

**EVALUASI SISTEM PENGENDALIAN *LIVE STOCKPILE*
UNTUK MENGURANGI POTENSI TERJADINYA
SWABAKAR DI *LIVE STOCKPILE* WESTHAM
SITE MTB PT BUKIT ASAM Tbk**

TUGAS AKHIR



**M. TAUFIQ NURHIDAYAT
2023310083**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

**EVALUASI SISTEM PENGENDALIAN *LIVE STOCKPILE*
UNTUK MENGURANGI POTENSI TERJADINYA
SWABAKAR DI *LIVE STOCKPILE* WESTHAM
SITE MTB PT BUKIT ASAM Tbk**

Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya Program
Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih



**M. TAUFIQ NURHIDAYAT
2023310083**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

HALAMAN PENGESAHAN
EVALUASI SISTEM PENGENDALIAN *LIVE STOCKPILE*
UNTUK MENGURANGI POTENSI TERJADINYA
SWABAKAR DI *LIVE STOCKPILE* WESTHAM
SITE MTB PT BUKIT ASAM Tbk

LAPORAN TUGAS AKHIR

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

Oleh:

M. Taufiq Nurhidayat

2023316083

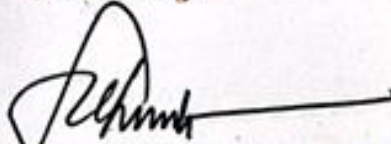
Prabumulih, 18 Juni 2026

Pembimbing I



Rodiyah Nursani, S.Si., M.T.
NUPTK. 3633756657230142

Pembimbing II



Subardiman Gumanti, S.T., M.T.
NUPTK. 7553748650200002



Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan

Ridha Novanda, S.T., M.T.
NUPTK. 2507771672130283

HALAMAN PERSETUJUAN

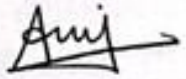
Tugas Akhir berupa laporan tugas akhir ini dengan judul "Evaluasi Sistem Pengendalian *Live Stockpile* Untuk Mengurangi Potensi Terjadinya Swabakar Di *Live Stockpile* Westham Muara Tiga Besar PT Bukit Asam Tbk" telah di pertahankan dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih pada tanggal 18 Juni 2026.

Prabumulih, 18 Juni 2026

Tim Penguji Tugas Akhir

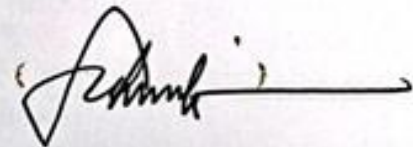
Ketua :

Rodiyah Nursani, S.Si., M.T.
NUPTK. 3633756657230142

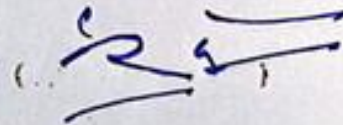
()

Anggota :

1. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.
NUPTK. 7553748650200002

()

2. Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM.
NUPTK. 9944755656130172

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM.
NUPTK. 9944755656130172

Program Studi

Teknik Pertambangan



Rodiyah Nursani, S.T., M.T.
NUPTK. 3633756657230142

PENYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : M. Taufiq Nurhidayat

Nim : 2023310083

Program Studi : Teknik Pertambangan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa, tugas akhir ini benar-benar merupakan hasil karya saya dan tidak terdapat karya orang lain, apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil *plagiasi*, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku atas perbuatan tersebut.



Prabumulih, 18 Juni 2026

Yang membuat pernyataan



M. Taufiq Nurhidayat

2023310083

ABSTRAK

Evaluasi Sistem Pengendalian *Live Stockpile* Untuk Mengurangi Potensi Terjadinya Swabakar Di *Live Stockpile* Westham Site MTB PT Bukit Asam Tbk

M. Taufiq Nurhidayat, 2023310083, 2026

Swabakar (*spontaneous combustion*) merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi pada timbunan batubara akibat reaksi oksidasi eksotermis yang berlangsung secara terus-menerus. Kondisi ini dapat menyebabkan peningkatan temperatur timbunan yang berpotensi menurunkan kualitas batubara, menimbulkan kerugian ekonomi, serta mengganggu keselamatan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya swabakar serta menganalisis cara pengendalian *live stockpile* dalam upaya mengurangi potensi terjadinya swabakar pada *Live Stockpile* Westham Site MTB PT Bukit Asam Tbk. Metode penelitian dilakukan melalui observasi lapangan, pengukuran temperatur batubara menggunakan thermocouple pada 10 titik pengamatan selama tiga minggu, serta pengumpulan data sekunder berupa kualitas batubara, curah hujan, dan prosedur operasional *stockpile*. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi efektivitas sistem penanganan yang diterapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur *live stockpile* selama periode pengamatan berada pada rentang 28°C–40°C dengan rata-rata temperatur 34°C–36°C. Faktor yang memengaruhi potensi swabakar meliputi faktor internal berupa kandungan *volatile matter* batubara MT 49 yang relatif tinggi (37,07%–43,06%), faktor operasional berupa tinggi timbunan 6 meter dan pola penimbunan chevcon, faktor lingkungan berupa curah hujan, serta faktor manajemen berupa penerapan sistem FIFO. Sistem penanganan yang diterapkan melalui pola penimbunan chevcon, pemadatan timbunan, penyiraman, dan sistem FIFO dengan waktu tinggal batubara sekitar satu hari terbukti mampu mengendalikan peningkatan temperatur dan menekan potensi terjadinya swabakar. Namun demikian, diperlukan pemantauan temperatur secara berkala untuk meningkatkan efektivitas pengendalian swabakar pada *live stockpile*.

Kata kunci: Swabakar, *Live stockpile*, Batubara, FIFO, Temperatur, Oksidasi.

ABSTRACT

Evaluation of the Live Stockpile Control System to Mitigate the Risk of Spontaneous Combustion in the Live Stockpile Westham Site MTB PT Bukit Asam Tbk

M. Taufiq Nurhidayat, 2023310083, 2026

Spontaneous combustion is a frequent issue in coal stockpiles caused by continuous exothermic oxidation reactions. This condition can lead to rising stockpile temperatures, potentially degrading coal quality, causing economic losses, and compromising operational safety. This study aims to identify the factors influencing spontaneous combustion and analyze control measures for the "live stockpile" at the Westham Site (MTB) of PT Bukit Asam Tbk to mitigate this risk. The research methodology involved field observations, coal temperature measurements using thermocouples at ten monitoring points over three weeks, and the collection of secondary data regarding coal quality, rainfall, and stockpile operational procedures. The data were analyzed descriptively to evaluate the effectiveness of the implemented handling system. Results indicate that live stockpile temperatures during the observation period ranged from 28°C to 40°C, with an average of 34°C–36°C. Factors influencing spontaneous combustion potential included internal factors (relatively high volatile matter content in MT 49 coal, ranging from 37.07% to 43.06%), operational factors (a 6-meter stockpile height and "chevron" stacking pattern), environmental factors (rainfall), and management factors (implementation of the FIFO system). The handling system—comprising the chevron stacking pattern, stockpile compaction, watering, and a FIFO system with a coal residence time of approximately one day—proved effective in controlling temperature increases and suppressing the risk of spontaneous combustion. Nevertheless, periodic temperature monitoring is required to further enhance spontaneous combustion control in the live stockpile.

