Pola penimbunan yang digunakan juga belum konsisten mengadopsi sistem yang dapat meminimalkan risiko swabakar. Upaya pencegahan yang direkomendasikan meliputi penerapan manajemen *stockpile* yang baik, pengawasan suhu secara rutin, penerapan sistem FIFO, serta penanganan langsung menggunakan alat berat saat suhu terdeteksi tinggi. Dengan perbaikan sistem manajemen *stockpile*, potensi terjadinya swabakar di masa mendatang dapat diminimalkan.

Kata Kunci: Swabakar, Batubara, *Stockpile*, Penimbunan, FIFO, Suhu Batubara

Kepustakaan: 2010-2024

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir yang berjudul Analisis Upaya Pencegahan Swabakar Pada *Stockpile* RL 56 Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si. selaku Rektor Universitas Prabumulih.
2. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih, sekaligus Tim Penguji.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan sekaligus Pembimbing II.
4. Bapak Suhardiman Gumanti, S.T., M.T. sebagai Pembimbing I.
5. Ibu Reni Arisanti, S.T., M.T. sebagai Tim Penguji.
6. Bapak Aarsal Ismail selaku Direktur Utama PT. Bukit Asam Tbk, yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian Tugas Akhir diperusahaan PT. Bukit Asam Tbk.
7. Bapak Julius P. Hutasoit selaku Air Laya Mining Operations Dept. Head Penambangan Air Laya PT. Bukit Asam Tbk.
8. Bapak Pembimbing Singgih Cahyo Pratomo selaku Air Laya Mining Operations 1 Sec. Head Penambangan Air Laya PT. Bukit Asam Tbk.
9. Bapak Ripal, Bapak Ghifari, Bapak Anto, Bapak Mahruf, Bapak Lutfi, Bapak Erik, Bapak Rabin, Bapak Imran dan seluruh SVP Satuan Kerja Penambangan Air Laya PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terima kasih atas support, bimbingan dan masukannya.
10. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
11. Kepada mama saya ibu Yosi Marlina yang saya banggakan dan saya sayangi, terima kasih selama ini telah merawat dan membesarkan saya dengan penuh

kasih sayang dan penuh pengorbanan agar saya tumbuh dan mendapatkan pencapaian sampai saat ini, yang selalu memberikan semangat serta mendoakan saya agar selalu sukses. Kesuksesan dan segala hal baik untuk kedepannya akan penulis dapatkan karena untuk mama tersayang.

12. Kepada keluarga besar saya yang saya sayangi namun tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih karena selalu mendukung dan mendoakan saya sampai di titik sekarang.
13. Kepada teman saya Bella Puteri Ramadhani dan Osi Kestri Hanumsi saya mengucapkan terima kasih karena telah menemani dan mendukung saya selama tiga tahun. Kebersamaan dan semangat kalian sangat berarti dalam menyelesaikan studi ini. Semoga persahabatan kita tetap terjaga dan kita semua sukses di masa depan.
14. Saya ingin mengucapkan terima kasih khusus kepada sahabat-sahabatku, Vingkan, Karin, Dewi, dan Mia, atau yang akrab kami sebut sebagai “Psikocak”. Kebersamaan, tawa, dan dukungan kalian selama ini sangat berarti dan membuat perjalanan kuliah ini penuh warna.
15. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2022 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran sangat penulis harapkan demi penyempurnaan laporan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pihak yang membaca. Aamiin.

Prabumulih, 05 Agustus 2025

Elsy Sonia Lukalma Putri

2022310018

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Alokasi Lokasi dan Jadwal Penelitian.....	3
1.6 Bagan Alir Penelitian	4
BAB II TINJAUAN UMUM	5
2.1 Sejarah Perusahaan	5
2.2 Visi dan Misi Perusahaan.....	7
2.3 Nilai-nilai Perusahaan.....	7
2.4 Struktur Organisasi	8
2.4.1 Struktur Organisasi Umum	8
2.4.2 Struktur Organisasi Penambangan Air Laya.....	9
2.5 Lokasi Kesampaian Daerah	10
2.6 Keadaan Geologi.....	11
2.6.1 Keadaan Geologi Ragional	11
2.6.2 Fisiografi	11
2.6.3 Struktur Geologi.....	12

	Halaman
2.6.4 Stratigrafi Muara Enim	13
2.7 Keadaan Geologi Daerah Penelitian	14
2.7.1 Kondisi WIUP PT Bukit Asam, Tbk.	15
2.7.2 Stratigrafi	16
2.7.3 Geomorfologi.....	17
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	19
3.1 Batubara	19
3.1.1 Genesa Batubara	19
3.1.2 Klasifikasi Batubara Menurut ASTM.....	20
3.1.3 Klasifikasi Batubara Menurut ISO.....	21
3.2 Kualitas Batubara.....	22
3.2.1 Analisis Proksimat Kualitas Batubara	22
3.2.2 Basis Analisis Kualitas Batubara	24
3.3 Kualitas Batubara PT Bukit Asam Tbk	25
3.4 Manajemen <i>Stockpile</i>	25
3.4.1 Dimensi <i>Stockpile</i>	26
3.4.2 Sistem Penimbunan.....	28
3.4.3 Pola Penimbunan	28
3.4.4 Penanganan Timbunan.....	30
3.5 Swabakar.....	32
3.5.1 Pemicu Awal Terjadinya Swabakar.....	33
3.5.1.1 Teori Segitiga Api	33
3.5.1.2 Teori Bidang Empat Api	34
3.5.2 Faktor Penyebab Terjadinya Swabakar	35
3.5.3 Upaya Pencegahan Swabakar	36
3.5.4 Upaya Penanganan Swabakar	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Faktor-Faktor Penyebab Swabakar di <i>Stockpile</i> RL 56	39
4.1.1 Lama Timbunan.....	39
4.1.2 Sistem dan Pola Penimbunan.....	40
4.1.3 Dimensi Timbunan.....	41

	Halaman
4.1.4 Suhu atau Temperatur Batubara.....	42
4.4 Upaya Penanganan dan Pencegahan Swabakar di <i>Stockpile</i> RL 56	46
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Organisasi Umum.....	9
Gambar 2.2 Struktur Organisasi Penambangan Air Laya.....	9
Gambar 2.3 Peta Lokasi Kesampaian daerah PT Bukit Asam.....	10
Gambar 2.4 Peta Cekungan Sumatra Selatan.....	12
Gambar 2.5 Stratigrafi Lapisan Batubara PT Bukit Asam.....	14
Gambar 2.6 WIUP PT Bukit Asam.....	16
Gambar 3.1 Bangun Limas terpancung.....	27
Gambar 3.2 Bangun Kerucut.....	27
Gambar 3.3 Pola Penimbunan <i>Cone ply</i>	29
Gambar 3.4 Pola Penimbunan <i>Chevron</i>	29
Gambar 3.5 Pola Penimbunan <i>Chevcon</i>	30
Gambar 3.6 Pola Penimbunan <i>Windrow</i>	30
Gambar 3.7 Peristiwa Swabakar	32
Gambar 3.8 Segitiga Api.....	34
Gambar 3.9 Bidang Empat Api.....	35
Gambar 4.1 Area Lokasi <i>Stockpile</i> RL 56	39
Gambar 4.2 Timbunan Batubara AL 71.....	41
Gambar 4.3 Grafik Suhu Batubara Pada Minggu Pertama	44
Gambar 4.4 Grafik Suhu Batubara Pada Minggu Kedua	44
Gambar 4.5 Proses Penanganan Swabakar Oleh <i>Excavator</i> PC135	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Klasifikasi Batubara Menurut ASTM	21
Tabel 3.2 Klasifikasi Batubara Menurut ISO	22
Tabel 3.3 Penggolongan Mutu Batubara PT Bukit Asam Tbk	25
Tabel 4.1 Data Pengukuran Suhu Pada Tumpukan Batubara <i>Stockpile</i> AL71 ...	43
Table A Data Curah Hujan Bulan Mei 2025.....	53
Table B Resume Data Kualitas Batubara Stockpile AL 71 Periode Bulan Mei 2025	54

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Data Curah Hujan Bulan Mei 2025	53
Lampiran B Resume Data Kualitas Batubara <i>Stockpile</i> Al 71 Periode Bulan Mei 2025	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumber energi potensial yang ada di Indonesia. Seiring dengan banyaknya permintaan konsumen terhadap batubara maka pihak produsen batubara juga melakukan peningkatan produksi (Arif, 2014). Batubara yang sudah didapat dari aktivitas penambangan kemudian disimpan pada *stockpile*. *Stockpile* adalah fasilitas untuk menampung batubara yang didapatkan dari hasil penambangan sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum dilakukannya distribusi kepada konsumen.

Permasalahan yang sering terjadi pada penyimpanan *stockpile* adalah terjadinya swabakar. Swabakar atau disebut juga *self combustion* adalah proses pembakaran batubara yang terjadi dengan sendirinya. Hal ini terjadi akibat reaksi oksidasi oksigen pada batubara yang membuat peningkatan pada suhu batubara dan menyebabkan pemanasan hingga akhirnya terbakar. Tumpukan batubara yang ada di *stockpile* yang mengalami swabakar dapat menyebabkan turunnya kualitas batubara yang akan mempengaruhi permintaan konsumen. Apabila hal ini terjadi secara terus menerus dapat merugikan pihak perusahaan dan kemudian perlu mengeluarkan biaya lebih untuk penanganan swabakar yang terjadi (Adiwikarta et al., 2024).

PT Bukit Asam, Tbk. pernah menghadapi permasalahan swabakar di beberapa lokasi *stockpile*, termasuk di area *Left Stock* RL 56 Tambang Air Laya, Tanjung Enim. *Left stock* RL 56 merupakan salah satu area penyimpanan utama untuk batubara kualitas AL 71 yang memiliki nilai kalori tinggi. Lokasi ini juga pernah mengalami kejadian swabakar yang menimbulkan kerugian, baik dari sisi penurunan kualitas batubara maupun biaya penanganan dan pemadaman. Kejadian swabakar di *Left Stock* RL 56 biasanya dipicu oleh lamanya waktu penimbunan, tingginya tumpukan batubara, serta kurang optimalnya manajemen *stockpile* seperti belum maksimalnya penerapan sistem FIFO (*First In First Out*) dan pemantauan suhu secara berkala.

Pengalaman terjadinya swabakar di *Left Stock* RL 56 menunjukkan bahwa manajemen *stockpile* yang kurang baik, seperti pola penimbunan yang tidak efisien dan kurangnya pengawasan temperatur, dapat meningkatkan risiko swabakar. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis penyebab terjadinya swabakar agar dapat dilakukan penanganan dan pencegahan, sehingga dapat meminimalisir kerugian akibat terjadinya swabakar.

Diharapkan dengan manajemen yang baik, kondisi di *stockpile* RL 56 dapat terhindar dari terjadinya swabakar. Menyadari pentingnya manajemen yang baik terhadap kelancaran operasional pada lokasi *stockpile*, maka Penulis melakukan penelitian dengan judul Analisis Upaya Pencegahan Swabakar Pada *Stockpile* RL 56 Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini dilakukan pada *Left Stock* RL 56 di kualitas AL 71 Tambang Air Laya PT Bukit Asam, Tbk. Untuk menganalisis faktor penyebab swabakar dan bagaimana upaya penanganan serta pencegahannya di lokasi *Left stock* RL 56.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya swabakar di *Stockpile* RL 56.
2. Menganalisis bagaimana upaya penanganan serta pencegahan swabakar di *Stockpile* RL 56.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian dilakukan untuk meningkatkan pemahaman kita. Penelitian memberikan informasi dan pengetahuan yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Secara spesifik manfaat penelitian ini mencakup dua aspek yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi

kepada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik pertambangan khususnya terkait swabakar pada *stockpile* batubara. Dengan menganalisis faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya swabakar, hasil penelitian dapat memperkaya literatur yang ada dan memberikan wawasan baru bagi akademisi serta peneliti di bidang ini.

2. Manfaat Praktis

Manfaat secara praktis, dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan kepada perusahaan pertambangan maupun pemerintah terkait faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya swabakar di *stockpile* serta dalam upaya mencegah swabakar tersebut.

1.5 Alokasi Lokasi dan Jadwal Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan selama 2 bulan, mulai pada tanggal 24 Maret 2025 sampai 23 Mei 2025 di PT. Bukit Asam, Tbk. Jadwal kegiatan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.1 dibawah ini:

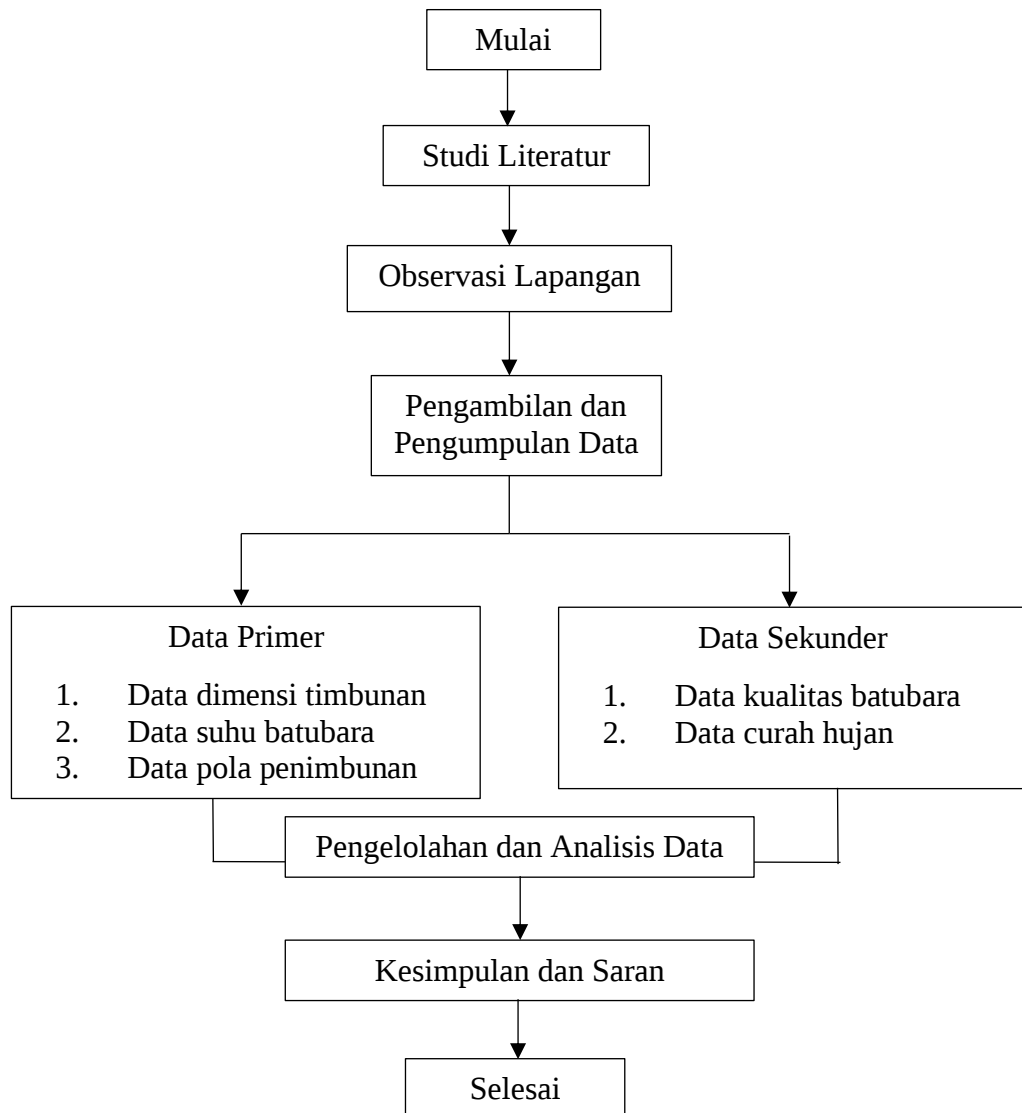
Tabel 1.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan							
		Minggu							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Observasi Lapangan								
2	Pengumpulan Referensi dan Data								
3	Pengolahan Data								
4	Konsultasi dan Bimbingan								

Sumber: Dokumentasi Penulis (2025)

1.6 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian observasi lapangan dengan menganalisis data primer dan data sekunder yang ada di lapangan kerja, berikut bagan alir penelitian pada Gambar 1.1



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Sejarah Perusahaan

Kegiatan penambangan batubara pada PT Bukit Asam, Tbk. telah dilakukan pertama kali pada tahun 1919. Sebelum kegiatan penambangan tersebut berjalan pada tahun 1919, telah dilakukan kegiatan eksplorasi pada tahun 1915 – 1918. Hasil yang didapatkan dari kegiatan eksplorasi yang dilakukan bangsa Belanda menunjukkan adanya kandungan batubara yang ada di kawasan Bukit Asam. Proses produksi batubara PT Bukit Asam, Tbk. Pertama kali dilakukan pada tahun 1919 dengan menerapkan sistem tambang terbuka menggunakan metode penambangan *open pit* dengan kombinasi alat *excavator* dan *dump truck*.

Pada periode tahun 1923 hingga 1940, Tambang Air Laya mulai menggunakan metode penambangan bawah tanah. Pada periode tersebut mulai dilakukan produksi untuk kepentingan komersil, tepatnya sejak tahun 1938. Seiring dengan berakhirnya kekuasaan Belanda, para karyawan Indonesia kemudian berjuang menuntut perubahan status tambang menjadi pertambangan nasional.

Pada tahun 1950, Pemerintahan Republik Indonesia kemudian mengesahkan pembentukan Perusahaan Tambang Arang Bukit Asam (PN TABA). Pada tahun 1981, PN TABA kemudian berubah status menjadi Perseroan Terbatas dengan nama PT Bukit Asam (Persero), yang selanjutnya disebut PTBA atau Perseroan. Dalam rangka meningkatkan pengembangan industri batubara di Indonesia, pada tahun 1990 pemerintahan menetapkan penggabungan Perum Tambang Batubara dengan Perseroan. Sesuai dengan program pengembangan ketahanan energi nasional, pada tahun 1993 pemerintah menugaskan Perseroan untuk mengembangkan usaha briket batubara. Pada tanggal 23 Desember 2002, Perseroan mencatatkan diri sebagai perusahaan publik di Bursa Efek Indonesia dengan kode perdagangan “PTBA”.

PTBA juga mengimplemintasikan ekonomi sirkular melalui program Tanjung Enim Kota Wisata, yang merupakan bagian dari reklamasi dalam bentuk lain. Berbagai destinasi wisata baru dibangun, seperti Museum Batubara yang dilengkapi jalur lori bawah tanah, *Mini Zoo*, dan *Waterpark*. Kota Wisata Tanjung

Enim juga memiliki Taman Botani yang dibangun di atas lahan bekas tambang seluas sekitar 17 (ha).

PT Bukit Asam Tbk. di Unit Pertambangan Tanjung Enim (UPTE) memiliki beberapa site dalam Wilayah Kuasa Pertambangan, yaitu:

1. Tambang Air Laya (TAL)

Pada lokasi Tambang Air Laya (TAL), kegiatan penambangan dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *convensional mining* kombinasi antara *excavator dump truck* dan metode *continuous mining* yang merupakan suatu sistem penambangan yang berkesinambungan dengan menggunakan *Bucket Wheel Excavator* (BWE) sebagai alat utama atau dikenal juga dengan istilah BWE sistem. Pada metode BWE sistem ini sepenuhnya dilaksanakan oleh pihak PTBA sedangkan untuk penambangan dengan metode kombinasi *excavator-dump truck* dilaksanakan oleh pihak ketiga (kontraktor). Nilai kalori batubara yang terdapat di Tambang Air Laya (TAL) berkisar antara 6.300-7.300 kkal/kg (adb).

2. Tambang Muara Tiga Besar (MTB)

Tambang Muara Tiga Besar (MTB) terdiri atas dua lokasi, yaitu Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS). Operasi penambangan di Muara Tiga Besar ini menggunakan metode kombinasi antara *excavator-dump truck* yang semuanya dikerjakan oleh pihak ketiga (kontraktor). Nilai kalori batubara yang terdapat di Muara Tiga Besar berkisar antara 5.300-6.300 kkal/kg (adb). Spesifikasi ini sesuai dengan kebutuhan PLTU Suralaya dan PLTU Bukit Asam.

3. Tambang Banko Barat

Tambang Banko Barat saat ini terdiri atas Pit 1, Pit 2, Pit 3, Pit E. Pekerjaan penambangan batubara dilakukan oleh Swakelola dengan kontraktor PT Perusahaan Pengelola Aset (PPA) dan kontraktor PT Satria Bahana Sarana (SBS), Pama Persada Nusantara (PAMA) dengan menggunakan metode kombinasi antara *excavator-dump truck*. Nilai kalori batubara yang terdapat di Banko Barat berkisar antara 5.900-6.300 kkal/kg (adb).

2.2 Visi dan Misi Perusahaan

PT Bukit Asam, Tbk. Mempunyai visi dan misi untuk mencapai tujuan perusahaan sebagai berikut:

1. Visi PT Bukit Asam Tbk, adalah menjadikan perusahaan energi kelas dunia yang peduli lingkungan.
2. Misi PT Bukit Asam Tbk, adalah mengelola sumber energi dengan mengembangkan kompetensi korporasi dan keunggulan insani untuk memberikan nilai tambah maksimal bagi stakeholder dan lingkungan.

2.3 Nilai-nilai Perusahaan

Berikut dibawah ini adalah nilai-nilai dari perusahaan:

1. Amanah

Amanah adalah nilai pertama dalam AKHLAK BUMN yaitu memegang teguh kepercayaan yang diberikan memenuhi janji dan komitmen, bertanggung jawab atas tugas, keputusan, dan Tindakan yang dilakukan, serta berpegang teguh kepada nilai moral dan etika.

2. Kompeten

Kompeten adalah nilai kedua dalam AKHLAK BUMN yaitu terus belajar dan mengembangkan kapasitas, meningkatkan kompetensi diri untuk menjawab tantangan yang selalu berubah, membantu orang lain belajar, dan menyelesaikan tugas dengan kualitas terbaik.

3. Harmonis

Harmonis adalah nilai ketiga dalam AKHLAK BUMN yaitu saling peduli dan menghargai perbedaan, menghargai setiap orang apapun latar belakangnya, suka menolong orang lain, dan membangun lingkungan kerja yang kondusif.

4. Loyal

Loyal adalah nilai keempat dalam AKHLAK BUMN yaitu setia dan taat kepada negara, organisasi, dan atasan, menjunjung tinggi kepentingan Bersama, serta menghindari konflik kepentingan dan Tindakan yang merugikan BUMN.

5. Adaptif

Adaptif adalah nilai kelima dalam AKHLAK BUMN yaitu menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan, tantangan, dan peluang, bersikap terbuka dan

fleksibel, serta berani mengambil risiko yang terukur dan bertanggung jawab.

6. Kolaboratif

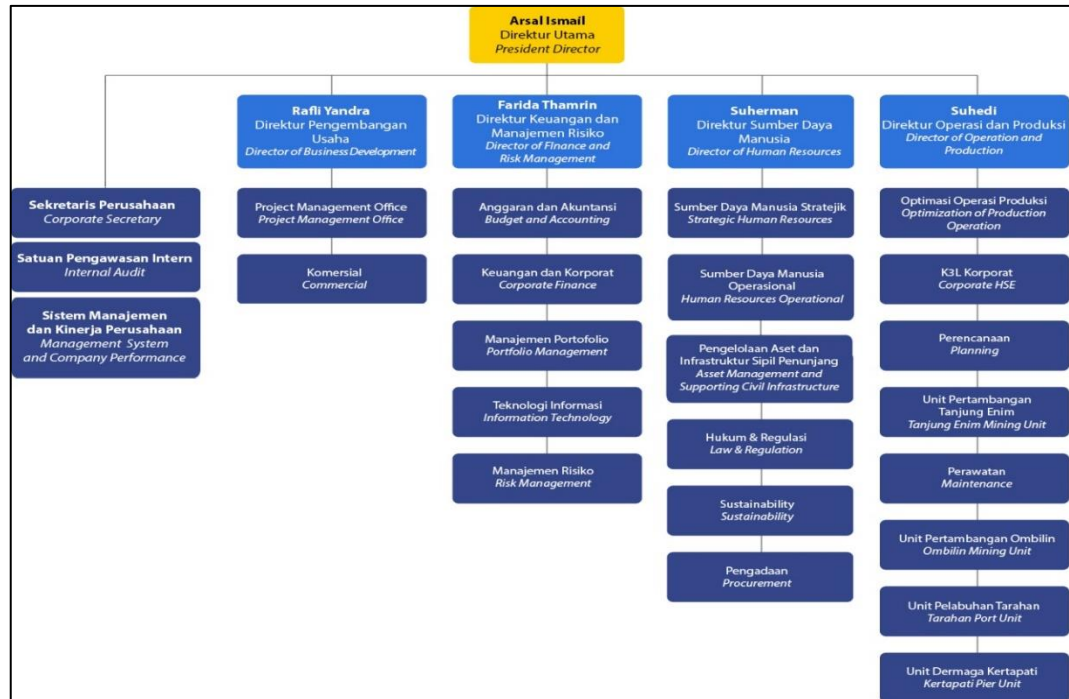
Kolaboratif adalah nilai keenam dalam AKHLAK BUMN yaitu kerja sama dengan tim, unit kerja, atau BUMN lainnya untuk mencapai tujuan bersama, berbagi pengalaman dan pengetahuan, serta memberikan dukungan dan bantuan yang dibutuhkan.

2.4 Struktur Organisasi

Berikut struktur organisasi pada PT Bukit Asam Tbk yang terdiri dari struktur organisasi umum dan struktur organisasi Penambangan Air Laya (PAL).

2.4.1 Struktur Organisasi Umum

Struktur organisasi perusahaan dibuat untuk meningkatkan performa pekerjaan perusahaan, sehingga kegiatan perusahaan dapat terstruktur dengan baik. Penyusunan struktur organisasi dibuat berdasarkan spesifikasi dan fungsi kinerja yang ada sehingga dapat dipertanggungjawabkan. Berikut struktur organisasi PT Bukit Asam Tbk. dapat dilihat pada Gambar 2.1.

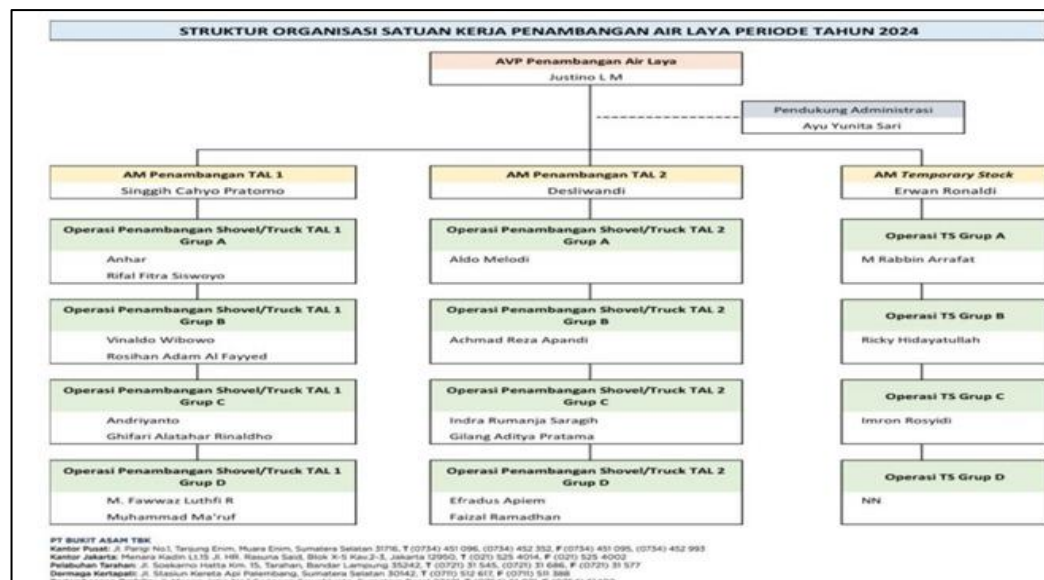


Sumber: Satuan Kerja Eksplorasi, 2025

Gambar 2.1 Struktur Organisasi Umum

2.4.2 Struktur Organisasi Penambangan Air Laya (PAL)

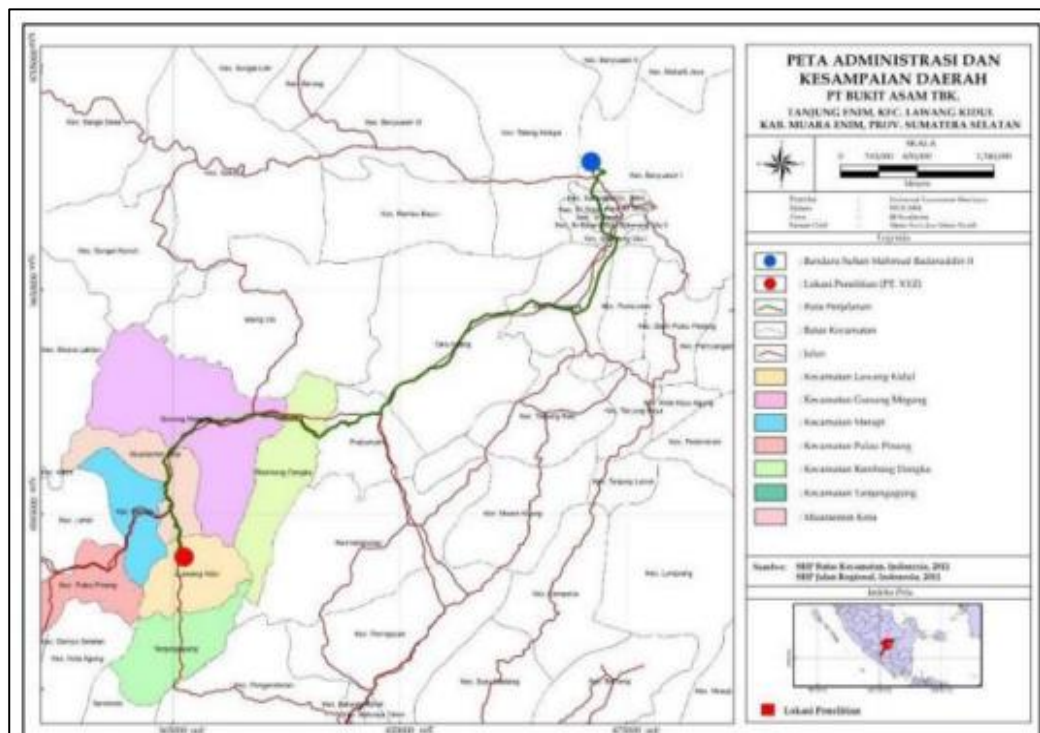
Gambar struktur organisasi yang ada di Penambangan Air Laya dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber: Satker Penambangan Air Laya PT Bukit Asam, Tbk (2024)

Gambar 2. 2 Struktur Organisasi Penambangan Air Laya

Wilayah PT Bukit Asam Tbk. terletak pada posisi 103°50'54.978° BT dan 3°45'01.510 LS Universal Transverse Mecator (UTM). Secara administrasi lokasi PT Bukit Asam Tbk. di Desa Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Jarak tempuh lewat jalan raya ± 97 kilometer dari kota Prabumulih. Untuk bisa sampai ke lokasi penelitian jika dimulai dari kota Prabumulih ditempuh dengan transportasi darat menuju ke kota Muara Enim membutuhkan waktu tempuh selama ± 2 jam. Selanjutnya dari Muara Enim untuk sampai ke Tanjung Enim dibutuhkan waktu tempuh ± 25 menit.