Keywords: *Spontaneous Combustion, Live Stockpile, Coal, FIFO, Temperature, Oxidation.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi sistem pengendalian *live stockpile* untuk mengurangi potensi terjadinya swabakar di *live stockpile* Westham Site MTB PT Bukit Asam Tbk ”. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapat gelar Ahli Madya Program Studi D3 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. Rektor Universitas Prabumulih
2. Bapak Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih dan sekaligus Tim Penguji.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. Selaku Kaprodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
4. Ibu Rodiyah Nursani, S.Si., M.T. Sebagai Pembimbing I.
5. Bapak Suhardiman Gumanti, S.T., M.T. Sebagai pembimbing II.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
7. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Kepala Perusahaan, Pimpinan, dan seluruh Staf Perusahaan PT Bukit Asam Tbk yang telah memberikan izin dan membantu untuk melakukan penelitian.
9. Bapak Robby Capri Sandana selaku Pembimbing Lapangan dan selaku asisten manajer kendali *stockpile site* Muara Tiga Besar PT Bukit Asam Tbk.
10. Bapak Hoiriansyah selaku asisten manajer kendali *site* Muara Tiga Besar Utara (MTBU) PT Bukit Asam Tbk.
11. Bapak Rizki Arbi Dwi Alfawan, Bapak Martinus Dimas Rusdianto, Bapak Irfansyah dan Bapak Rizal Ramadhon selaku karyawan satuan kerja penambangan yang membantu dalam pengambilan data di lapangan.
12. Kedua orang tua Bapak Suparto dan Ibu Jumi Hariyah yang sangat berjasa dalam hidup penulis yang selalu mengusahakan anak ke tiganya ini menempuh pendidikan setinggi tingginya meskipun mereka tidak sempat merasakan

bangku perkuliahan, namun mereka telah memberikan segalanya hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar Ahli Madya. Tak lupa kepada kakak Putra Aryanto dan Putri Aryautami yang selalu memberikan dukungan baik dari segi materi maupun tenaga, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa dan dukungan.

13. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadiran nya yang ber nim 057677814 yang selalu setia menemani, membantu serta memberi semangat di setiap langkah penulisan tugas akhir ini.



Prabumulih, 18 Juni 2026

M. Taufiq Nurhidayat
2023310083

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Deskripsi Sejarah Perusahaan	3
2.2 Lokasi Kesampaian Daerah	4
2.3 Landasan Teori	6
2.3.1 Batubara	6
2.3.2 <i>Stockpile</i> Batubara	8
2.3.3 Manajemen <i>Stockpile</i>	8
2.3.4 Dimensi <i>Stockpile</i>	8
2.3.5 Sistem Penanganan Batubara Pada <i>Stockpile</i>	10
2.3.6 Swabakar Batubara	12
2.3.7 Faktor Penyebab Swabakar Batubara	14
2.3.8 Metode Pencegahan Swabakar	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian	17
3.2 Tahapan Penelitian	17
3.3 Bagan Alir Penelitian	19
3.4 Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21

4.1 Identifikasi Faktor - Faktor Yang Dapat Menyebabkan Swabakar	21
4.1.1 Faktor Internal	21
4.1.2 Faktor Operasional	22
4.1.3 Faktor Lingkungan	23
4.1.4 Faktor Manajemen	24
4.2 Pengendalian <i>Live Stockpile</i> Westham Dalam Mengurangi Potensi Terjadinya Swabakar	24
4.2.1 Pola Penimbunan	25
4.2.2 Pemadatan Timbunan	26
4.2.3 Pengaturan Waktu Penyimpanan (<i>First In First Out</i>)	26
4.2.4 Pengawasan Kondisi <i>Live Stockpile</i> (Monitoring Suhu)	27
4.2.5 Pengaturan Kadar Air (Penyiraman <i>Stockpile</i>)	29
BAB V PENUTUP	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	34



DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 <i>Mine Brand</i> Muara Tiga Besar PT Bukit Asam.....	7
Tabel 2.2 <i>Market Brand</i> PT Bukit Asam.....	7
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	17
Tabel 4.1 Data Kualitas Batubara	22
Tabel 4.2 Dimensi Aktual Timbunan <i>Live Stockpile</i> Westham	22



DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Peta Kesampaian Daerah.....	5
Gambar 2.2 Bangun Limas Terpancung.....	9
Gambar 2.3 Bangun Kerucut.....	9
Gambar 2.4 Pola Penimbunan	10
Gambar 2.5 Segitiga Api	12
Gambar 2.6 Proses Peningkatan Temperatur.....	13
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.....	19
Gambar 4.1 Tumpukan Batubara.....	23
Gambar 4.2 Diagram Alur Proses Penanganan Batubara	24
Gambar 4.3 Pola Penimbunan <i>Chevcon</i>	25
Gambar 4.4 Pemadatan Timbunan	26
Gambar 4.5 Alat <i>Thermocouple</i>	27
Gambar 4.6 Grafik Suhu Batubara Minggu Pertama	28
Gambar 4.7 Grafik Suhu Batubara Minggu Kedua.....	28
Gambar 4.8 Grafik Suhu Batubara Minggu Ketiga.....	29
Gambar 4.9 Penyiraman Batubara Di <i>Live Stockpile</i> Westham	30

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1. Data Curah Hujan	34
Lampiran 2. Data Kualitas Batubara	35
Lampiran 3. Dimensi Aktual <i>Live Stockpile</i> Westham.....	36
Lampiran 4. Dimensi Aktual Timbunan <i>Live Stockpile</i> Westham	37
Lampiran 5. Data Temperatur Batubara	38
Lampiran 6. Peta Kesampaian Daerah	39
Lampiran 7. Dokumentasi	40



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
BA	: Bukit Asam
BUMN	: Badan Usaha Milik Negara
FIFO	: <i>First in First out</i>
MTB	: Muara Tiga Besar
MTBS	: Muara Tiga Besar Selatan
MTBU	: Muara Tiga Besar Utara



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan sumber daya alam dengan nilai strategis, baik sebagai sumber energi maupun sebagai penyumbang devisa nasional. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya batubara yang cukup besar dan tersebar di berbagai wilayah. Salah satu daerah penghasil batubara yang cukup terkenal berada di Tanjung Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Kegiatan penambangan dan pengelolaan batubara di wilayah ini dilakukan oleh PT. BA yang merupakan perusahaan milik negara (BUMN) yang bergerak di sektor pertambangan batubara. Perusahaan ini berperan penting dalam pengelolaan sumber daya batubara mulai dari kegiatan penambangan hingga proses pengangkutan dan pemasaran.

Dalam kegiatan operasional pertambangan batubara, salah satu fasilitas penting yang digunakan adalah *stockpile*. *Stockpile* merupakan tempat penimbunan sementara batubara sebelum dilakukan proses pengangkutan, pengolahan, ataupun pengiriman kepada konsumen. Menurut Sarmidi et al., (2024), penimbunan batubara merupakan bagian integral dari proses penanganan batubara. Ketika sistem penimbunan tidak memadai, dapat mengganggu tidak hanya kegiatan pembongkaran, tetapi juga meningkatkan risiko kebakaran, terutama pada batubara yang mudah terbakar secara alami.

Permasalahan utama yang sering terjadi pada proses penumpukan batubara di area *stockpile* adalah terjadinya swabakar (*spontaneous combustion*). Timbunan batubara yang mengalami swabakar dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan, seperti menurunnya kualitas batubara yang berpengaruh terhadap tingkat permintaan pasar, berkurangnya volume batubara yang dapat dimanfaatkan, serta munculnya biaya tambahan yang harus dikeluarkan perusahaan untuk menangani batubara yang terbakar. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi mengenai sistem penanganan untuk mengurangi swabakar pada area timbunan di PT Bukit Asam Tbk. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi *stockpile*, sistem penanganan yang diterapkan, serta upaya pencegahan swabakar

sehingga dapat menjadi bahan evaluasi dalam meningkatkan pengelolaan *stockpile* yang lebih efektif.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apa saja faktor - faktor yang dapat menyebabkan swabakar di *Live Stockpile* Westham?
2. Bagaimana cara pengendalian *live stockpile* dalam upaya mengurangi potensi terjadinya swabakar batubara?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi faktor – faktor yang dapat menyebabkan swabakar.
2. Menganalisis cara pengendalian *live stockpile* dalam upaya mengurangi potensi terjadinya swabakar batubara.