Gambar 2.3 Peta Lokasi Kesampaian Daerah PT. Bukit Asam Tbk

Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) PT Bukit Asam Tbk. terletak di daerah Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan pada posisi $3^{\circ} 42' 30''$ LS - $4^{\circ} 47' 30''$ LS dan $103^{\circ} 45' 00''$ BT - $103^{\circ} 50' 00''$ BT atau garis bujur 9.583.200 – 9.593.2.00 dan lintang 360.600 – 367.000 dalam sistem koordinat Internasional.

2.6 Keadaan Geologi

Keadaan geologi ini mencakup keadaan geologi regional, fisiografi, struktur geologi, keadaan geologi dan juga stratigrafi.

2.6.1 Keadaan Geologi Regional

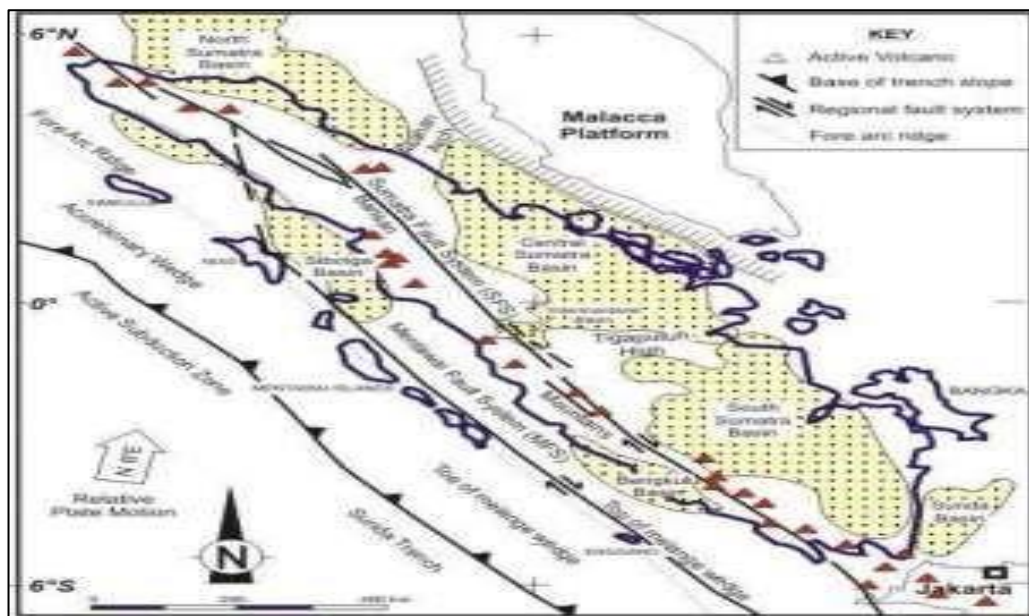
Cekungan Sumatera Selatan merupakan salah satu cekungan yang terbentuk akibat aktivitas pergerakan tektonik antara lempeng India-Australia terhadap Eurasia. Cekungan Sumatera Selatan mulai terbentuk selama ekstensi antar kedua lempeng tersebut yang berarah Timur-Barat pada akhir Pra Tersier-awal Tersier. Cekungan ini secara geologi merupakan cekungan dengan tipe *foreland basin* atau *back arc basin*.

Subduksi antara Lempeng India-Australia dengan Eurasia pada pembentukan Sumatera memiliki pola yang khas, yaitu perubahan penunjaman dengan gerak rotasi searah jarum jam. Akibat perubahan ini, terbentuk fase waktu pergerakan berdasarkan arah dari penunjaman. Subduksi antara lempeng tersebut membentuk pola struktur sesar yang mendatar seiring rotasi berarah *oblique*. Sehingga pengaruh sistem sesar Sumatera mengakibatkan terjadinya kompleksitas *regimestress* dan pola *strain* pada Sumatera.

2.6.2 Fisiografi

Secara fisiografis Cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan Tersier berarah Barat laut-Tenggara, yang dibatasi Sesar Sumatera dan Bukit Barisan di sebelah Barat daya, Paparan Sunda di sebelah Timur laut, Tinggian Lampung di sebelah Tenggara yang memisahkan cekungan tersebut dengan Cekungan Sunda, serta Pegunungan Dua Belas dan Pegunungan Tiga Puluh di sebelah Barat laut

yang memisahkan Cekungan Sumatera Selatan dengan Cekungan Sumatra tengah. Berikut ini merupakan peta yang menunjukkan Cekungan Sumatera Selatan.



Sumber: Harjono, 2022

Gambar 2.4 Peta Cekungan Sumatera Selatan

2.6.3 Struktur Geologi

Sistem subduksi Pulau Sumatera terdiri dari tiga periode pergerakan subduksi yang berbeda, masing-masing menimbulkan tiga pola sesar utama. Pergerakan sesar barat laut-tenggara terjadi saat Jura Akhir-Kapur Akhir ketika subduksi mengalami fase kompresi kemudian pergerakan sesar utara-selatan terjadi saat Kapur Akhir-Tersier Awal ketika subduksi mengalami fase tegangan dan pergerakan sesar timur laut-barat daya terjadi saat Miosen Tengah-Resen ketika sub Zona patahan utama yang membentuk Pulau Sumatera (dikenal sebagai Sesar Semangko) terbentuk sebagai akibat dari pergerakan *oblique*.

Fase pergerakan lempeng saat itu menyebabkan beberapa sesar terbentuk, membentuk *horst*, *half graben*, dan beberapa blok patahan sebagai dasar untuk pembentukan cekungan tersier, termasuk cekungan muka dan belakang busur. Daerah penelitian termasuk dalam cekungan Sumatera Selatan, yang dikenal sebagai cekungan belakang busur. Memasuki Miosen Akhir, terjadi fase kompresi yang lebih intens, yang menyebabkan pembentukan struktur lipatan, terangkatnya batuan lama ke permukaan, dan munculnya jajaran gunung api di wilayah Bukit

Barisan yang membentang dari Aceh hingga Teluk Lampung.

Akibatnya, pola struktur di Sumatera didominasi oleh struktur yang sejajar dengan Sesar Semangko, yang bergerak dari Baratlaut ke Tenggara. Akibat dinamika ini, cekungan tersebut memiliki tiga anticlinorium : Antiklinorium Palembang, Antiklinorium Pendopo-Limau, dan Antiklinorium Muara Enim. Sistem antiklin yang berada dekat dengan lokasi penelitian adalah Antiklinorium Muara Enim dengan ciri terdapatnya assymetrical-overtuned dengan arah umum Baratlaut-Tenggara serta memiliki sayap perlipatan relative curam pada bagian utara. Arah tegasan utama yang terjadi pada Antiklinorium Muara Enim berarah Timurlaut-Baratdaya dan mempunyai sumbu lipatan yang dilalui oleh dua kelurusan, yaitu Kelurusan Gumai dengan arah Barat-Timur dan Kelurusan Garba dengan arah Baratlaut-Tenggara.

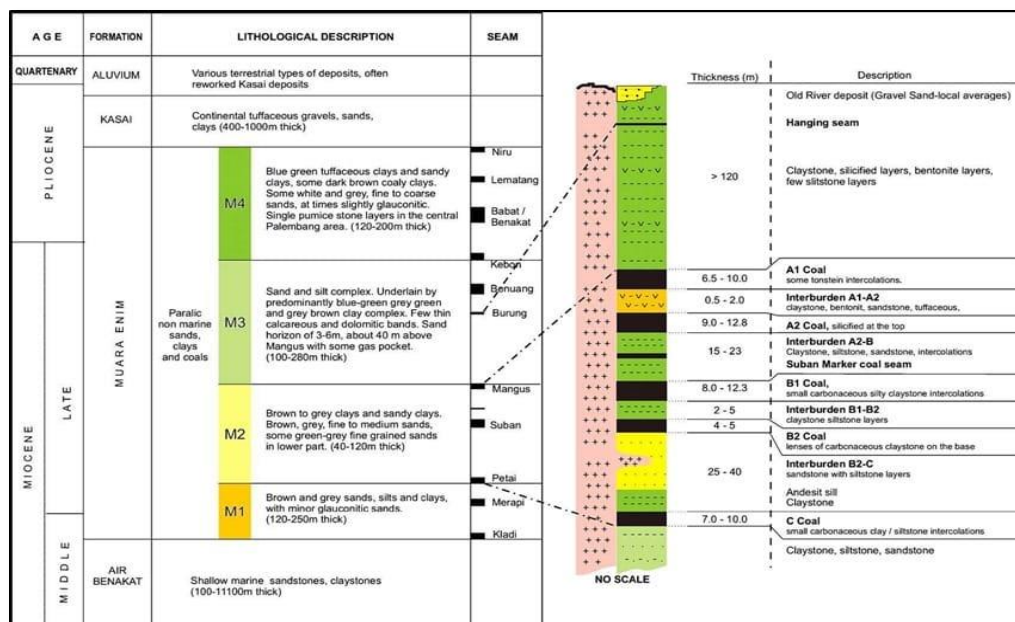
2.6.4 Stratigrafi Muara Enim

Formasi Muara Enim dikenal sebagai formasi pembawa batubara di cekungan Sumatera Selatan. (Nasution dan Nalendra, 2017). Formasi Muara Enim tersusun atas litologi berupa batupasir, batulempung dan batubara. Di dalam Formasi Muara Enim terdapat paling tidak 11 lapisan batubara utama, dari bawah ke atas: lapisan batubara Kladi, Merapi, Petai (C), Suban (B), Mangus (A), Burung, Benuang, Kebon, Benakat/Jelawatan, Lematang, Niru. Pengendapan batubara di formasi ini dipengaruhi oleh susut laut pada peristiwa perubahan muka air laut yang terjadi pada Kala Miosen. Stratigrafi regional Muara Enim, Sumatera Selatan. Litologi batubara pada formasi ini dapat dibedakan menjadi 4 anggota, dari tertua ke muda adalah berikut :

1. Anggota M1 terdiri dari batupasir, batulanau dan batulempung berwarna coklat dan abu-abu dengan sedikit glaukonitan. Lapisan batubara pada anggota formasi ini yaitu seam batubara Keladi dan seam batubara Merapi.
2. Anggota M2 terdiri dari perulangan batulempung, batulempung pasir berwarna coklat abu-abu, batupasir halus-sedang, berwarna coklat abu-abu dibagian bawah berwarna hijau abu-abu, serta batubara. Lapisan batubara yang terdapat dalam anggota ini terdiri dari seam Petai, Suban, dan Mangus, dengan penyebaran tidak menerus.

3. Anggota M3 terdiri dari perselingan batupasir dan batulanau, berwarna biru hijau, batulempung abuabu hijau dan coklat, horizon pasir 3-6 meter yang terletak 40 meter di atas *seam* Mangus. Batupasir dalam anggota ini dicirikan oleh kehadiran nodul-nodul *ironstone* kalsitan. Lapisan batubara dari anggota ini terdiri dari seam batubara Benuang dan Burung.
4. Anggota M4 tersusun oleh batulempung dan batupasir serta terdapat beberapa lapisan batubara. Lapisan batubara terdiri dari *seam* Kebon, Enim, Jelawatan dan Niru.

Gambar Stratigrafi lapisan batubara PT Bukit Asam, Tbk. dapat di lihat pada gambar 2.5



Sumber: Satker Penambangan Air Laya

Gambar 2.5 Stratigrafi lapisan batubara PT Bukit Asam, Tbk.

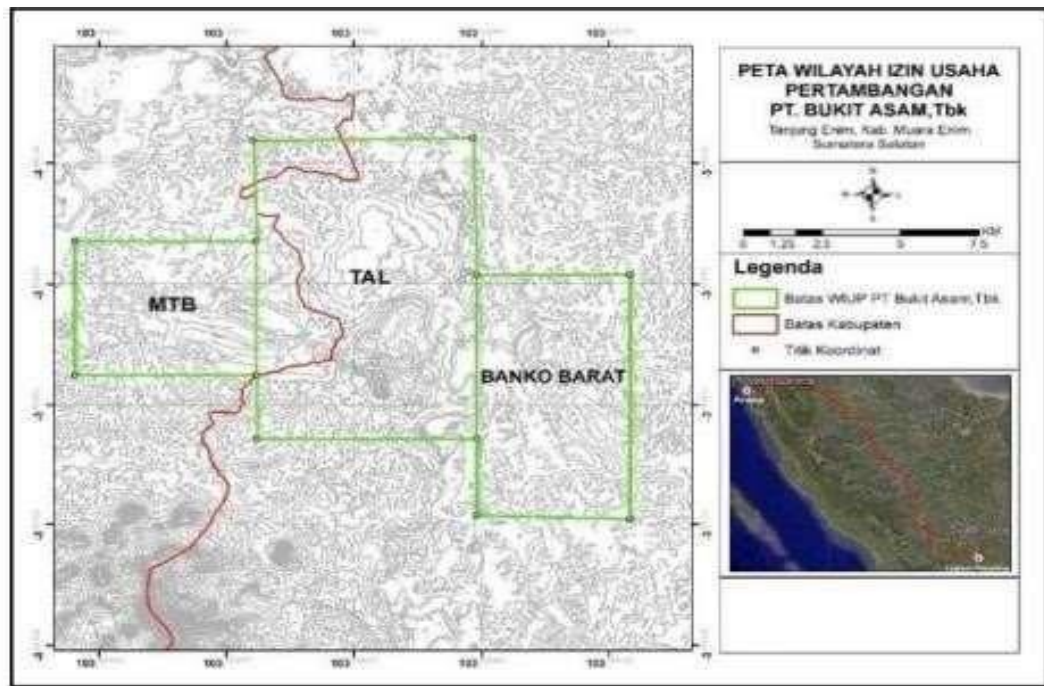
2.7 Keadaan Geologi Daerah Penelitian

Lapisan Batubara di daerah IUP PT Bukit Asam, Tbk. Unit pertambangan Tanjung Enim menempati tepi barat bagian dari Cekungan Sumatera Selatan Lapisan batubara pada daerah ini tersingkap dalam sepuluh lapisan batubara yang terdiri dari lapisan tua sampai muda, yakni lapisan Petai, Lapisan Suban, Lapisan Mangus dan tujuh lapisan gantung (*hanging seam*).

Ditinjau dari keadaan geologi pembentukan batubara, maka lapisan batubara pada awalnya berupa lapisan yang datar (*flat*) atau sedikit miring. Kemiringan yang besar mengindikasikan telah terjadinya fenomena geologi geologi yang signifikan (lipatan/patahan) di sekitar lokasi tersebut, sehingga batubara memiliki kemiringan yang besar, maka material batuan disekitar batubara tersebut (*overburden/interburden*) juga mengalami proses geologi yang sama. Struktur geologi daerah Tanjung Enim dan sekitarnya memiliki struktur geologi yang tersusun atas Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai. Formasi air bekanat merupakan formasi tertua dengan usia meiosen tengah-meiosen akhir. Formasi air benakat merupakan permulaan endapan regresi dan terdiri dari lapisan pasir pantai. Formasi ini terdiri dari serpih, batulanau, napal, batupasir yang sebagian bersifat gampingan, serpih berwarna kelabu terang-kehijauan, berlapis baik kadang-kadang bersifat gampingan. Formasi Muara Enim lebih merupakan endapan rawa sebagai fase regresi, dan terjadilah endapan batubara yang penting. Formasi ini terdiri dari batulempung, serpih, batupasir, dan lapisan batubara.