1.4 Manfaat Penelitian

Setelah Penelitian ini dilakukan diharapkan dapat memberi manfaat bagi perusahaan maupun bagi penulis sendiri. Berikut manfaat yang dapat diperoleh:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat secara akademik, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada pengembangan ilmu pengetahuan dibidang teknik pertambangan.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam mengatasi masalah yang akan dihadapi saat didunia kerja nanti dan dapat dijadikan refrensi untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini dilakukan pada *Live Stockpile* Westham di Site Muara Tiga Besar PT Bukit Asam, Tbk. Untuk mengevaluasi sistem pengendalian pada *stockpile* untuk mengurangi potensi terjadinya swabakar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Sejarah Perusahaan

PT Bukit Asam (Persero) Tbk adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang didirikan pada tanggal 2 Maret 1981 dengan dasar Peraturan Pemerintah No 42 tahun 1980 yang berkantor pusat di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Diawali penyelidikan eksplorasi yang dilakukan oleh bangsa Belanda pada tahun 1915 sampai 1918 yang dipimpin Ir. Van Haat yang hasilnya menunjukkan ditemukannya kandungan batubara yang besar di kawasan Bukit Asam mulai berproduksi, wilayah operasi penambangan pertama dilakukan di area Tambang Air Laya dengan sistem penambangan tambang bawah tanah.

Pada tahun 1981 PN TABA berubah menjadi perseroan terbatas yaitu PT Bukit Asam (Persero). Tahun 1990, pemerintah menetapkan penggabungan perum tambang batu bara dengan perseroan. Tahun 2002 Perseroan mencatatkan diri sebagai perusahaan publik di Bursa Efek Indonesia dengan kode perdagangan "PTBA". Pada tahun 2017 perubahan status Perseroan menjadi Non-Persero sehubungan dengan PP 47/2017 tentang penambahan penyertaan modal negara Republik Indonesia kedalam modal saham PT Inalum (Persero), dan berubah menjadi anggota *Holding* BUMN industri pertambangan (<https://www.ptba.co.id>).

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 TAL, kegiatan penambangan dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *conventional mining* kombinasi antara *excavator-dump truck* dan metode *continuous mining* yang merupakan suatu sistem penambangan yang berkesinambungan. Pada metode sistem ini sepenuhnya dilaksanakan oleh pihak PTBA sedangkan untuk penambangan dengan metode kombinasi *excavator-dump truck* dilaksanakan oleh pihak ketiga (kontraktor).

2. Tambang Muara Tiga Besar (MTB)

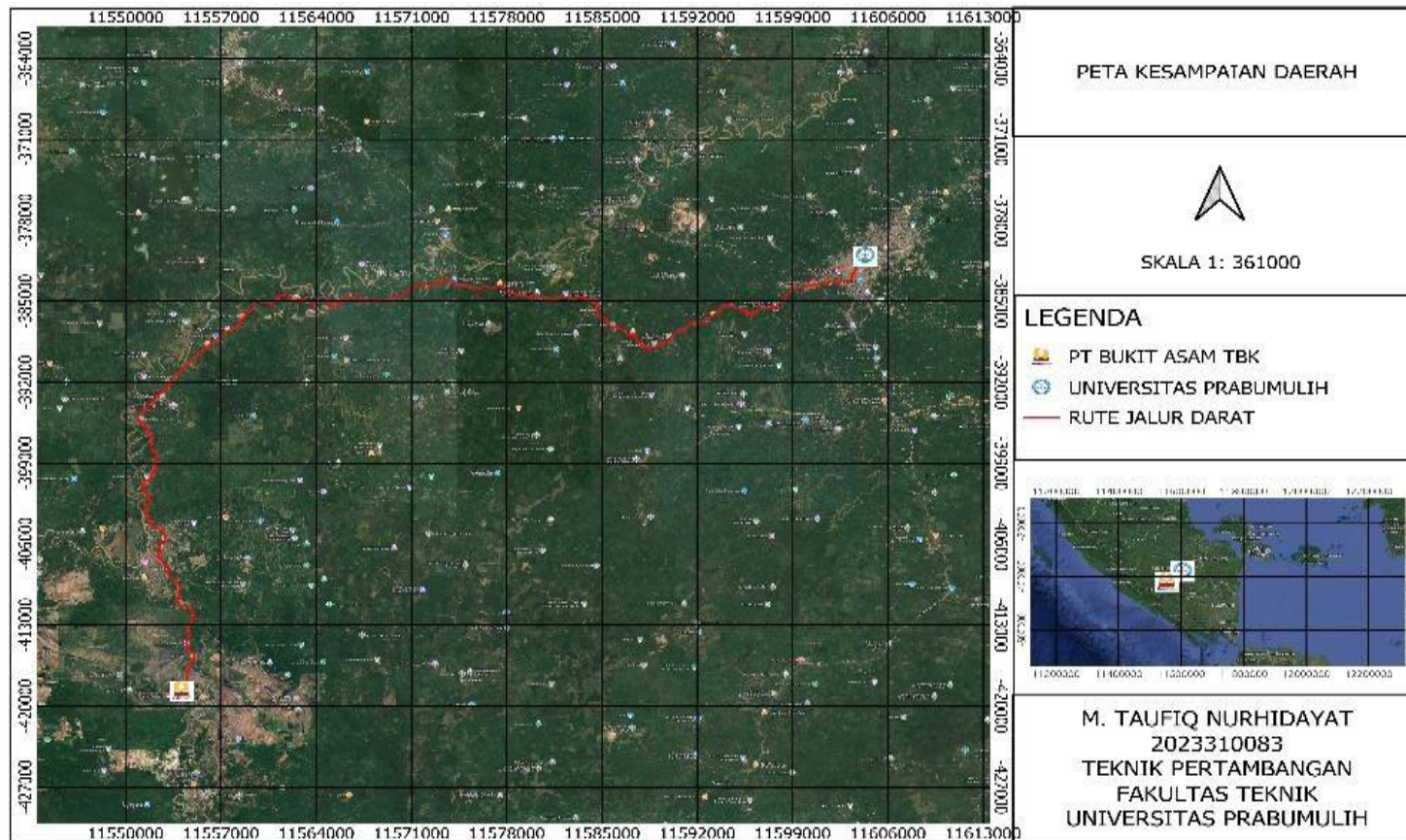
Tambang Muara Tiga Besar (MTB) terdiri atas dua lokasi, yaitu Muara 6 Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS). Operasi penambangan di Muara Tiga Besar ini menggunakan metode kombinasi antara *excavator-dump truck* yang semuanya dikerjakan oleh pihak ketiga (kontraktor).

3. Tambang Bangko Barat.

Tambang Banko Barat saat ini terdiri atas Pit 1, Pit 2. 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*.