2.7.1 Kondisi WIUP PT Bukit Asam, Tbk.

Lokasi geografis Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT Bukit Asam, Tbk. unit Penambangan Tanjung Enim (PTBA-UPTE) terletak pada posisi 3°40'30" LS - 3°46'24.8" LS dan 103°44'18.4" BT - 103°48'3.9" BT. Area WIUP pada PT Bukit Asam Tbk mencapai sekitar 93.000 (ha). PT Bukit Asam, Tbk. terdapat pembagian 3 area pit penambangan yaitu, Tambang Air Laya, Tambang MTB (Muara Tiga Besar), dan Tambang Bangko. kondisi Wilayah Izin Usaha Penambangan PT Bukit Asam, Tbk. dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Sumber: SatKer Penambangan Air Laya (2024)

Gambar 2.6 WIUP PT Bukit Asam, Tbk.

2.7.2 Stratigrafi

Formasi pembawa batubara (*coal bearing formation*) di daerah penambangan PT Bukit Asam adalah Formasi Muara Enim. Lapisan Batubara di daerah penambangan dibagi menjadi 4 (empat) bagian yaitu M1, M2, M3, dan M4. Unit M1 adalah lapisan paling bawah dari Formasi Muara Enim dan mengandung dua lapisan, yaitu lapisan Keladi dan Merapi. Unit ini terdiri dari batu pasir dan batu lanau dengan ketebalan mencapai 150-250 meter. Unit M2 mengandung mayoritas dari sumber daya batubara di Tanjung Enim. Lapisan-lapisan itu diberi nama berdasarkan urutan dari bawah yang potensial untuk ditambang. Stratigrafi unit M2 (dari tua sampai muda) yaitu:

1. Lapisan batubara C disebut juga Lapisan Petai. Dengan ketebalan 13 m, berwarna hitam mengkilat dan mengandung lapisan pengotor batu lempung dan batulanau dengan ketebalan 0,8-11 m.
2. Lapisan *Interburden* B2 dan C, dicirikan oleh batupasir dengan sisipan batulanau memiliki ketebalan 25 – 44 m.

3. Lapisan batubara B2 atau disebut Suban Bawah. Lapisan ini memiliki ketebalan 3 – 5,58 m dan terdapat sisipan mineral *pyrite*.
 4. Lapisan *Interburden* B1 dan B2, merupakan batulempung sisipan tipis batulanau dengan ketebalan 2 – 5 m.
 5. Lapisan batubara B1 atau disebut Suban Atas dengan ketebalan 8 – 14,45 m. Berwarna hitam mengkilat disekitar intrusi dan berubah warna menjadi hitam kusam pada daerah yang jauh dari intrusi.
 6. Lapisan *Interburden* batubara A2 dan B1, berupa batu lempung dan batulanau dengan sisipan tipis batupasir. Ketebalan 15 – 23 m. Disebut lapisan Suban *Marker*.
 7. Lapisan batubara A2 atau disebut Mangus Bawah dengan ketebalan 9,8 – 14,75 m. Lapisan silikaan terdapat dibagian atas dari lapisan batubara A2.
 8. Lapisan *Interburden* batubara A1 dan A2, berupa batupasir tufaan, batu lempung tufaan dan batu lempung karbonan yang memiliki ketebalan 0,5 – 4,0 m.
 9. Lapisan batubara A1 atau Mangus Atas. Berupa lapisan batubara dengan sisipan batubara silikaan dan lapisan pengotor. Memiliki ketebalan 5 – 13,25 m.
 10. *Overburden*, berupa batulanau, batulempung, dan batupasir, terdapat pula batubara gantung (*hanging seam*) yang disebut lapisan burung.
 11. Unit M3 pada dasarnya terdiri dari sand dan silt (40-120 m). Lebih banyak *fluvial* daripada *limnic*. Unit M4 dari bawah ke atas terdiri dari lapisan Benuang, Kebon, Enim, Lematang Jelawatan, Niru dan lapisan Lempung tufaan, Lanau dan endapan pasir *fluvial*.
- Dari penjelasan 4 (empat) sub-bagian tersebut, lapisan M2 dan M4 mengandung lapisan batubara yang paling ekonomis dan potensial secara ekonomis, hal ini dikarenakan adanya lapisan-lapisan batubara yang tebal.

2.7.3 Geomorfologi

Wilayah Muara Enim secara deskriptif memiliki dua satuan morfologi utama berdasarkan pembagian morfologi regional, yaitu satuan morfologi perbukitan bergelombang rendah dan satuan morfologi dataran aluvial. Sebagian besar

wilayah ini (sekitar 70%) didominasi oleh satuan morfologi perbukitan bergelombang rendah, dengan ketinggian antara 50-150 meter di atas permukaan laut dan kemiringan lereng yang bervariasi, rata-rata berkisar 12%. Ciri khas wilayah ini adalah relief yang bergelombang dengan bukit-bukit kecil yang tersebar serta pola aliran sungai *dendritic* yang menunjukkan beragam cabang sungai kecil yang mengalir ke sungai utama. Vegetasi di daerah ini didominasi oleh hutan tropis lebat dengan berbagai jenis pohon besar seperti meranti dan keruing.

Satuan morfologi dataran aluvial meliputi sekitar 30% wilayah Muara Enim, terutama disekitar aliran sungai besar seperti Sungai Enim. Dataran ini memiliki ketinggian antara 10-50 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan yang begitu rendah dengan rata-rata kurang dari 5%. Tanah di dataran alluvial ini bersifat subur, terdiri dari endapan lumpur dan pasir yang dibawa oleh aliran sungai. Pola aliran sungai di daerah ini lebih teratur dan sering membentuk meander, yang menunjukkan arus sungai yang lambat dan stabil.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Batubara

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap dan selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan karbon (*Carboniferus Period*) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 290 juta sampai 360 juta tahun yang lalu. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Proses pembentukan batubara diawali dengan mengendapnya tumbuhan berubah menjadi gambut (*peat*) yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignite*) atau disebut pula batubara coklat (*brown coal*) (Billah, 2010).

3.1.1 Genesa Batubara

Menurut Rianto et al. (2022), genesa batubara terbagi menjadi dua cara, yaitu:

1. Teori *insitu*

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan di tempat dimana batubara tersebut. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di hutan basah dan berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati dan roboh, langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut dan sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami pembusukan secara sempurna dan akhirnya menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik.

2. Teori *drift*

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan di tempat di mana batubara tersebut. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di delta mempunyai ciri-ciri lapisannya yaitu tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*), banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi).

3.1.2 Klasifikasi Batubara Menurut *American Standard Testing and Material*

Menurut Adiwikarta et al. (2024), klasifikasi kelas (*grade*) batubara berdasarkan kualitasnya menurut *American Standard Testing and Material* (ASTM) terbagi menjadi empat kelas utama, antara lain:

1. Lignit adalah batubara dengan tekstur seperti kayu dan memiliki warna hitam. Lignit berada pada tingkatan terendah dan diklasifikasikan sebagai batubara yang terdapat di daerah peralihan dari jenis gambut ke batubara.
2. Sub-bituminus adalah batubara yang memiliki kandungan oksigen dan air yang cukup besar, namun kandungan karbonnya sedikit. Sub-bituminus umumnya berwarna hitam dan merupakan peralihan batubara antara jenis lignit dan bituminous, sehingga diklasifikasikan sebagai batubara tingkat rendah.
3. Bituminus adalah batubara dengan tekstur ikatan yang baik berbentuk mineral padat dan berwarna hitam ataupun coklat tua. Bituminus memiliki sifat rapuh (*brittle*) karena terbentuk dari bongkahan beberapa lapisan prismatic yang menyebabkannya tidak mengeluarkan air dan gas apabila dilakukan proses pengeringan. Bituminus biasanya digunakan dalam bidang industri, transportasi, hingga pembangkit listrik tenaga uap.
4. Antrasit adalah batubara yang bertekstur keras dan kuat dengan warna hitam mengkilat seperti kaca. Antrasit memiliki kandungan zat terbang kurang dari 10% dan karbon lebih dari 93% sehingga diklasifikasikan sebagai batubara dengan tingkatan tertinggi.

Dasar klasifikasi batu bara menurut metode ASTM adalah peringkat batu bara selama proses coalifikasi. Analisis batu bara didasarkan pada *Fixed Carbon* (dmmf), *Volatile Matter* (dmmf), dan *Heating Value* (mmmf). Bila batu bara memiliki kandungan *Volatile Matter* <31% maka klasifikasi dilakukan dengan memperhatikan kadar *fixed carbon* (FC) batu bara. Bila batu bara memiliki kadar VM>31% maka klasifikasi dilakukan berdasarkan nilai kalor (*heating value*) batu bara (Nasir, 2022).

Masing-masing kelas dibedakan menjadi grup. Untuk antrasit terdapat dibagi menjadi 3 grup, bituminus 5 grup, subbituminus 5 grup dan lignit dikelompokkan menjadi 2 grup. Bisa dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Klasifikasi Batubara Menurut ASTM

Class	Group		Fixed carbon	Volatile matter	Heating values
			Dry %	Dry %	Dry Basis (Kcal/kg)
	Name	Symbol			
I. Anthracite	meta-anthracite	ma	> 98	>2	7740
	anthracite	an	92-98	2.0-8.0	8000
	semianthracite	sa	86-92	8.0-15	8300
II. Bituminous	low-volatile	lvb	78-86	14-22	8741
	medium volatile	mvb	89-78	22-31	8640
	high-volatile A	hvAb	<69	>31	8160
	high-volatile B	hvBb	57	57	6750-8160
	high-volatile C	hvCb	54	54	7410-8375
					6765-7410
III. Subbituminous	subbituminous A	subA	55	55	6880-7540
	subbituminous B	subB	56	56	6540-7230
	subbituminous C	subC	53	53	5990-6860
IV. Lignite	lignite A	ligA	52	52	4830-6360
	lignite B	ligB	52	52	<5250

Sumber: Billah, (2010)

3.1.3 Klasifikasi Batubara Menurut ISO (*International Standard Organization*)

Menurut Wibisono, (2021), batubara dapat dikelompokkan menjadi 3 peringkat menurut ISO (*International Standard Organization*), antara lain:

1. Batubara Peringkat Rendah (*Low Rank Coal*)

Termasuk dalam peringkat ini adalah batubara jenis sub-bituminus dan lignit dengan sifat fisik yang umum yaitu berwarna agak kecoklatan, kekerasannya rendah (lunak), rapuh, mudah hancur jika terkena perubahan cuaca, mudah hancur dan membentuk partikel halus dan debu ketika dipindahkan, mudah menyerap air sehingga saat musim hujan kadar airnya tinggi.

2. Batubara Peringkat Menengah (*Medium Rank Coal*)

Termasuk dalam kperingkat ini adalah batubara jenis bituminus, dimana memiliki sifat fisik yang umum yaitu kekerasannya lebih tinggi serta memiliki nilai HGI yang rendah, tidak mudah hancur jika terkena perubahan cuaca,

membentuk partikel debu yang lebih sedikit ketika proses transportasi, tidak mudah menyerap air selama musim hujan, kadar air rendah.

3. Batubara Peringkat Tinggi (*High Rank Coal*)

Termasuk kedalam peringkat ini adalah batubara jenis antrasit dengan sifat fisik yang umum yaitu kekerasannya paling tinggi, dan tidak mudah hancur jika terkena perubahan cuaca, hamper tidak membentuk partikel debu saat proses transportasi, hampir tidak menyerap air selama musim hujan.

International Standard Organization (ISO) membagi jenis batubara menjadi 3 jenis menurut *reflektan vitrinit* (RV). Bisa dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Klasifikasi Batubara Menurut ISO

Kategori Batubara	Reflektan Vitrinit (RV)	Deskripsi
Peringkat Rendah (Low Rank)	$\leq 0.5\%$	Lignit dan sub-bituminus, warna coklat kusam, muda hancur, reaktivitas tinggi.
Peringkat Menengah (Medium Rank)	0.5%-2.0%	Bituminus, warna hitam mengkilap, reaktivitas lebih rendah dari batubara peringkat rendah.
Peringkat Tinggi (High Rank)	2.0%-6.0%	Antrasit, warna hitam mengkilap hingga keperakan, kualitas terbaik.

Sumber: KM *Engineering* (2022)

3.2 Kualitas Batubara

Pada umumnya untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisa kimia pada batubara yang diantaranya dengan memperhatikan sejumlah parameter kualitas yang dihasilkan dari analisis kimia dan pengujian laboratorium (Ardhityasari, 2017).

3.2.1 Analisis Proksimat Kualitas Batubara

Dalam menganalisis batubara digunakan *analisis proximate* dengan beberapa parameter diantaranya jumlah kadar air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), abu (*ash*), dan kadar karbon (*fixed carbon*) yang terkandung di dalam batubara (Ardhityasari, 2017).

1. Kadar Air (*Moisture*)

Semua batubara memiliki kadar air (*moisture*) yang terdiri dari air permukaan (*surface moisture*) dan di dalam batubara itu sendiri (*inherent moisture*). Kadar air dalam batubara menjadi bertambah pada saat pencucian batubara sehabis penambangannya. Bertambahnya kadar air di dalam batubara juga disebabkan karena penimbunan di udara terbuka atau bila butiran-butiran batubaranya makin halus.

2. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Di dalam batubara terkandung sejumlah zat-zat atau gas-gas yang mudah terbang antara lain hidrogen dan zat-zat air arang (CH_4 , C_2C_6 , C_2H_2 , C_2H_4) sebagainya. Zat atau gas yang mudah terbang tersebut akan segera terbakar setelah bercampur dengan udara pembakaran, yang dimaksud dengan kandungan zat-zat mudah terbang tersebut adalah prosentase atau berat dari zat-zat penguap, bila dilakukan destilasi terhadap bahan bakar tersebut tanpa adanya hubungan dengan udara pada temperatur 9500°C dikurangi berat uap air yang menguap sedangkan sisanya berupa kokas. Kandungan zat terbang memberikan pengaruh terhadap peningkatan konversi kandungan zat terbang batubara. Kandungan zat terbang yang tinggi menunjukkan bahwa batubara didominasi oleh struktur alifatik dan gugus fungsional eter yang lemah dan mudah di putuskan ketika dipanaskan dalam suhu yang tinggi.

3. Kadar Karbon (*Fixed Carbon*)

Kadar karbon tetap merupakan bagian dari batubara yang membutuhkan waktu lama untuk terbakar di dalam ruang bakar, karena masih terdapat sisa karbon. *Fixed Carbon* ditentukan dengan perhitungan: 100% dikurangi persentase *moisture*, *volatile matter*, dan *ash* dalam basis kering udara (adb).

4. Kadar Abu (*Ash*)

Abu merupakan zat mineral yang tidak terbakar dan akan tertinggal ketika batubara terbakar sempurna. Kadar abu yang tinggi dalam batubara tidak mempengaruhi proses pembakaran, namun dapat memperbesar kerugian yang disebabkan terdapatnya sejumlah bahan bakar yang terbang bersama dengan abu tersebut. Abu batubara mengandung sebagian unsur yang bersifat volatile

pada temperatur tinggi dan ukuran batubara sangat bervariasi yang semuanya tergantung pada teknik penggilingan batubara.

3.2.2 Basis Analisis Kualitas Batubara

Basis batubara atau basis dalam perhitungan hasil analisis kualitas batubara adalah dasar yang digunakan untuk menyatakan nilai dari suatu parameter kualitas batubara dan menginterpretasikan nilai tersebut dalam kondisi tertentu batubara. Interpretasi dari basis tersebut sesuai dengan istilah pada basis batubara (Nuramila, 2019).