2.2 Lokasi Kesampaian Daerah

Wilayah PT Bukit Asam Tbk. terletak pada posisi $103^{\circ}50'54.978''$ BT dan $3^{\circ}45'1.510''$ LS Universal Transverse Mercator (UTM). Secara administrasi lokasi PT Bukit Asam Tbk di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Jarak tempuh lewat jalan raya ± 97 kilometer dari kota Prabumulih. Akses menuju lokasi penelitian dapat ditempuh dengan jalur membutuhkan waktu tempuh selama $\pm 2,5$ jam (Gambar 2.1). Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) PT Bukit Asam Tbk. terletak di daerah Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 2.1 Peta Kesampaian Daerah

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Batubara

Menurut Rahayu (2025) batubara merupakan jenis material sedimen alami yang berasal dari degradasi sisa vegetasi, dan ia adalah campuran heterogen antara senyawa organik dengan zat-zat lain yang menyatu akibat tekanan dari lapisan strata di atasnya. Asal-usulnya terbentuk dari vegetasi yang telah mati lalu terperangkap di bawah lapisan endapan mineral. Lama-kelamaan, lapisan akumulasi itu menipis akibat kondisi panas dan tekanan ekstrem.

2.3.1.1 Kualitas Batubara

Menurut *American Standard Testing and Material* (ASTM), klasifikasi kelas (*grade*) batubara berdasarkan kualitasnya terbagi menjadi empat kelas utama yang ditentukan dengan cara menganalisis nilai kalor secara *proximate*, serta total kandungan sulfur dan densitas secara *ultimate*.

1. Lignit

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

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

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

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 (Adiwikarta 2024).

2.3.1.2 *Mine Brand* dan *Mine Market*

1. *Mine brand*

Mine brand adalah batubara hasil dari penambangan yang belum mengalami proses pengolahan.

Tabel 2. 1 *Mine Brand* Muara Tiga Besar PT Bukit Asam Tbk

Mine Brand	Kalori
MT – 43	±4200-4400 Kkal/kg.ar
MT – 45	±4400-4600 Kkal/kg.ar
MT – 47	±4600-4800 Kkal/kg.ar
MT – 49	±4800-5000 Kkal/kg.ar

Sumber: Satker Penambangan MTB

2. *Market Brand*

Market brand adalah batubara yang telah mengalami proses pengolahan sebelumnya di PT Bukit Asam Tbk seperti dilakukannya *blending*.

Tabel 2. 2 *Market Brand* PT Bukit Asam Tbk

Market Brand	Kalori
Bukit Asam – 45	±4500 Kkal/kg.ar
Bukit Asam – 50	±5000 Kkal/kg.ar
Bukit Asam – 55	±5500 Kkal/kg.ar
Bukit Asam – 64	±6400 Kkal/kg.ar

Sumber: Satker Penambangan MTB

2.3.2 *Stockpile* Batubara

Stockpile batubara dipahami sebagai suatu wadah yang digunakan untuk menyimpan batubara yang dimasukkan pertama kali setelah diangkut dari tempat distribusi ataupun industri tempat penggalian material tambang dengan proses yang panjang. Hal ini menyebabkan batubara tersebut tidak dapat dipastikan kualitas aslinya seperti sebelum diangkut dan dimasukkan pada wadah penyimpanan. Parameter-parameter yang dapat menjadi pengaruh menurunnya kualitas dan kuantitas dari batubara ketika ditimbun pada ROM *stockpile* diantaranya adalah berkaitan dengan masalah swabakar (*spontaneous combustion*).

Fungsi *stockpile* antara lain yaitu;

1. Sebagai penopang (*buffer*) sebelum batubara dikirim dan diproses;
2. Sebagai pasokan untuk mengatasi hambatan jangka pendek maupun jangka panjang; serta
3. Sebagai proses pencampuran batubara (*homogenisasi*) untuk mempersiapkan batubara yang berkualitas dan sesuai dengan syarat yang telah ditentukan (*blending*) (Adiwikarta et al., 2024).

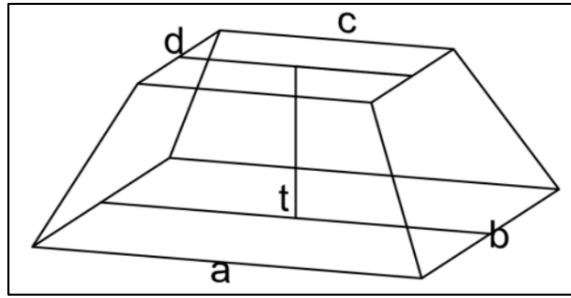
2.3.3 Manajemen *Stockpile*

Manajemen *stockpile* melibatkan serangkaian mekanisme pengelolaan atau tata kerja yang mencakup pengendalian jumlah, pengendalian mutu, serta langkah-langkah penumpukan batubara di lokasi penyimpanan tersebut. Pada dasarnya, manajemen ini bertujuan untuk memastikan bahwa batubara yang dihasilkan dapat diawasi secara ketat, baik dari segi volume maupun kualitasnya. Di samping itu, pendekatan ini juga dirancang untuk meminimalkan potensi kerugian yang bisa timbul akibat aktivitas penanganan atau pengelolaan batubara di *stockpile* (Rahayu 2026).

2.3.4 Dimensi *Stockpile*

Menurut Arta (2019), prinsip prinsip yang mendasari pembuatan *stockpile* untuk memelihara kualitas, kuantitas dan lingkungan pada dasarnya sama, terlepas dari ukuran *stockpile* yang kecil atau besar. Meskipun bentuk dan dimensi *stockpile* bervariasi, bentuk limas terpancung adalah bentuk yang umum ditemukan.

1. Volume Limas Terpancung



Gambar 2.2 Bangun Limas Terpancung

Pada Gambar 2.2 merupakan gambar limas terpancung, menurut Arta (2019), untuk mencari volume limas terpancung ini bisa dicari menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

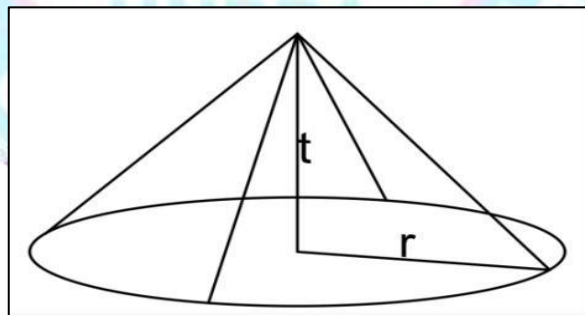
V = Volume limas terpancung

t = Tinggi limas terpancung

L1 = Luas alas

L2 = Luas atas

2. Volume Kerucut



Gambar 2.3 Bangun Kerucut

Pada Gambar 2.3 merupakan gambar kerucut. Untuk mencari volume kerucut ini bisa dicari menggunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{1}{3} \pi \times r^2 \times t$$

Keterangan:

V = Volume kerucut

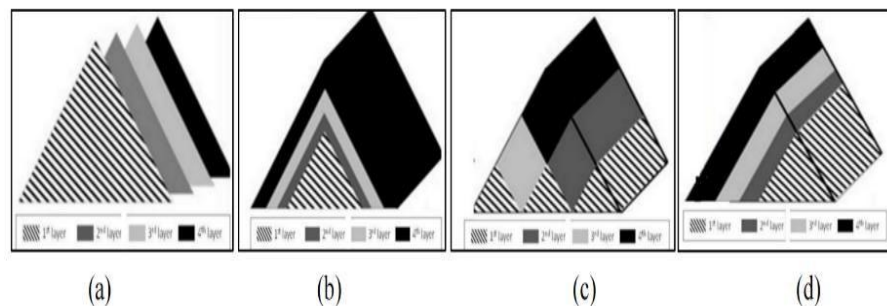
r = Jari-jari alas lingkaran

t = Tinggi kerucut

2.3.5 Sistem Penanganan Batubara Pada *Stockpile*

2.3.5.1 Pola Penimbunan

Menurut Renaldy et al., (2025) Dalam proses penimbunan dan pembongkaran, pengaturan yang baik sangat diperlukan untuk mencegah penimbunan yang melebihi kapasitas yang tersedia. Oleh karena itu, aspek teknis dalam penimbunan harus diperhatikan dengan seksama. Sistem penimbunan dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu metode penimbunan terbuka (*open stockpile*) dan metode penimbunan tertutup (*coverage storage*). Dalam aktivitas penambangan, metode penimbunan terbuka (*open stockpile*) merupakan metode yang paling sering digunakan. Metode ini melibatkan penimbunan material secara terbuka di atas permukaan tanah dengan ukuran yang disesuaikan berdasarkan tujuan dan proses yang diterapkan. Beberapa pola penimbunan yang dapat diterapkan antara lain yaitu pola penimbunan *cone ply*, pola penimbunan *chevron*, pola penimbunan *chevcon*, pola penimbunan *windrow*, dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini.