1. ARB (*As Received Basis*)

ARB atau AR merupakan nilai parameter atau kualitas batubara pada saat batubara tersebut diterima/disampling.

2. ADB (*Air Dried Basis*)

ADB merupakan nilai kualitas pada kondisi batubara setelah dikeringkan dalam udara. Secara teknisnya, uji dan analisis dilakukan dengan menggunakan sample uji yang telah dikeringkan pada udara terbuka yaitu sample ditebar tipis pada suhu ruangan, sehingga terjadi kesetimbangan dengan lingkungan ruangan laboratorium.

3. DB (*Dried Basis*)

DB merupakan nilai kualitas pada kondisi batubara kering atau tidak memiliki nilai *moisture*.

4. DAF (*Dried Ash Free*)

DAF merupakan nilai kualitas batubara pada kondisi batubara tersebut kering dan bebas dari abu.

5. DMMF (*Dried Mineral Matter Free*)

DMMF menginterpretasikan nilai kualitas pada kondisi batubara tidak mengandung air dan *mineral matter*. Basis DMMF dapat diartikan pula sebagai *pure coal basis*, yang berarti batubara diasumsikan dalam keadaan murni dan tidak mengandung air, abu, serta zat mineral lainnya.

6. MMMF (*Moist, Mineral Matter Free*)

MMMf menginterpretasikan nilai kualitas batubara pada kondisi batubara tersebut mengandung *moisture* dan tidak mengandung *mineral matter*.

3.3 Kualitas Batubara PT Bukit Asam Tbk

Klasifikasi batubara bertujuan untuk mengetahui variasi mutu atau kelas batubara. Klasifikasi batubara yang umum digunakan adalah klasifikasi menurut ASTM (*American Standard for Testing Materials*). PT Bukit Asam Tbk (PTBA) merupakan produsen batubara utama di Indonesia yang menjaga kualitas produk dengan mengacu pada standar internasional, salah satunya klasifikasi mutu batubara menurut ASTM (*American Standard for Testing Materials*). Penggolongan mutu batubara PTBA bisa dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Penggolongan Mutu Batubara PT Bukit Asam Tbk.

Kelas	Grup	Keterangan
Anthracite	1 Meta Anthracite	—
	2 Anthracite	Suban
	3 Semi-Anthracite	Air Laya
Bituminous	1 Low Volatile Bituminous	—
	2 Medium Volatile Bituminous	—
	3 High Volatile Bituminous Coal A	Air Laya dan Bukit Kendi
	4 High Volatile Bituminous Coal B	—
	5 High Volatile Bituminous Coal C	—
Sub-bituminous	1 Sub-bituminous Coal A	Air Laya
	2 Sub-bituminous Coal B	Muara Tiga Besar
	3 Sub-bituminous Coal C	Banko Barat

Sumber: Satker Eksplorasi PT Bukit Asam Tbk

3.4 Manajemen *Stockpile*

Stockpile batubara merupakan tempat penyimpanan batubara yang pertama masuk setelah mengalami proses pengangkutan yang panjang baik dari tempat distributor ataupun dari tempat penggalian material pada industri pertambangan. Sehingga tidak dapat di pastikan bahwa kualitas batubara tersebut tetap terjaga seperti kualitas aslinya sebelum pengangkutan menuju tempat penyimpanan.

Stockpile management batubara merupakan suatu proses perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian dan pengontrolan sumber daya untuk mencapai sasaran secara efektif dan efisien. Efektif berarti bahwa tujuan dapat dicapai sesuai dengan rencana dan efisien berarti bahwa tugas yang telah ada dilaksanakan secara benar, terorganisir dan sesuai dengan perencanaan. Dalam kaitannya dengan fungsi dari *stockpile* batubara sebagai tempat penimbunan sementara maka diperlukan sistem manajemen *stockpile* yang tepat.

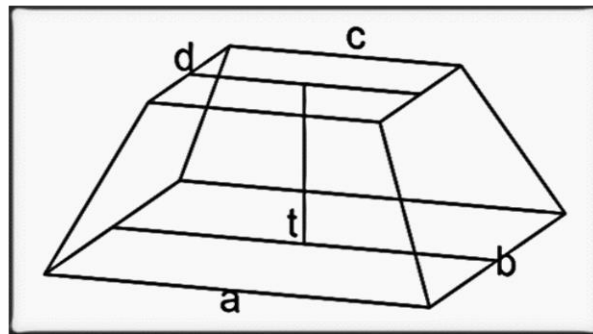
Dalam proses penyimpanan diharapkan jangka waktunya tidak terlalu lama, karena akan berakibat pada penurunan kualitas batubara. Proses penurunan kualitas biasanya lebih dipengaruhi oleh proses oksidasi dan faktor alam. Prinsip dasar pengelolaan *stockpile* adalah penerapan sistem FIFO (*First In First Out*), dimana batubara yang terdahulu masuk harus dikeluarkan terlebih dahulu. Menurut Jolo, (2017), ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam manajemen *stockpile* yaitu sebagai berikut:

1. Kontrol temperatur dan swabakar.
2. Kontrol terhadap kontaminasi dan dilusi.
3. Kontrol terhadap kualitas batubara.
4. Kontrol terhadap aspek lingkungan.

3.4.1 Dimensi *Stockpile*

Prinsip-prinsip pembuatan *stockpile* yang berorientasi pada pemeliharaan kuantitas, pemeliharaan kualitas serta berwawasan lingkungan pada dasarnya sama, baik itu *stockpile* berkapasitas kecil maupun besar. Bentuk bangun atau dimensi *stockpile* bermacam- macam, tetapi yang biasa dijumpai adalah bentuk kerucut dan limas terpancung (Arta & Ansory, 2019).

1. Volume Limas Terpancung



Gambar 3.1 Bangun Limas Terpancung

Pada Gambar 3.1 merupakan gambar limas terpancung. Untuk mencari volume limas terpancung ini bisa dicari menggunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{1}{3} \times t (L1 + L2 + \sqrt{L1 \times L2}) \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

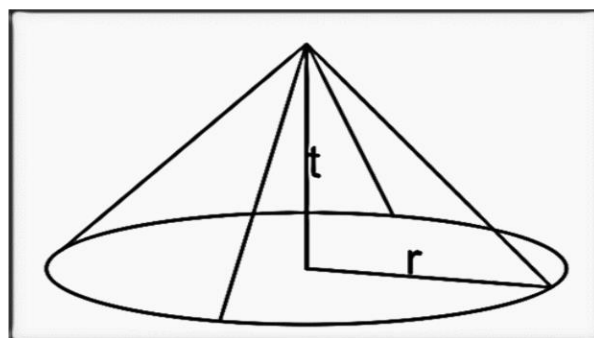
V = Volume Limas Terpancung

t = Tinggi Limas Terpancung

L1 = Luas Alas

L2 = Luas Atas

2. Volume Kerucut



Gambar 3.2 Bangun Kerucut

Pada Gambar 3.2 merupakan gambar kerucut. Untuk mencari volume kerucut ini bisa dicari menggunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{1}{3} \pi \times r^2 \times t \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

V = Volume kerucut
 r = Jari-jari alas lingkaran
 t = Tinggi kerucut

3.4.2 Sistem Penimbunan

Menurut Azizah (2022), diperlukan pengaturan sistem penimbunan batubara untuk mengurangi risiko kebakaran pada *stockpile*. Selain itu, perlu memperhatikan sistem pembongkaran batubara untuk diperhatikan. Ada beberapa sistem dalam pembongkaran timbunan antara lain:

1. Sistem LIFO (*Last in First Out*)

Sistem ini dilakukan melibatkan pengambilan batubara yang terakhir ditimbun akan dilakukan pengambilan yang paling awal. Penimbunan dan pengambilan batubara dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Namun, sistem ini memiliki kelemahan yaitu semakin lama batubara tertimbun pada *stockpile*.

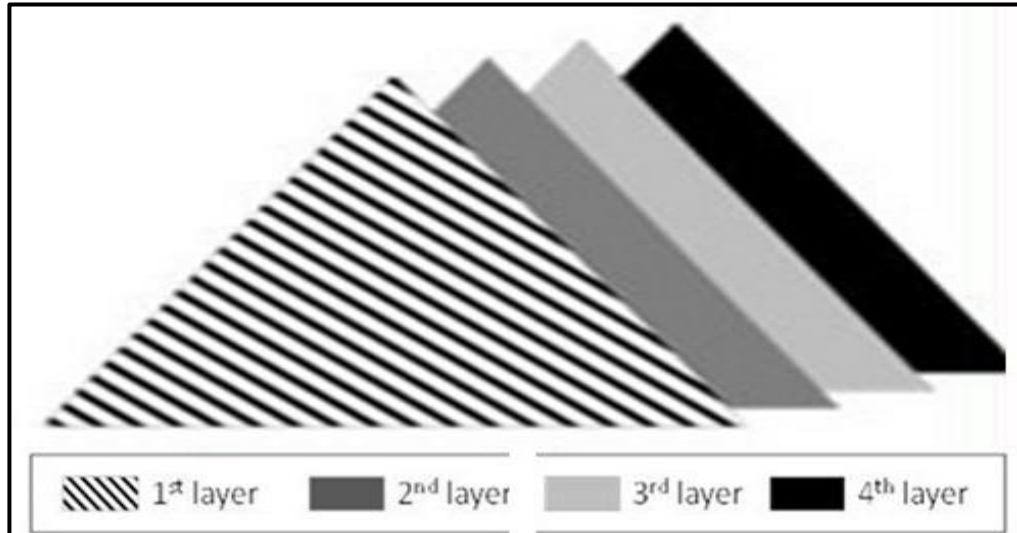
2. Sistem FIFO (*First In First Out*)

Sistem ini melibatkan pengambilan batubara yang pertama kali dilakukan penimbunan maka harus dilakukan pengambilan yang pertama kali. Sistem FIFO harus diterapkan pada perusahaan tambang batubara untuk mencegah terjadinya risiko swabakar.

3.4.3 Pola Penimbunan

Pola penimbunan memiliki dua metode, yaitu metode penimbunan terbuka (*open stockpile*) dan metode penimbunan tertutup (*coverage storage*). Penimbunan yang umum dilakukan di kegiatan pertambangan adalah dengan metode penimbunan terbuka (*open stockpile*). *Open stockpile* adalah penumpukan material di atas permukaan tanah secara terbuka dengan ukuran sesuai tujuan dan proses yang digunakan. Pola penimbunan tersebut antara lain (Arta & Ansory, 2019):

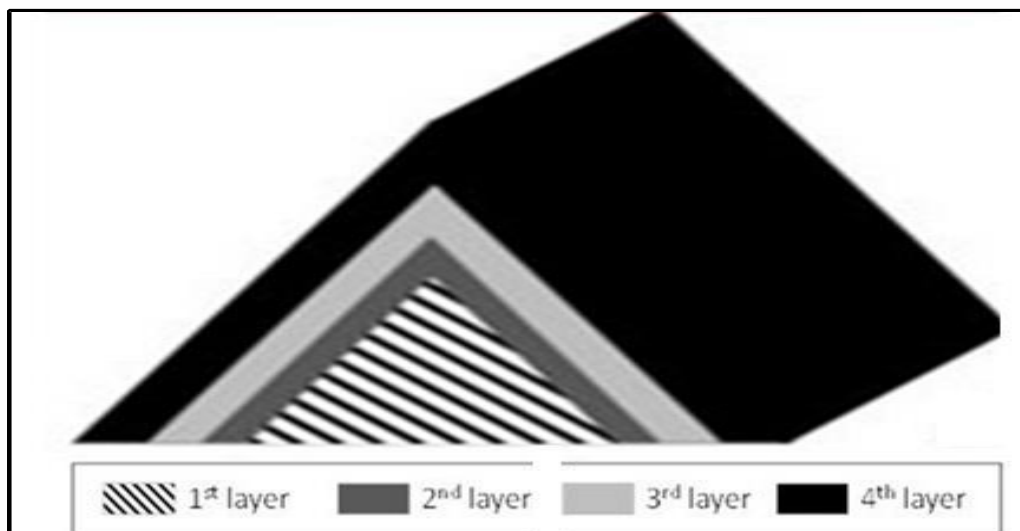
1. *Cone ply* merupakan pola dengan bentuk kerucut pada salah satu ujungnya mencapai ketinggian yang dikehendaki dan dilanjutkan menurut panjang *stockpile*.



Sumber: Arta & Ansory, (2019)

Gambar 3.3 Pola Penimbunan *Cone ply*

2. *Chevron* merupakan pola dengan menempatkan timbunan pada satu baris material, sepanjang *stockpile* dan tumpukan dengan cara bolak balik hingga mencapai ketinggian yang diinginkan.

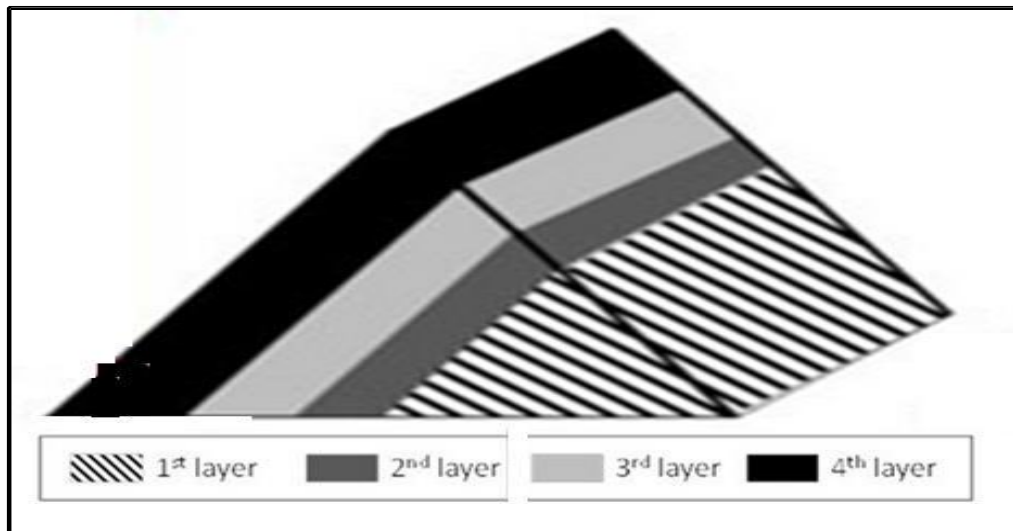


Sumber: Arta & Ansory, (2019)

Gambar 3.4 Pola Penimbunan *Chevron*

3. *Chevcon* merupakan pola penimbunan dengan kombinasi antara pola penimbunan *chevron* dan *cone ply*. Dalam pola ini, material ditumpuk dalam bentuk kerucut dalam satu ujung mencapai ketinggian yang diinginkan,

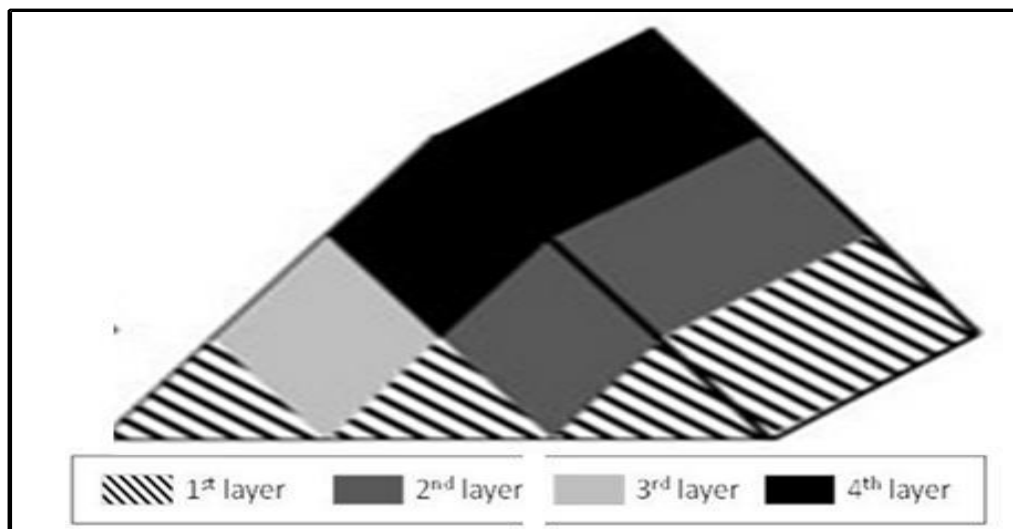
kemudian dilanjutkan dengan menempatkan tumpukan material dalam satu baris sepanjang *stockpile* seperti pada pola *chevron*.