Sumber: Renaldy et al (2025)

Gambar 2.4 Pola Penimbunan

- a. *Cone ply* Tata cara ini dibangun dengan rancangan menyerupai piramid di bagian tertentu hingga menjulang pada elevasi yang dimau, kemudian diperluas mengikuti bentang area material.

- b. *Chevron* Metode ini dibentuk melalui susunan deretan muatan pada jalur penyimpanan yang digerakkan secara berganti arah sampai mencapai elevasi sasaran, dan cocok dipadukan dengan perangkat pemindah massal.
- c. *Chevcon* Sistem ini dibangun dari perpaduan dua skema pengumpulan berbeda yang membentuk kompartemen besar menyerupai struktur geometris bertingkat, dan umumnya dijalankan memakai kendaraan bertenaga tinggi.
- d. *Windrow* Rangkaian ini tersusun oleh jajaran muatan searah memenuhi bentang area lalu dinaikkan bertahap hingga mencapai level yang dituju, biasanya memakai mesin penggerak tanah besar (Rahayu 2026).

2.3.5.2 Sistem Pembongkaran

Sistem pembongkaran batubara pada stockpile merupakan metode yang digunakan untuk mengatur urutan pengambilan batubara dari timbunan sebelum didistribusikan atau digunakan pada proses selanjutnya. Penerapan sistem pembongkaran yang tepat berperan penting dalam menjaga kualitas batubara, mengendalikan waktu penyimpanan, serta meminimalkan risiko terjadinya swabakar. Secara umum, sistem pembongkaran batubara terdiri atas beberapa metode sebagai berikut.

a. 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.

b. 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.

2.3.6 Swabakar Batubara

Ketika batubara disimpan dalam timbunan untuk jangka waktu tertentu, terjadi fenomena yang disebut pembakaran sendiri. Batubara yang terbakar sendiri adalah suatu proses dimana batubara terbakar sendiri akibat reaksi oksidasi eksotermik (uap dan oksigen di udara), yang dapat meningkatkan suhu batubara. Jika panas dari reaksi oksidasi di tumpukan tidak sepenuhnya hilang, kebakaran dapat terjadi, terutama pada batubara berukuran kecil yang memiliki luas permukaan besar sehingga menjadi lebih cepat panas. Jumlah panas yang dihasilkan akan meningkat jika reaksi oksidasi terus berlanjut. Sirkulasi udara yang buruk pada tumpukan menjadi sumber kenaikan suhu yang menyebabkan penumpukan panas dan akhirnya naik ke titik pembakaran (*self-heating*) yang pada akhirnya menyebabkan swabakar (Renaldy et al., 2025).

Penyebab terjadinya pembakaran adalah karena adanya faktor – faktor seperti bahan bakar (*fuel*), udara (*oxygen*), dan panas (*heat*) (Gambar 2.5).



Sumber: <https://duniapemadam.com/teori-segitiga-api/>

Gambar 2.5 Segitiga Api

1. Oksigen diserap oleh karbon yang ada dalam batubara yang kemudian menghasilkan CO₂ dan panas dengan persamaan reaksi :



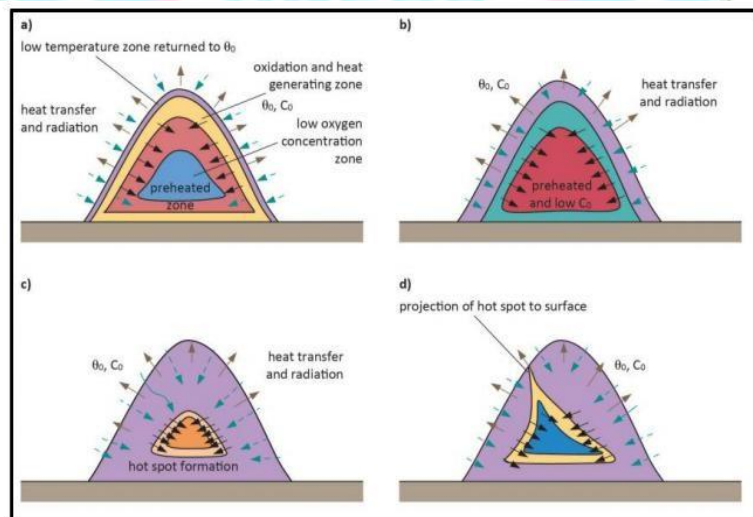
2. Reaksi selanjutnya menghasilkan CO dan suhu yang tinggi, dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Menurut Andrawina (2019), tahapan terjadinya swabakar di *stockpile* batubara adalah:

- 1) Mula-mula batubara akan menyerap oksigen dari udara secara perlahan-lahan dan kemudian temperatur udara akan naik.
- 2) Akibat temperatur naik kecepatan batubara menyerap oksigen dan udara bertambah dan temperatur kemudian akan mencapai 1000°C – 1400°C .
- 3) Setelah mencapai temperatur 1400°C , uap dan CO_2 akan terbentuk sampai temperatur 2300°C , isolasi CO_2 akan berlanjut. Bila temperatur telah berada diatas 3500°C , ini berarti batubara telah mencapai titik sulutnya dan akan cepat terbakar.

Menurut Yolanda et al., (2024), proses di dalam timbunan *stockpile* diawali dengan pergerakan oksigen dan udara diatas permukaan tumpukan menyebabkan oksidasi yang memanaskan batubara. Panas ini ditransfer baik ke dalam maupun ke luar tetapi panas yang bergerak ke dalam dapat menumpuk di dalam tumpukan dan menyebabkan pembentukan suhu tinggi. Suhu ini kemudian akan terus menyebar hingga mencapai suatu titik permukaan. Setelah itu akan berinteraksi dengan oksigen di udara dan ini dapat menyebabkan bara api yang menyala dan penyalaaan sebenarnya dari tumpukan batubara, bisa dilihat dari Gambar 2.6 berikut.



Sumber: Yolanda et al (2024)

Gambar 2.6 Proses Peningkatan Temperatur

2.3.7 Faktor Penyebab Swabakar Batubara

Menurut Sarmidi et al., (2024), ada beberapa faktor yang menyebabkan swabakar antara lain:

1. Lamanya 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

2.3.8 Metode Pencegahan Swabakar

Menurut Sarmidi et al, (2024), metode pencegahan swabakar adalah sebagai berikut:

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 tumpukan itu 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 di sekitar 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 *ThermoHunter* 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* baik diperusahaan terbuka maupun end user harus diusahakan melaksanakan Management FIFO. Hal ini juga dapat mencegah terjadinya pembakaran secara spontan di *stockpile*. Semakin lama batubara terekspose di udara maka akan mengalami oksidasi yang berarti akan semakin membesarkan potensi terjadinya pemanasan.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Bukit Asam Tbk Kecamatan Lawang Kidul dan Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. Pelaksanaan penelitian ini adalah selama 8 minggu, yaitu mulai bulan Maret sampai dengan bulan Mei 2026. Adapun kegiatan penelitian ini terbagi dalam 5 tahap yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.

No.	Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan							
		Minggu							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Observasi Lapangan	■	■						
2	Pengumpulan data		■	■	■	■	■		
3	Pengolahan Data					■	■	■	
4	Analisis data						■	■	■
5	Presentasi dan penyusunan laporan							■	■

Sumber: Penulis (2026)

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan secara sistematis untuk memperoleh data dan mencapai tujuan penelitian. Adapun tahapan penelitian dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan

Kegiatan yang berupa kunjungan dan pengamatan langsung. Tujuan dari observasi langsung untuk mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian Tugas Akhir. Data dapat berupa data primer dan data sekunder.

2. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian pengumpulan data di lapangan.

3. Pengumpulan data di lapangan

Mencatat serta mengumpulkan informasi yang didapatkan di lapangan pada saat observasi maupun informasi yang didapatkan dari perusahaan langsung. Adapun data-data yang akan di ambil yaitu berupa:

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan yaitu:

- 1) Dimensi *stockpile*
- 2) Suhu batubara
- 3) Dokumentasi Kondisi *Stockpile*

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berhubungan dengan informasi dari sumber yang telah ada sebelumnya.

- 1) Studi literatur
- 2) Peta lokasi penelitian
- 3) Data curah hujan
- 4) Kualitas batubara

4. Teknik Pengumpulan Data

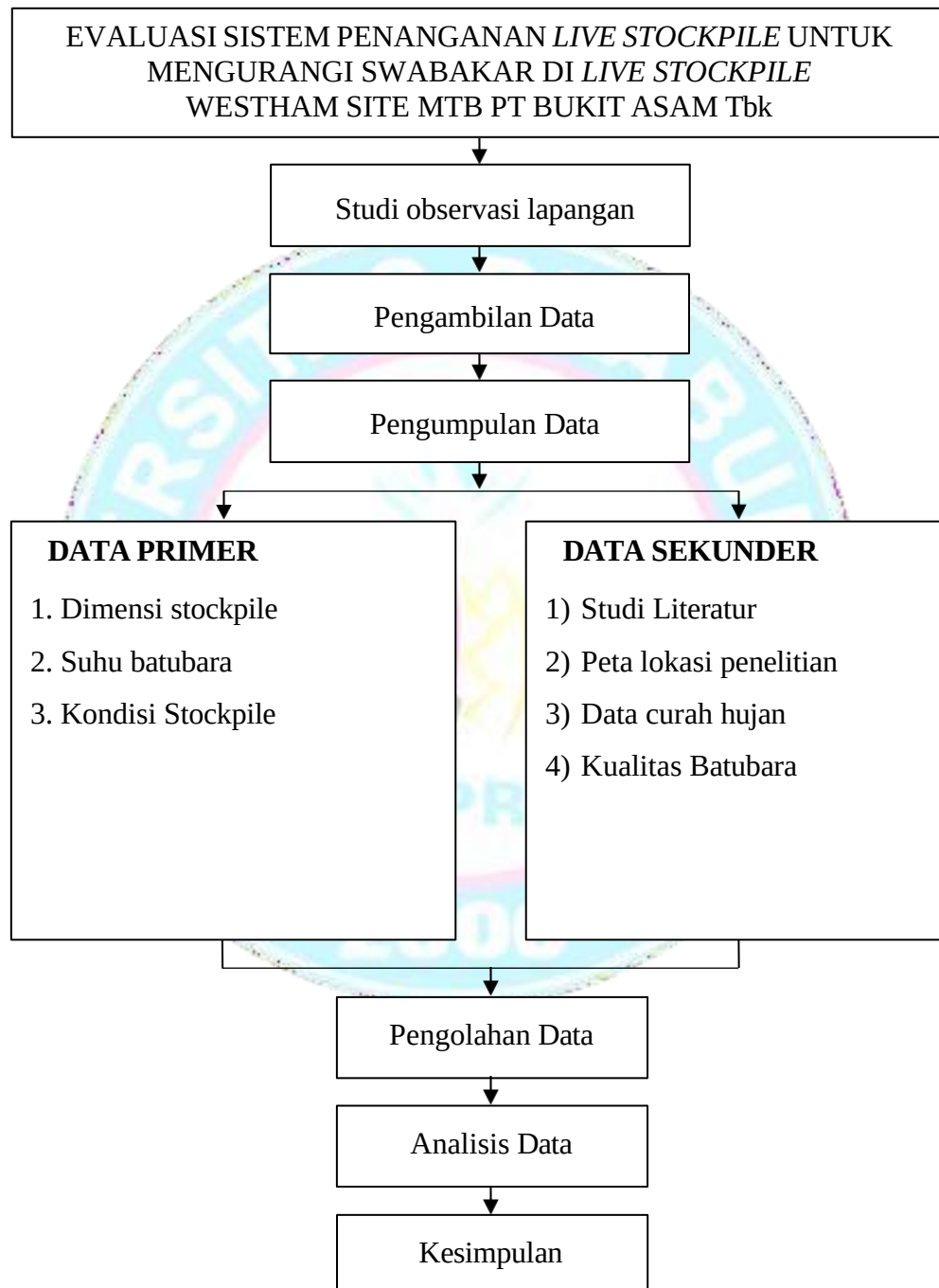
Teknik pengumpulan data adalah metode yang digunakan untuk mengumpulkan bahan nyata yang digunakan dalam penelitian. Teknik ini perlu langkah yang strategis dan sistematis guna mendapatkan data yang akurat dan sesuai dengan kenyataan.

5. Teknik Pengolahan dan Analisa Data

Data yang sudah di peroleh di lapangan seperti data temperature kemudian diolah menggunakan Microsoft excel, metode analisis data dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur batubara dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya serta mengevaluasi potensi terbentuknya hotspot pada live stockpile.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir adalah proses untuk mengolah data yang di dapat dari lapangan. Untuk memperjelas tahapan pengolahan data maka di buat diagram alir penelitian seperti terlihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengambilan data primer dan data sekunder yang berkaitan dengan *kondisi live stockpile* dan potensi swabakar.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan, meliputi pengukuran temperatur batubara pada beberapa titik timbunan menggunakan *thermometer*, pengamatan kondisi fisik *stockpile* (tinggi, luas, dan pola penimbunan), lama timbunan. Pengukuran suhu dilakukan secara berkala pada titik yang telah ditentukan untuk mengetahui distribusi temperatur dan potensi terbentuknya *hotspot*.

Data sekunder diperoleh dari perusahaan, meliputi data curah hujan, data kualitas batubara serta data operasional *stockpile* yang mendukung analisis penelitian.

Selanjutnya, data yang telah diperoleh dilakukan pengolahan data dengan cara:

1. Mengelompokkan dan merekap data hasil pengukuran suhu berdasarkan waktu dan titik pengamatan.
2. Menghitung nilai rata-rata temperatur untuk mengetahui kecenderungan perubahan suhu.
3. Membandingkan data suhu dengan variabel lain seperti curah hujan, tinggi timbunan, dan kualitas batubara.
4. Menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah analisis.
5. Menginterpretasikan hasil pengolahan data untuk mengidentifikasi pola distribusi suhu dan potensi *hotspot*.