Sumber: Arta & Ansory, (2019)

Gambar 3.5 Pola Penimbunan *Chevron*

4. *Windrow* merupakan pola dengan tumpukan dalam baris sejajar sepanjang lebar *stockpile* dan diteruskan sampai ketinggian yang dikehendaki tercapai.



Sumber: Arta & Ansory, (2019)

Gambar 3.6 Pola Penimbunan *Windrow*

3.4.4 Penanganan Timbunan

Menurut Utamakno et al. (2017), ada 3 macam penanganan timbunan batubara antara lain:

1. Degradasi Ukuran Butir

Pada umumnya material berukuran kasar memiliki angle of repose lebih besar dibandingkan material berukuran halus. Ukuran butir pada *Live Stockpile* III berkisar antara 50 mm - 75 mm. Hal ini berarti ukuran butir batubara masih cukup kasar. Selain itu, semakin kecil degradasi ukuran batubara, maka luas permukaan yang berhubungan langsung dengan udara luar semakin besar, sehingga semakin cepat proses oksidasi berlangsung. Sebaliknya semakin besar ukuran bongkah batubara, semakin lambat proses swabakar. Ukuran butir batubara juga mempengaruhi kecepatan dari proses oksidasi. Semakin seragam besar ukuran butir dalam suatu timbunan batubara, semakin besar pula porositas yang dihasilkan dan akibatnya semakin besar permeabilitas udara luar untuk dapat beredar di dalam timbunan batubara jika tidak dilakukan pemadatan timbunan.

2. Pemadatan Timbunan

Untuk penyimpanan batubara yang relatif lama, baik batubara peringkat rendah maupun peringkat tinggi, sebaiknya setiap lereng tumpukan dipadatkan, khususnya yang menghadap ke arah angin. Dengan melakukan pemadatan setiap lereng tumpukan berarti mengurangi risiko terjadinya gejala swabakar, karena swabakar dari suatu jenis batubara di tempat timbunan atau penyimpanan umumnya disebabkan oleh dua faktor yaitu udara dan panas, maka pencegahan terjadinya swabakar hanya dapat dilakukan apabila salah satu dari kedua faktor ini dihilangkan atau ditiadakan melalui tindakan pemadatan dalam memperkecil terjadinya kontak antara partikel batubara dengan oksigen dari udara.

3. Sudut Kemiringan Timbunan

Dalam penanganan batubara yang perlu juga diperhatikan adalah sudut kemiringan timbunan batubara atau sudut *slope* timbunan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi efek angin yang menerpa timbunan batubara. Dengan melandaikan permukaan timbunan maka mengurangi penetrasi angin atau oksigen masuk ke dalam timbunan batubara. Karena dengan sudut yang aerodinamis angin yang menerpa pada timbunan batubara seolah-olah dibelokkan ke atas sehingga tidak terjadi turbulensi angin di sekitar batubara.

Hal ini akan mengurangi tingkat oksidasi yang terjadi terhadap timbunan batubara.

3.5 Swabakar

Swabakar adalah suatu fenomena yang terjadi pada batubara pada saat batubara tersebut disimpan pada *stockpile* dalam jangka waktu tertentu. Swabakar sendiri merupakan proses dimana terbakar dengan sendirinya batubara akibat dari reaksi oksidasi eksotermis (uap dan oksigen diudara) yang dapat terus menyebabkan kenaikan terhadap temperatur batubara. Batubara dapat mengalami proses pembakaran secara spontan dimana kemungkinan penyebabnya adalah kualitas batubara yang rendah. Swabakar pada batubara adalah serangkaian dari reaksi kimia yang membentuk gas metana pada kadar lebih dari 15%. Kebakaran dapat terjadi apabila panas dari reaksi oksidasi yang berada didalam timbunan tidak dapat dikeluarkan secara baik, terutama batubara yang memiliki ukuran kecil, dimana memiliki luas permukaan besar, sehingga lebih mudah untuk menjadi panas (Afif, 2022).

Apabila terjadi reaksi oksidasi secara terus – menerus maka panas yang dihasilkan juga akan mengalami peningkatan. Meningkatnya suhu disebabkan karena sirkulasi udara dalam timbunan tidak lancar, sehingga suhu dalam timbunan akan terakumulasi dan naik mencapai suhu titik pembakaran (*self – heating*), dan akhirnya menyebabkan terjadinya swabakar (Afif, 2022). Peristiwa swabakar dapat dilihat pada Gambar 3.7



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 3.7 Peristiwa Swabakar

3.5.1 Pemicu Awal Terjadinya Swabakar

Pemahaman mengenai penyebab awal terjadinya swabakar pada batubara penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memicu proses pembakaran spontan. Terdapat dua teori utama yang dapat menjelaskan awal mula terjadinya swabakar, yaitu teori segitiga api dan teori bidang empat api.

3.5.1.1 Teori Segitiga Api

Api adalah reaksi kimia dari beberapa elemen yang mengalami reaksi pembakaran dan menghasilkan panas. Segitiga api adalah elemen elemen pembentuk api yang dirangkai dalam suatu segitiga yang menggambarkan proses terjadinya api (Analiser & Musprianto, 2021). Elemen-elemen tersebut diantaranya:

1. Oksigen

Sumber oksigen berasal dari aktivitas tumbuhan yang hidup dekat permukaan laut maupun di darat yang mengalami fotosintesis yaitu mengeluarkan oksigen sebagai zat sisa pemrosesan sinar matahari dan karbon dioksida. Dimana dibutuhkan paling sedikit sekitar 15% volume oksigen dalam udara agar terjadi pembakaran. Udara normal di dalam atmosfer mengandung 21% volume oksigen. Ada beberapa bahan bakar yang mempunyai cukup banyak kandungan oksigen yang dapat mendukung terjadinya pembakaran.

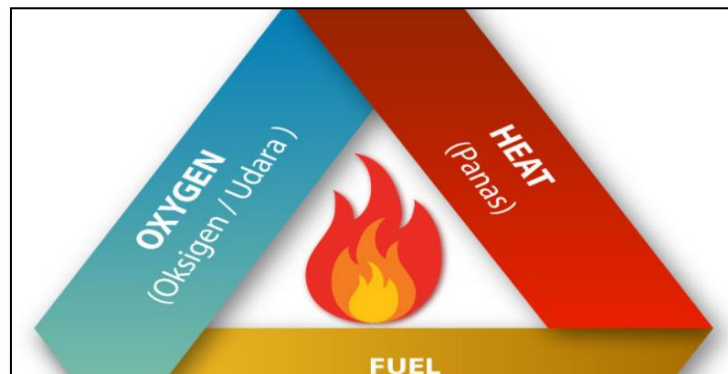
2. Panas

Sumber panas diperlukan untuk mencapai suhu penyalaan sehingga dapat mendukung terjadinya kebakaran. Sumber panas antara lain: panas matahari, permukaan yang panas, tempat terbuka, gesekan, energi listrik, percikan api listrik, api las / potong, gas yang dikompresi.

3. Bahan bakar

Bahan bakar adalah semua benda yang dapat mendukung terjadinya pembakaran. Ada tiga wujud bahan bakar, yaitu padat, cair dan gas. Dalam teori segitiga api, batubara bertindak sebagai unsur bahan bakar yang memberi "makanan" bagi api untuk tetap menyala. Jika batubara disimpan di tumpukan (*stockpile*) dan terpapar oksigen serta panas, reaksi oksidasi lambat dapat terjadi sehingga suhu perlahan naik. Jika akumulasi panas tidak terbuang dan mencapai

suhu tertentu, batubara bisa mengalami *self-heating* yang berujung pada swabakar (*spontaneous combustion*).



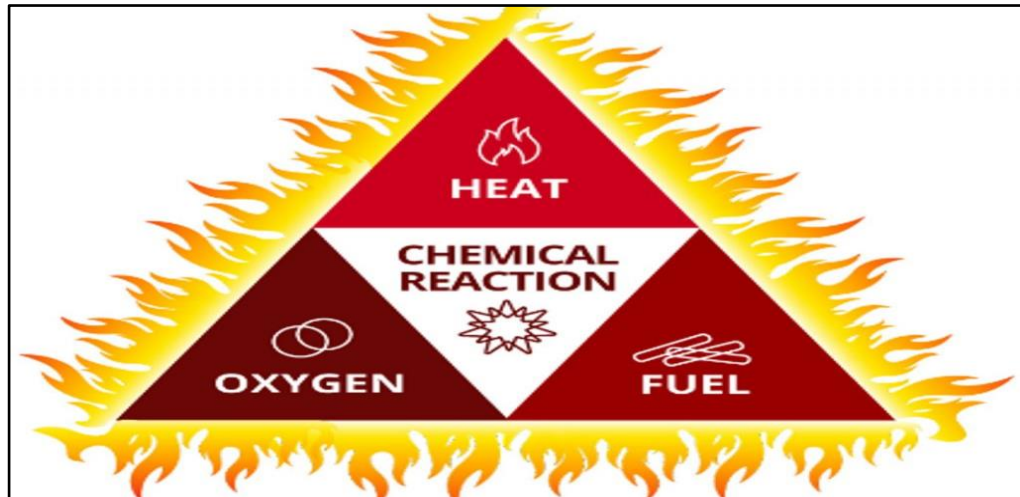
Sumber: Analiser & Musprianto, (2021)

Gambar 3.8 Segitiga Api

3.5.1.2 Teori Bidang Empat Api

Teori segitiga api mengalami perkembangan yaitu dengan ditemukannya unsur keempat untuk terjadinya api yaitu rantai reaksi kimia. Konsep ini dikenal dengan teori *tetrahedron of fire*. Teori ini ditemukan berdasarkan penelitian dan pengembangan bahan pemadam tepung kimia (*dry chemical*) dan halon (*halogenated hydrocarbon*). Ternyata jenis bahan pemadam ini mempunyai kemampuan memutus rantai reaksi kontinuitas proses api (Cholil, 2023).

Teori *tetrahedron of fire* ini didasarkan bahwa dalam panas pembakaran yang normal akan timbul nyala, reaksi kimia yang terjadi menghasilkan beberapa zat hasil pembakaran seperti CO, CO₂, SO₂, asap dan gas. Hasil lain dari reaksi ini adalah adanya radikal bebas dari atom oksigen dan hydrogen dalam bentuk hidroksil (OH) (Cholil, 2023).



Sumber: (Cholil, 2023)

Gambar 3.9 Bidang Empat Api

3.5.2 Faktor Penyebab Terjadinya Swabakar

Menurut Afif, (2022), batubara merupakan zat organik yang jika berisinggungan secara terus menerus dengan udara dalam suhu yang tinggi dapat menyebabkan terbakarnya batubara tersebut dengan sendirinya. Kejadian ini dapat dipercepat oleh:

1. Terjadinya reaksi eksotermis di dalam batubara (uap dan oksigen di udara).
2. Reaksi eksotermis akan menghasilkan panas.
3. Apabila panas tidak dapat dilepaskan ke luar permukaan *stockpile* maka akan terjadi peningkatan suhu di dalam tumpukan batubara sehingga akan memicu timbulnya api pada batubara.
4. Kecepatan angin yang mengenai *stockpile*.
5. Manajemen *stockpile* yang tidak baik.
6. Lamanya penimbunan.
7. Tinggi pada *stockpile*.

Menurut Sarmidi et al., (2017) ada beberapa faktor penyebab terjadinya swabakar antara lain:

1. Lama Penimbunan

Lamanya waktu batubara yang tertimbun akan menghasilkan panas yang besar di dalam timbunan sehingga kecepatan oksidasi menjadi semakin tinggi/cepat.

2. Metode penimbunan

Salah satu cara agar dapat menghambat proses terjadinya swabakar batubara dengan memperkecil ruang antar butir material batubara, sehingga timbunan batubara ini harus dipadatkan.

3. Kondisi timbunan

Kondisi timbunan ini yang dimaksud adalah timbunan yang sudah terlalu lama dalam segi waktu.

4. Tinggi timbunan

Timbunan yang tinggi akan menyebabkan semakin banyak panas yang terserap, hal ini dimungkinkan sisi miring yang terbentuk akan semakin luas/lebar dan akan menyebabkan permukaan yang teroksidasi semakin membesar.

5. Suhu

Semua jenis batubara baik kualitas tinggi atau rendah mempunyai potensi untuk terjadinya swabakar, tetapi waktu yang diperlukan dan besarnya suhu untuk proses swabakar pada batubara tidaklah sama. Batubara yang memiliki kualitas tinggi memerlukan waktu yang singkat dan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan kualitas yang rendah.

3.5.3 Upaya Pencegahan Swabakar

Menurut Sarmidi et al., (2017) ada beberapa cara dalam melakukan penanganan tumpukan batubara agar mengurangi terjadinya swabakar, diantaranya adalah:

1. Memadatkan permukaan

Untuk penyimpanan batubara yang relatif cukup lama, baik batubara yang berkualitas tinggi maupun batubara yang berkualitas rendah, sebaiknya setiap kemiringan tumpukan harus tetap dipadatkan, khususnya pada tumpukan yang menghadap arah mata angin. Pemadatan pada permukaan akan mengurangi tingkat oksidasi batubara didalam tumpukanitu sendiri. Pemadatan permukaan harus dilakukan secara berkala pada lapisan timbunan batubara dengan ketebalan 0,5-1 meter.

2. Mengurangi sudut *slope* tumpukan

Tindakan ini dilakukan untuk mengurangi banyaknya angin yang menerpa tumpukan batubara. pelandaian atau penurunan permukaan yang menghadap ke arah angin dapat membantu mengurangi persentase oksigen yang masuk ke dalam timbunan batubara. Dengan sudut yang landai, angin yang menerpa tumpukan batubara akan lebih cenderung mengalir ke atas, mengurangi kemungkinan terjadinya turbulensi angin disekitar timbunan batubara. Hal ini dapat membantu dalam mengontrol proses oksidasi batubara yang dapat menyebabkan kerugian massa dan kualitas batubara yang dihasilkan.

3. Mengurangi ketinggian *stockpile*

Tujuan dilakukannya hal ini untuk mengurangi *impact* dari angin yang menerpa timbunan atau tumpukan. Apabila luas permukaan yang di terpa oleh angin besar, maka semakin besar tingkat oksidasi yang terjadi, yang berarti semakin besar kemungkinan terjadinya swabakar. Mengurangi ketinggian *stockpile* dapat dilakukan dengan menyetok batubara yang melebar atau luasan tumpukannya diperbesar. Pemadatan *stockpile* dapat dilakukan *layer by layer* yang dapat dilakukan terhadap batubara yang relatif keras atau tidak rapuh, karena bila dilakukan terhadap batubara yang rapuh akan menghasilkan debu.