Dengan teknik pengumpulan dan pengolahan data tersebut, diharapkan diperoleh informasi yang akurat dalam menganalisis faktor-faktor penyebab swabakar serta efektivitas sistem penanganan *stockpile*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Faktor - Faktor Yang Dapat Menyebabkan Swabakar

Potensi terjadinya swabakar pada *Live Stockpile* Westham dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkaitan, yaitu faktor internal, operasional, lingkungan, dan manajemen. Berdasarkan kondisi aktual penelitian, dimana sistem penanganan telah menerapkan FIFO secara optimal dengan waktu tinggal batubara relatif singkat (± 1 hari) serta didukung oleh kegiatan penyiraman, maka peningkatan suhu timbunan dapat dikendalikan dengan baik.

4.1.1 Faktor Internal

Faktor internal yang dapat menyebabkan swabakar batubara adalah suatu faktor yang berasal dari sifat dan karakteristik batubara. Faktor faktor sangat mempengaruhi cepat atau lambat nya berkaitan dengan karakteristik batubara.

Faktor - faktor internal tersebut adalah:

1. Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Batubara dengan kandungan vm tinggi lebih mudah mengalami oksidasi dan pemanasan sendiri.

2. Kandungan Air (*Moisture*)

Air di dalam batubara dapat membantu penyerapan oksigen dan mempercepat reaksi kimia. Selain itu, proses penguapan air dapat meningkatkan temperatur di dalam timbunan batubara.

3. Ukuran Butir batubara

Merupakan tingkat besar atau kecil nya pecahan batubara yang dinyatakan dalam satuan 1 mm setelah proses penambangan maupun pengolahan.

4. Peringkat Batubara

Peringkat batubara adalah tahanan pembentukan batubara yang menunjukkan perubahan sifat fisik kimia batubara akibat proses pembatubaraan.

5. Kandungan Karbon adalah jumlah unsur karbon (C) yang terdapat dalam batubara yang biasanya dinyatakan dalam persentase (%).

Data kualitas batubara yang terdiri dari TM (*Total Moisture*), IM (*inherent moisture*), ASH (abu), VM (*volatile matter*), FC (*fixed carbon*), TS (*total sulfur*) dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Table 4.1 Data Kualitas Batubara

MINE BRAND	TM	IM	ASH		VM	
	%AR	%ADB	%ADB	%AR	%ADB	%AR
MT 49	24,70-34,24	9,63-19,54	1,70-18,33	1,33-16,02	37,07-43,06	30,17-36,34

MINE BRAND	FC		TS		GCV	
	%ADB	%AR	%ADB	%AR	ADB	AR
MT 49	26,69-43,42	23,32-36,52	0,19-1,58	0,16-1,39	5.000-6.000	4.500-5.200

Sumber: Satker Penambangan (MTB)

Berdasarkan data kualitas batubara MT 49, diketahui bahwa nilai total *moisture* berkisar antara 24,70%–34,24% dan *volatile matter* berkisar antara 37,07%–43,06%. Kandungan *volatile matter* yang relatif tinggi menunjukkan bahwa batubara memiliki potensi mengalami oksidasi yang dapat menghasilkan panas. Namun demikian, kandungan *moisture* yang cukup tinggi turut berperan dalam menyerap panas sehingga mampu menekan laju peningkatan temperatur.

4.1.2 Faktor Operasional

Faktor operasional berkaitan dengan metode penimbunan dan dimensi timbunan. Ditinjau dari geometri tumpukan, *Live Stockpile* Westham menggunakan pola penimbunan *chevcon* dengan dimensi sebagai berikut:

Tabel 4.2 Dimensi Aktual Timbunan *Live Stockpile* Westham

Ket	Dimensi	Pola Penimbunan <i>Chevcon</i>
a.	Panjang lantai bawah	127 m
b.	Lebar lantai bawah	71 m
	Luas lantai bawah	9.017 m²
c.	Panjang lantai atas	80 m
d.	Lebar lantai atas	55 m
	Luas lantai atas	4.400 m²

Ket	Dimensi	Pola Penimbunan <i>Chevcon</i>
y.	Tinggi	6 m
x.	Panjang Horizontal	10 m
	Sudut Slope	31 °

Sumber: Penulis (2026)

Tinggi tumpukan 6 m berpotensi menyebabkan terperangkapnya panas di bagian dalam tumpukan, mengingat sirkulasi udara pada tumpukan yang lebih dalam cenderung terbatas sehingga panas hasil oksidasi tidak dapat terdisipasi secara optimal. Akan tetapi, dengan penerapan sistem FIFO yang optimal, waktu tinggal batubara menjadi sangat singkat sehingga panas yang dihasilkan dari proses oksidasi tidak sempat terakumulasi secara signifikan.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.1 Tumpukan Batubara

4.1.3 Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan adalah faktor yang berasal dari kondisi alam atau lingkungan sekitar *stockpile* yang dapat mempercepat proses oksidasi dan meningkatkan temperatur sehingga memicu swabakar. Faktor lingkungan ini meliputi kondisi curah hujan yang dapat dilihat pada lampiran 1.

Berdasarkan data curah hujan bulan Maret 2026, total curah hujan mencapai 135,3 jam, dengan beberapa hari menunjukkan intensitas hujan yang tinggi. Kondisi ini berpengaruh terhadap penurunan suhu timbunan serta

membantu menjaga kelembaban batubara. Namun demikian, pengaruh curah hujan bersifat sementara karena setelah kondisi kering, proses oksidasi kembali berlangsung.

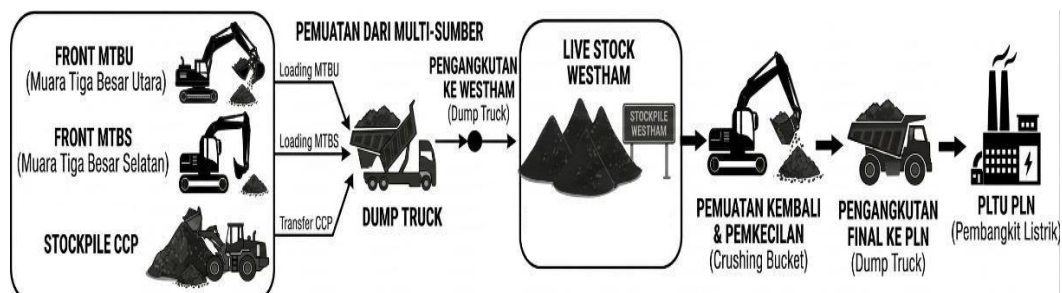
4.1.4 Faktor Manajemen

Faktor manajemen adalah faktor yang berkaitan dengan pengelolaan, pengawasan, perencanaan, dan penerapan prosedur kerja dalam penanganan *stockpile* batubara yang dapat memicu terjadinya swabakar. Faktor – faktor tersebut adalah:

1. Tidak adanya SOP pengelolaan *stockpile*
2. Kurang nya monitoring temperatur
3. Sistem FIFO tidak diterapkan
4. Pengawasan operasional lemah
5. Kurangnya pelatihan pekerja
6. Tidak tersedianya sistem pencegahan swabakar
7. Perencanaan *stockpile* yang buruk
8. Kurangnya evaluasi dan audit keselamatan

4.2 Pengendalian *Live Stockpile* Westham Dalam Mengurangi Potensi Terjadinya Swabakar

PT Bukit Asam Tbk memiliki *live stockpile* yang berasal dari penambangan *pit* Muara Tiga Besar Selatan (MTBS), *pit* Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan *temporary stockpile* CCP. Batubara tersebut di angkut menggunakan *dump truck* jenis Hino 500 dan Volvo FMX-460 menuju *live stockpile* berjenis *Sub Bituminus* 4.700 - 4.900 Kkal/kg AR. Gambar 4.2 Berikut ini merupakan diagram alur proses penanganan batubara pada *live stockpile* westham site Muara Tiga Besar.