4. Melakukan Pengecekan Temperatur

Pengecekan temperatur pada tumpukan batubara menggunakan alat pengukur temperatur *Thermo Hunter* sangat penting untuk memantau perubahan suhu secara berkala. Dengan memantau kenaikan suhu perhari, Anda dapat mengidentifikasi pola dan tren yang mungkin mengarah pada potensi swabakar (*spontaneous combustion*). Dengan mengetahui titik suhu mulai terjadinya gejala swabakar, Anda dapat mengambil langkah pencegahan yang diperlukan sebelum gejala tersebut berkembang menjadi masalah yang lebih serius. Pencegahan dapat mencakup pengaturan ventilasi yang lebih baik, penggunaan bahan kimia penahan api, atau bahkan penataan ulang tumpukan batubara untuk mengurangi risiko terjadinya swabakar. Dengan memantau secara teratur dan melakukan tindakan pencegahan yang tepat, Anda dapat mencegah atau setidaknya meminimalkan potensi terjadinya swabakar pada tumpukan batubara,

yang dapat mengurangi risiko kerugian baik secara finansial maupun dari segi keselamatan.

5. Melakukan Management FIFO (*First In-First Out*)

Disetiap *stockpile* diperusahaan terbuka harus diusahakan melaksanakan management FIFO. Hal ini juga dapat mencegah terjadinya swabakar di *stockpile*. Semakin lama batubara terekspose di udara maka akan mengalami oksidasi yang berarti akan semakin membesarkan potensi terjadinya pemanasan.

3.5.4 Upaya Penanganan Swabakar

Menurut Sarmidi et al., (2017) ada faktor-faktor penting dalam penanganan swabakar dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

1. Hati-hati dalam melakukan penanganan batubara yang telah terbakar, semua alat harus aman yaitu alat jangan ada bocor dihidrolick dan mesin alat harus steril dari debu dan termasuk manusia wajib menggunakan APD (Alat Pelindung Diri).
2. Penggalian terhadap batubara dilakukan apabila *stockpile* tersebut terbakar. Hati-hati dalam melakukan penggalian batubara yang telah terbakar karena dimungkinkan dapat menimbulkan api meluap dan menjadi lebih besar.
3. Relokasi batubara yang suhu tinggi namun belum terbakar ke lokasi *stockpile* yang lebih aman. Tebarkan batubara untuk menurunkan suhunya tersebut.
4. Buang sisa abu yang terdapat pada bekas terbakarnya batubara, dengan tujuan untuk menghindarkan kualitas batubara yang masih awal agar tidak terkontaminasi dengan pengotor.
5. Lakukan pemadatan apabila batubara tersebut tidak akan segera dimuat, dengan menumpuk kembali batubara tersebut setelah suhunya turun.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Faktor-Faktor Penyebab Swabakar di *Stockpile* RL 56

Stockpile RL 56 ini merupakan salah satu tempat penyimpanan sementara batubara hasil kegiatan penambangan sebelum di arahkan ke proses selanjutnya diangkut atau dipasarkan. Berdasarkan pengamatan di lapangan pada area *stockpile* RL 56 terdapat beberapa tumpukan yang terdiri dari dua kualitas yang berbeda yaitu kualitas AL 42 dan kualitas AL 71. Lokasi ini menjadi fokus penelitian karena memiliki potensi yang cukup besar terhadap risiko swabakar akibat berbagai faktor yang ada seperti lamanya penimbunan, sistem FIFO yang belum sepenuhnya berjalan lancar, tinggi tumpukan, dan kurangnya pengukuran suhu/temperatur pada batubara. Gambar 4.1 berikut menunjukkan tampak atas dari lokasi *Stockpile* RL 56.



Sumber: Satker Penambangan Air Laya

Gambar 4.1 Area Lokasi *Stockpile* RL 56

4.1.1 Lama Penimbunan

Semakin lama batubara terekspose dengan udara, maka semakin besar kemungkinan batubara tersebut mengalami oksidasi yang berarti semakin besar

kemungkinan terjadinya swabakar. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, batubara di *stockpile* RL 56 di tumpukan *stockpile* AL 71 waktu penimbunannya cukup lama yaitu berkisar ± 5 bulan sebelum di lakukan pengangkutan. Sistem FIFO di *stockpile* RL 56 belum berjalan dengan optimal. Hal ini mengakibatkan batubara yang masuk lebih dahulu tidak segera digunakan atau dipindahkan, sehingga batubara tertimbun lebih lama lalu mengalami oksidasi dan akumulasi panas yang pada akhirnya meningkatkan potensi terjadinya swabakar. Dengan itu, lama penimbunan batubara hingga ± 5 bulan di *stockpile* RL 56 di tumpukan *stockpile* AL 71 menjadi salah satu faktor meningkatnya potensi swabakar di area tersebut.

4.1.2 Sistem dan Pola Penimbunan

Berdasarkan hasil observasi lapangan, sistem penimbunan batubara yang diterapkan di *Stockpile* RL56 adalah sistem FIFO (*First In First Out*), yaitu metode di mana batubara yang pertama kali masuk adalah yang pertama kali dikeluarkan atau digunakan. Namun, dalam pelaksanaannya sistem FIFO ini belum berjalan secara optimal. Hal ini terlihat dari proses pengambilan batubara yang tidak selalu sesuai urutan waktu penimbunannya. Kondisi ini berpotensi menyebabkan akumulasi panas karena adanya batubara yang tertimbun terlalu lama dan mengalami proses oksidasi, sehingga meningkatkan risiko swabakar.

Selain itu Pola penimbunan yang digunakan juga tidak mengikuti pola umum seperti *chevron*, *chevcon*, *cone ply*, atau *windrow*. Keempat pola ini dirancang untuk mendistribusikan batubara secara merata dan memungkinkan pendinginan serta sirkulasi udara yang lebih baik di dalam timbunan. Namun pola penimbunan yang digunakan di *Stockpile* RL56 adalah pola *dump per dump*, yaitu metode di mana batubara ditumpuk secara bertahap sesuai dengan urutan *dump-truck* membuang materialnya, langsung di lokasi penimbunan yang telah direncanakan untuk setiap *dump*. Dengan kata lain, penimbunan dilakukan satu *dump-truck* per satu *dump-truck* secara bertahap.

Pola ini menyebabkan batubara menumpuk secara tidak merata dan membentuk timbunan dengan kerapatan dan tinggi yang bervariasi. Akibatnya, distribusi panas di dalam timbunan menjadi tidak merata dan titik-titik panas

(*hotspot*) lebih mudah terbentuk. Kondisi sistem FIFO yang tidak berjalan maksimal dan pola penimbunan yang kurang ideal ini menjadi salah satu faktor yang meningkatkan risiko terjadinya swabakar.

4.1.3 Dimensi Timbunan

Dimensi timbunan merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya swabakar dimana semakin tinggi timbunan maka akan semakin banyak panas yang ditimbulkan, berdasarkan pengukuran di dapatkan data sebagai berikut :

1. Luas Alas = 13.879 m^2
2. Luas Atas = 8.137 m^2
3. Tinggi = 11 m
4. Volume = 119.691 m^3



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 4.2 Timbunan Batubara AL 71

Tinggi timbunan AL 71 yang mencapai 11 meter secara signifikan melebihi batas maksimum penimbunan yang direkomendasikan, yaitu maksimal 6-8 meter untuk penyimpanan jangka panjang. Tinggi timbunan yang berlebihan ini menjadi faktor utama yang menyebabkan akumulasi atau penumpukan panas di bagian dalam tumpukan, terutama di bagian tengah dan bawah yang lebih tertutup,

sehingga panas yang dihasilkan oleh proses oksidasi batubara tidak bisa segera keluar atau terdisipasi dengan baik.

Volume timbunan batubara yang besar dan tinggi menyebabkan potensi terjadinya penumpukan panas di dalam tumpukan menjadi semakin besar. Semakin banyak batubara yang ditimbun dan semakin tinggi tumpukannya, proses oksidasi batubara menghasilkan panas yang lebih banyak dan sulit untuk hilang.

Luas permukaan bawah tumpukan yang lebih besar dari pada luas permukaan atas menyebabkan massa batubara terdistribusi secara tidak merata bagian bawah menjadi lebih padat dan berat. Hal ini menyebabkan tekanan di bagian bawah dan tengah tumpukan menjadi lebih tinggi, dengan efek menekan batubara sehingga ruang pori menjadi lebih kecil. Karena distribusi massa yang tidak merata dan kondisi penimbunan yang padat ini, kondisi suhu di bagian tengah timbunan menjadi tidak stabil dan lebih mudah terjadi akumulasi panas. Panas yang terperangkap sulit hilang, sehingga suhu di dalam tumpukan bisa naik terus-menerus.

Oleh karena itu, dimensi tumpukan batubara adalah faktor penting yang memengaruhi risiko swabakar. Jika tumpukan terlalu besar dan tinggi, risiko panas berlebih dan swabakar akan meningkat.

4.1.4 Suhu atau Temperatur Batubara

Semakin lama batubara terpapar dengan udara, maka semakin besar kemungkinan batubara tersebut mengalami oksidasi yang berarti semakin besar kemungkinan terjadinya swabakar. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran temperatur pada tumpukan batubara. Hasil pengukuran suhu dilakukan selama 2 minggu, 5 hari dalam seminggu, dan di 8 titik pengambilan. Hasil pengukuran suhu pada minggu pertama dengan kondisi ketika tidak ada hujan suhu tumpukan batubara terus meningkat karena panas dari proses oksidasi batubara menumpuk tanpa ada pendinginan alami, dan kemudian pada minggu kedua ketika cuaca hujan suhu batubara turun karena air hujan membantu mendinginkan tumpukan dan mengurangi panas di dalamnya. Namun, meskipun turun suhu batubara tetap lebih tinggi dari suhu cuaca atau udara sekitar karena proses oksidasi di dalam tumpukan masih menghasilkan panas. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat

pengukur *Infrared Thermometer*. Selama pengukuran tersebut terdapat beberapa puncak kritis yang bisa menyebabkan terjadinya swabakar.

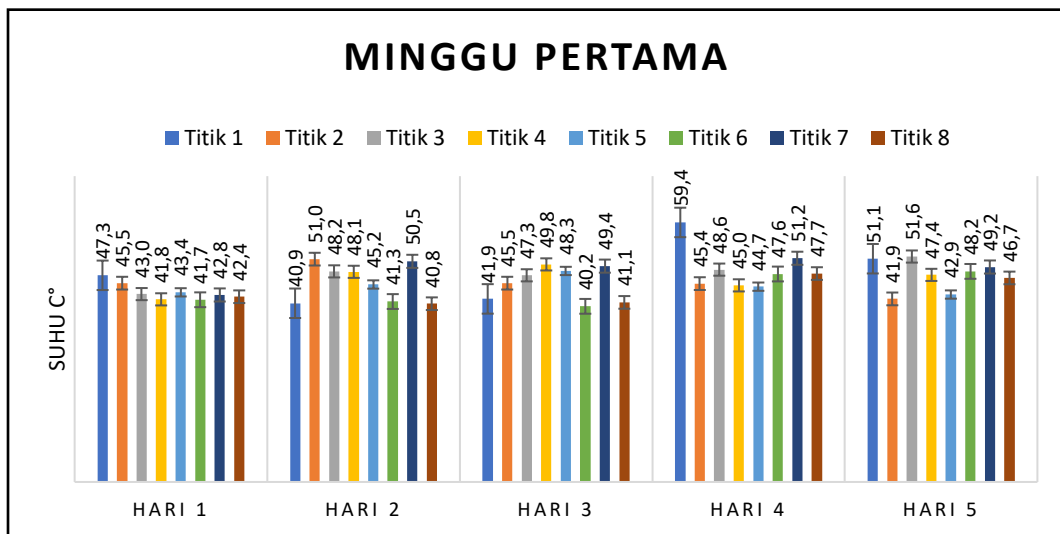
Tabel 4.1 Data pengukuran suhu pada tumpukan batubara *stockpile* AL 71

HARI	SUHU CUACA (C°)	TITIK SAMPEL (C°) MINGGU PERTAMA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Senin	30	47,3	45,5	43,0	41,8	43,4	41,7	42,8	42,4
Selasa	33	40,9	51,0	48,2	48,1	45,2	41,3	50,5	40,8
Rabu	30	41,9	45,5	47,3	49,8	48,3	40,2	49,4	41,1
Kamis	34	59,4	45,4	48,6	45,0	44,7	47,6	51,2	47,7
Jum'at	33	51,1	41,9	51,6	47,4	42,9	48,2	49,2	46,7

HARI	SUHU CUACA (C°)	TITIK SAMPEL (C°) MINGGU KEDUA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Senin	27	31,5	30,7	30,3	31,4	31,4	31,9	31,3	31,7
Selasa	30	44,8	44,2	40,5	47,4	40,8	38,6	41,1	41,3
Rabu	30	44,7	42,4	45,8	47,5	42,3	36,9	41,0	39,3
Kamis	32	44,1	44,6	44,8	48,0	39,5	39,2	40,5	42,5
Jum'at	30	42,5	40,1	39,4	40,0	35,3	37,6	40,0	39,5

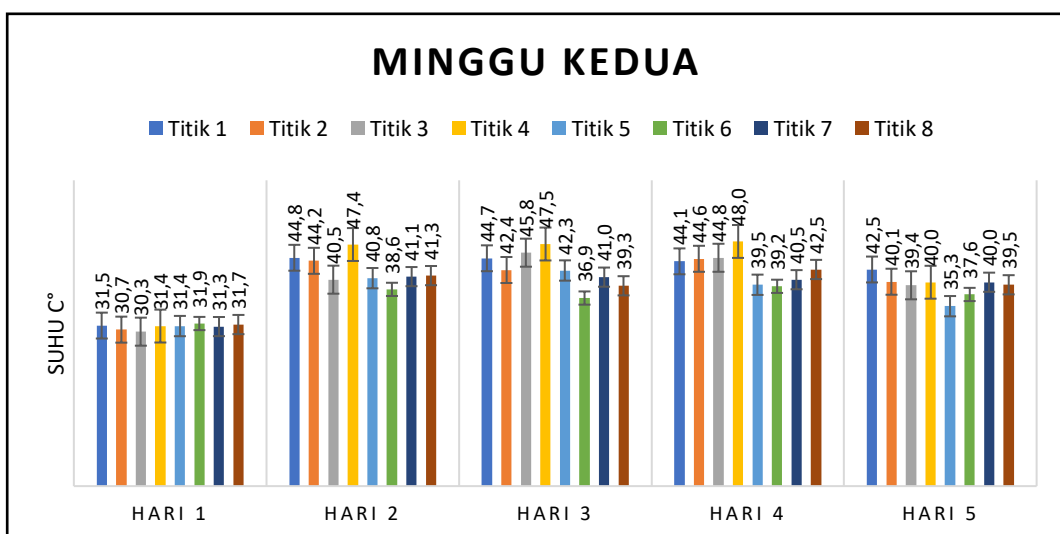
Dari data temperatur yang telah didapat diketahui bahwa perubahan suhu yang signifikan telah terdeteksi selama penyimpanan batubara. Suhu kritis yang tercatat pada beberapa titik pengukuran (ditandai dengan warna merah pada tabel) menunjukkan suhu pada level yang sangat berbahaya karena dapat menyebabkan swabakar pada batubara. Swabakar ini terjadi ketika suhu batubara meningkat hingga melewati ambang tertentu yang menyebabkan batubara terbakar dengan sendirinya akibat reaksi oksidasi.

Sementara itu, pada bagian tabel yang berwarna biru, suhu yang dicatat merupakan suhu awal reaksi oksidasi batubara. Pada suhu ini, proses reaksi oksidasi mulai terjadi namun belum sampai pada titik kritis yang membahayakan atau menyebabkan terjadinya swabakar. Artinya, batubara dalam kondisi ini mulai mengalami pemanasan sendiri, tetapi belum mencapai suhu yang dapat memicu swabakar.



Gambar 4.3 Grafik Suhu Batubara Pada Minggu Pertama

Pada minggu pertama, kondisi cuaca cenderung cerah dengan suhu udara berkisar antara 30°C hingga 34°C. Hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan suhu batubara di sebagian besar titik. Misalnya, titik 1 mengalami kenaikan suhu dari 47,3°C (Hari 1) menjadi 59,4°C (Hari 4), dan titik 6 mencapai suhu 51,6°C (Hari 5). Peningkatan suhu ini terjadi karena proses oksidasi batubara berjalan tanpa adanya gangguan pendinginan dari luar (misalnya hujan). Reaksi oksidasi menghasilkan panas yang terjebak di dalam tumpukan, sehingga menyebabkan suhu batubara terus meningkat dari hari ke hari. Kondisi ini menunjukkan potensi awal terjadinya swabakar apabila tidak dilakukan penanganan yang tepat.



Gambar 4.4 Grafik Suhu Batubara Pada Minggu Kedua

Sementara itu, memasuki minggu kedua terjadi penurunan suhu cuaca hingga 27–32°C disertai hujan. Kondisi ini berdampak langsung terhadap suhu batubara, yang cenderung menurun drastis. Sebagai contoh, pada minggu pertama suhu tertinggi ada pada titik 1 hari ke 4 mencapai 59,4°C, pada minggu kedua suhu terendah ada pada titik 3 hari ke 1 turun menjadi 30,3°C. Secara umum, seluruh titik menunjukkan penurunan suhu, dengan nilai rata-rata berkisar antara 30–45°C. Namun ada beberapa nilai berkisar 47–48°C yang merupakan suhu awal terjadinya reaksi oksidasi pada batubara. Meski terjadi penurunan, suhu batubara tetap lebih tinggi dibandingkan suhu lingkungan, yang menunjukkan bahwa reaksi eksotermis masih berlangsung namun terhambat oleh pendinginan dari hujan.

Dari hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa cuaca sangat memengaruhi suhu internal batubara, namun peningkatan suhu tetap dapat terjadi akibat akumulasi panas dari proses oksidasi, khususnya pada kondisi tumpukan yang terlalu padat atau tidak teratur. Oleh karena itu, keberadaan titik-titik dengan suhu tinggi menjadi perhatian utama dalam pencegahan swabakar.

Dari beberapa faktor-faktor penyebab terjadinya swabakar diatas dapat dianalisis potensi swabakar yang terjadi pada tumpukan batubara *stockpile* RL56 disebabkan oleh beberapa hal diantaranya manajemen penimbunan yang kurang optimal mulai dari lama timbunan yang melebihi jangka waktu rekomendasi yaitu tidak lebih dari 1 bulan agar mengurangi risiko pemanasan berlebih. Penerapan sistem FIFO (*First In First Out*) yang belum berjalan dengan baik dan dengan pola penimbunan yang kurang ideal. Berdasarkan pengolahan dimensi timbunan *stockpile* data suhu menunjukkan besarnya pengaruh dimensi timbunan terhadap kenaikan suhu. Semakin tinggi timbunan maka kenaikan suhu akan semakin meningkat, timbunan yang tinggi dapat meningkatkan penyerapan panas dan memperbesar kemungkinan terjadinya swabakar.

Oksigen di udara juga salah satu faktor yang mempercepat terjadinya oksidasi atau pembakaran batubara dalam penyimpanan area *stockpile*. Makin banyak udara atau angin yang mengalami kontak langsung dengan permukaan batubara, makin cepat juga proses pemanasan atau pembakaran batubara tersebut. Sebelum mengalami swabakar batubara akan mengalami proses oksidasi yang merupakan

proses inisiasi/permulaan dari swabakar. Apabila proses oksidasi ini diikuti dengan meningkatnya suhu terus menerus pada akhirnya akan mengakibatkan swabakaar.

4.2 Upaya Penanganan dan Pencegahan Swabakar di *Stockpile* RL 56

Sebelum membahas langkah-langkah penanganan terhadap kejadian swabakar, penting untuk memahami terlebih dahulu ciri-ciri atau tanda-tanda awal yang mengindikasikan terjadinya swabakar pada timbunan batubara. Tanda-tanda awal swabakar yang teridentifikasi antara lain adalah munculnya asap atau kabut dari permukaan timbunan, peningkatan suhu batubara di atas ambang normal umumnya dianggap jika mencapai suhu di atas 50°C, serta bau menyengat seperti belerang terbakar. Pada kondisi tertentu permukaan timbunan menunjukkan perubahan warna keabu-abuan atau kemerahan, yang menandakan proses pembakaran telah dimulai dari dalam. Dengan mengenali tanda-tanda tersebut, langkah penanganan dapat segera diambil untuk mengendalikan dan mencegah meluasnya swabakar.

Penanganan yang dilakukan diarea *stockpile* RL 56 ketika terjadinya swabakar ditangani dengan cara menggali batubara yang memiliki titik asap menggunakan *Excavator* PC135, kemudian batubara tersebut akan diambil di pindahkan ketempat lain di sekitar timbunan kemudian ditebar (*spreading*), dan selanjutnya dipadatkan menggunakan *dozer* atau *compact*. Dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Sumber: Satker Penambangan Air Laya

Gambar 4.5 Proses Penanganan Swabakar Oleh *Excavator* PC135

Penanganan terhadap gejala swabakar hanya mampu menghentikan proses tersebut dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama. Setelah penanganan dilakukan biasanya gejala swabakar akan kembali terjadi dalam jangka waktu beberapa hari. Sehingga dapat dikatakan bahwa penanganan terhadap gejala swabakar menggunakan metode kompaksi hanya akan mengatasi masalah sesaat saja.

Upaya pencegahan swabakar perlu diperhatikan dan dilakukan secara optimal, guna menghindari terjadinya swabakar pada timbunan batubara di *stockpile*. Berikut beberapa upaya pencegahan swabakar yang dilakukan di *stockpile* RL 56 yang perlu diperhatikan adalah:

1. Memperhatikan lamanya waktu penimbunan

Pada *stockpile* RL 56 terutama di timbunan batubara AL 71 waktu penimbunannya sudah cukup lama yaitu berkisar ± 5 bulan. Sebaiknya lamanya waktu penimbunan batubara pada *stockpile* tidak lebih dari 1 bulan agar mengurangi risiko pemanasan berlebih.

2. Melakukan manajemen FIFO (*First In First Out*)

Dari pengamatan yang dilakukan, pada *stockpile* RL 56 sistem FIFO belum dilaksanakan dengan baik. Terlihat dari swabakar yang terjadi pada area tertentu dimana di area tersebut merupakan timbunan yang lama penimbunannya sudah jauh melebihi waktu yang seharusnya, dan tidak dilakukan pengangkutan pada timbunan batubara pada area tersebut. Dengan memperbaiki dan mengoptimalkan sistem FIFO agar berjalan lancar dengan manajemen produksi dan pengeluaran batubara yang terjadwal sehingga batubara tersimpan tidak melebihi waktu yang direkomendasikan.

3. Mengurangi ketinggian timbunan

Hal ini bertujuan untuk mengurangi dampak dari angin yang menerpa luasan *stockpile*. Karena semakin tinggi *stockpile* maka semakin besar juga luas permukaan yang akan terekspose oleh udara bebas dan akan semakin besar potensi untuk terjadinya swabakar. Dianjurkan maksimal sekitar 6-8 meter untuk menjaga sirkulasi Udara dan menghindari akumulasi panas yang berlebihan dalam tumpukan.

4. Melakukan pemadatan pada timbunan

Hal ini bertujuan untuk mengurangi ruang untuk masuknya udara yang akan masuk melewati celah pada timbunan. Untuk batubara yang penyimpanannya relative cukup lama maka harus dilakukan pemadatan yang dilakukan secara rutin.

5. Melakukan pengukuran suhu/temperatur batubara secara rutin

Hal ini guna mengetahui perubahan atau peningkatan temperatur yang terjadi. Tanda-tanda akan terjadinya swabakar dapat dilihat dari peningkatan temperatur apabila sudah mencapai 50 - 70°C, dimana itu merupakan gejala awal terjadinya swabakar. Apabila didapatkan suhu sebesar itu maka harus dilakukan penanganan seperti *spreading* dan pemadatan kembali.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang didapatkan selama penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya swabakar pada tumpukan batubara di *Stockpile* RL 56 yaitu:
 - a. Batubara yang ditimbun terlalu lama (hingga ± 5 bulan)
 - b. Pelaksanaan sistem FIFO (*First In First Out*) belum berjalan secara optimal
 - c. Menggunakan pola penimbunan yang kurang efektif yaitu pola penimbunan *dump per dump*
 - d. Tinggi timbunan yang mencapai 11 meter melebihi batas aman (6-8 meter)
 - e. Belum adanya pengukuran atau kontrol suhu batubara rutin
2. Upaya penanganan dan pencegahan swabakar pada *stockpile* RL 56 sebagai berikut:
 - a. Upaya penanganan swabakar adalah dengan cara menggali batubara yang memiliki titik asap menggunakan *excavator* PC135, kemudian batubara tersebut akan diambil di pindahkan ke tempat lain di sekitar timbunan kemudian ditebar (*spreading*), dan selanjutnya dipadatkan menggunakan *dozer* atau *compact*.
 - b. Upaya pencegahan swabakar yang dilakukan dengan memperhatikan lamanya waktu penimbunan, melakukan manajemen FIFO (*First In First Out*), mengurangi ketinggian timbunan, melakukan pemadatan pada timbunan, dan melakukan pengukuran suhu/temperatur batubara secara rutin

5.2 Saran

Berkaitan dengan kesimpulan dalam penelitian ini, sehingga dapat memberikan beberapa saran. Adapun saran-saran sebagai berikut:

1. Pada *stockpile* RL56 untuk kondisi tumpukan sebaiknya dilakukan atau perlu menerapkan sistem FIFO (*First In First Out*) dimana batubara yang pertama kali masuk adalah batubara yang dikeluarkan terlebih dahulu.

2. Pada *stockpile* RL56 perlu melakukan pemantauan suhu secara rutin dengan menggunakan alat termometer digital dengan batang seperti digital *thermometer* APPA-51

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwikarta, R. Q. F., Sriyanti, & Pulungan, L. (2024). Studi pencegahan swabakar batubara di Muara Tiga Besar, PT XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 4(1), 57–64. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i1.3881>
- Afif, F. (2022). *Analisis teknis sistem penumpukan batubara terhadap kelancaran proses pemuatan dan pengangkutan batubara di PT Bukit Asam Tbk Pelabuhan Tarahan Lampung*. Universitas Lampung.
- Ardhityasari, D. F. (2017). *Analisis potensi self heating batubara pada stockpile PT X menggunakan software Nerself dengan parameter kualitas batubara*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Arta, M., & Ansosry. (2020). Rancangan teknis stockpile 2 di PT Bukit Asam Tbk, Unit Pelabuhan Tarahan - Lampung. *Jurnal Bina Tambang*, 4(1), 266–275.
- Azizah, D. A. (2022). *Identifikasi kualitas dan persebaran batubara berdasarkan analisa kandungan moisture, abu dan zat terbang batubara Blok A, PT Y, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan*. Universitas Sriwijaya.
- Batubara Menurut ISO. (n.d.). KM Engineering. Diakses pada 19 Juli 2025, dari <https://kmengineering.co.id/jenis-batubara-menurut-iso/>
- Billah, M. (2010). *Peningkatan nilai kalor batubara peringkat rendah dengan menggunakan minyak tanah dan minyak residu* [Skripsi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur]. CORE. <https://core.ac.uk/display/12218198>
- Cholil, M. A. (2023). *Analisis gejala swabakar batubara terhadap nilai suhu, nilai moist, dan nilai calorific value di stockpile PT X, Desa Nibung, Kecamatan Nibung, Kabupaten Musi Rawas Utara, Sumatera Selatan*. Universitas Sriwijaya.
- Halawa, A., & Musprianto, R. (2021). Analisis potensi self combustion batubara pada stockpile dengan menggunakan software Nerself. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 17(1), 37–46.
- Jolo, A. (2017). Manajemen stockpile untuk mencegah terjadinya swabakar batubara di PT PLN (Persero) Tidore. *Jurnal Teknik DINTEK*, 10(2), 6–14.
- Nasir, S. (2022). *Bahan galian energi batubara* (Edisi Revisi). Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK), Universitas Negeri Padang.

- Nuramila. (2020). *Analisis kualitas batubara dan pengaruhnya terhadap nilai kalor batubara di PT Borneo Indobara, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan*. Universitas Islam Bandung.
- Rianto, D. J., Rezki, & Oktavia, M. (2022). Analisis pengaruh kadar air (Total Moisture) batubara terhadap nilai kalori batubara di front penambangan. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, 1(2), 257–268. <https://journal.formosapublisher.org/index.php/fjmr>
- Sarmidi, Zulatama, A., & Widodo, R. (2024). Analisis timbunan sementara untuk pencegahan pembakaran spontan batubara di PIT 2 Banko Barat, PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains (JITS)*, 1(3), 118–125. <https://doi.org/10.62278/jits.v1i3.22>
- Setiawan, A., & Horman, J. R. (2019). Analisis kausalitas antara konsumsi batubara dan konsumsi biomassa terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *INTAN: Jurnal Penelitian Tambang*, 2(1), 73–79.
- Utamakno, L., Achmad, A., Prasetyo, C. D., & Jondriawan. (2017). Kajian teknis sistem penimbunan batubara pada intermediate stockpile di PT Indonesia Pratama Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur sebagai langkah dalam konservasi energi. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, 2017*, 1–6. ITN Malang.
- Wibisono, A. P. (2021). *Analisis potensi self combustion batubara di stockpile 1 PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim*. Universitas Sriwijaya.

LAMPIRAN A
DATA CURAH HUJAN BULAN MEI 2025

Tabel A Data Curah Hujan Bulan Mei 2025

Frekuensi Ke-	Hujan dan Slippy (Menit)			
	TAL TSBC			
	Tanah		Batubara	
	Hujan	Slippy	Hujan	Slippy
1	35	35	35	35
2	10	5	0	0
3	73	43	75	31
4	30	0	0	0
5	58	42	103	49
6	30	10	40	10
7	35	15	35	5
8	345	215	345	50
9	83	84	83	36
10	20	92	0	0
11	212	73	230	95
12	36	65	0	0
13	806	286	790	71
14	65	203	65	98
15	330	286	330	131
16	101	165	103	78
17	50	25	50	25
18	105	184	105	101
19	228	227	219	111
20	600	244	600	179
21	300	171	300	104
22	605	145	605	145
23	21	143	21	58
24	30	37	30	0
25	100	149	100	102
26	375	126	375	57
27	100	35	100	35
28	185	365	185	219
29	560	245	560	196
30	15	63	15	51
31	65	135	65	15
32	14	0	14	0
Total	5.622	3.913	5.578	2.087

Sumber: Satker Penambangan, 2025

LAMPIRAN B

RESUME DATA KUALITAS BATUBARA STOCKPILE AL 71

PERIODE BULAN MEI 2025

Tabel B Resume Data Kualitas Batubara *Stockpile* AL 71 Periode Bulan Mei 2025

DATA KUALITAS BATUBARA AL 71 17 SAMPEL				
PARAMETER	BASIS	MIN	MAX	RATA-RATA
TM	%AR	3,20	6,90	4,32
IM	%ADB	0,40	4,20	0,87
ASH	%AR	1,26	7,28	4,15
	%ADB	1,30	7,50	4,29
VM	%AR	15,91	39,26	20,51
	%ADB	16,30	40,40	21,26
FC	%AR	48,79	77,52	71,03
	%ADB	50,20	79,60	73,58
TS	%AR	0,41	2,63	1,42
	%ADB	0,44	2,73	1,47
GVC	%AR	7,163	8,108	7,821
	%ADB	7,371	8,337	8,103

Sumber: Satker Kendali Produk, 2025