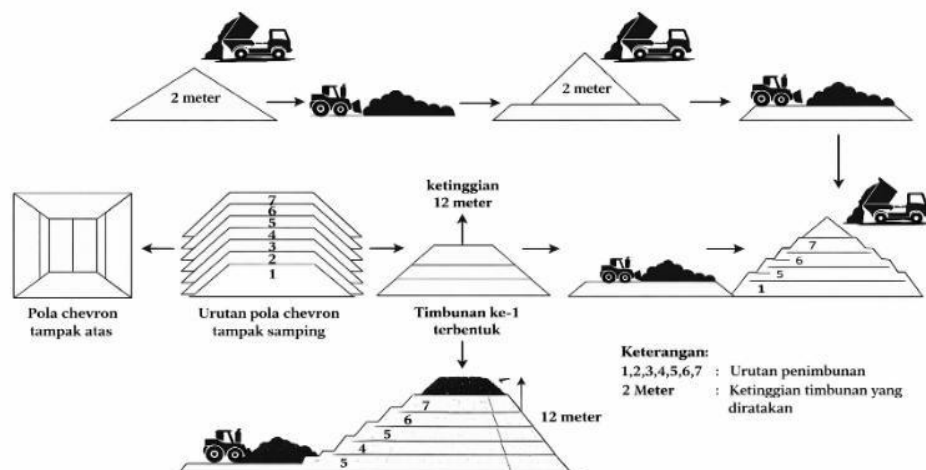
Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.2 Diagram Alur Proses Penanganan Batubara

Pengendalian *live stockpile* dilakukan sebagai upaya untuk meminimalkan potensi terjadinya swabakar pada timbunan batubara. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, sistem pengendalian yang diterapkan pada *live stockpile* Westham meliputi penerapan pola penimbunan, sistem FIFO, pemadatan timbunan, penyiraman, serta pengawasan kondisi *stockpile*.

4.2.1 Pola Penimbunan

Pola penimbunan Pada *Live Stockpile* Westham menggunakan pola *chevcon*, pola ini adalah penimbunan batubara yang dilakukan secara teknis dengan metode penumpukan berurutan menggunakan alat angkut *dump truck* pada area *live stockpile*. Selanjutnya, material batubara diratakan dan dilakukan proses pemadatan hingga membentuk geometri limas terpancung dengan menggunakan *bulldozer* D6R2. Kegiatan ini dilakukan sampai mencapai ketinggian tumpukan yang diinginkan, yaitu sekitar ± 12 meter, yang merupakan standar tinggi maksimal tumpukan yang direkomendasikan di PT Bukit Asam Tbk. Tujuan dilakukan pengaturan pola penimbunan pada *live stockpile* ini adalah untuk mengurangi suplai oksigen dan penumpukan panas di dalam timbunan batubara. Ilustrasi mekanisme penimbunan pola *chevcon* dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.3 Pola Penimbunan *Chevcon*

4.2.2 Pemadatan Timbunan

Pemadatan dilakukan menggunakan *bulldozer* D6R2 pada setiap lapisan timbunan batubara. Tujuan utama pemadatan adalah mengurangi porositas timbunan sehingga aliran udara ke dalam *stockpile* dapat diminimalkan dan menghambat masuknya udara ke dalam timbunan batubara untuk mengurangi reaksi oksidasi.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa proses pemadatan yang dilakukan sudah cukup baik, namun pada beberapa area masih ditemukan permukaan timbunan yang kurang padat akibat tingginya aktivitas keluar masuk alat berat. Kondisi tersebut dapat menyebabkan masuknya oksigen ke dalam timbunan sehingga mempercepat proses oksidasi batubara. Semakin baik proses pemadatan yang dilakukan, maka potensi terjadinya swabakar akan semakin kecil karena suplai oksigen di dalam timbunan dapat berkurang. Proses pemadatan timbunan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.4 Pemadatan Timbunan

4.2.3 Pengaturan Waktu Penyimpanan (*First In First Out*)

Sistem *FIFO* diterapkan dengan cara mengeluarkan batubara yang pertama masuk ke *stockpile* untuk menjadi batubara pertama yang dikirim.

Penerapan sistem ini mempunyai tujuan untuk mengurangi waktu tinggal (*residence time*) batubara di area penimbunan sehingga proses oksidasi dapat ditekan.

Semakin lama batubara berada di *stockpile*, maka kontak antara batubara dengan oksigen akan semakin lama sehingga dapat meningkatkan temperatur timbunan. Dengan penerapan FIFO, akumulasi panas akibat proses oksidasi dapat diminimalkan sehingga risiko terjadinya swabakar menjadi lebih rendah.

Berdasarkan kondisi di lapangan, penerapan sistem FIFO pada *live stockpile* Westham telah berjalan cukup baik, namun pada kondisi tertentu masih terdapat penumpukan batubara pada beberapa area akibat tingginya produksi dan keterbatasan pengiriman.

4.2.4 Pengawasan Kondisi *Live Stockpile* (Monitoring Suhu)

Pada *live stockpile* Westham, belum dilakukan pemantauan suhu batubara secara langsung. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengukuran suhu secara berkala pada timbunan *stockpile* guna mengetahui batas suhu batubara dalam kondisi normal, praswabakar, hingga swabakar. Selama pelaksanaan penelitian, pemantauan suhu dilakukan menggunakan alat *thermocouple* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.5.

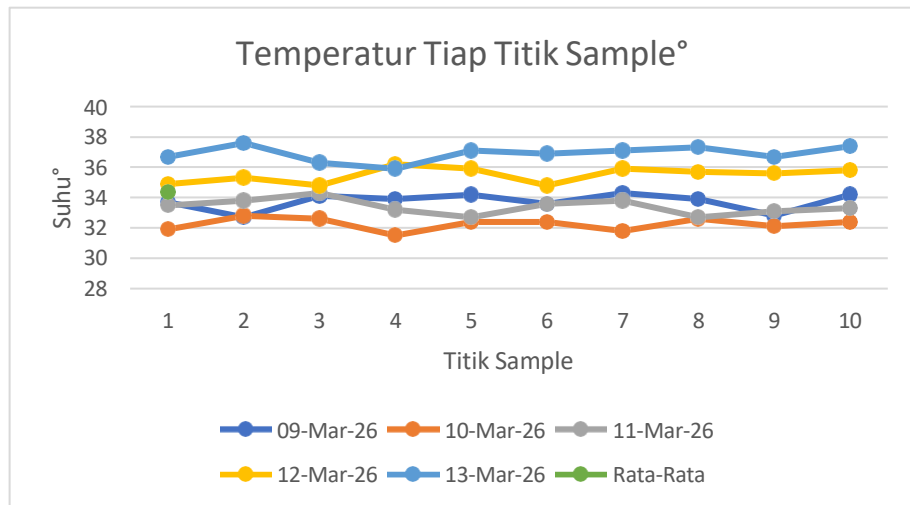


Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.5 Alat *Thermocouple*

Pada 10 titik pengukuran, selama tiga minggu, dengan frekuensi lima hari per minggu dan satu kali pengukuran setiap hari pada pukul 09.00 WIB.

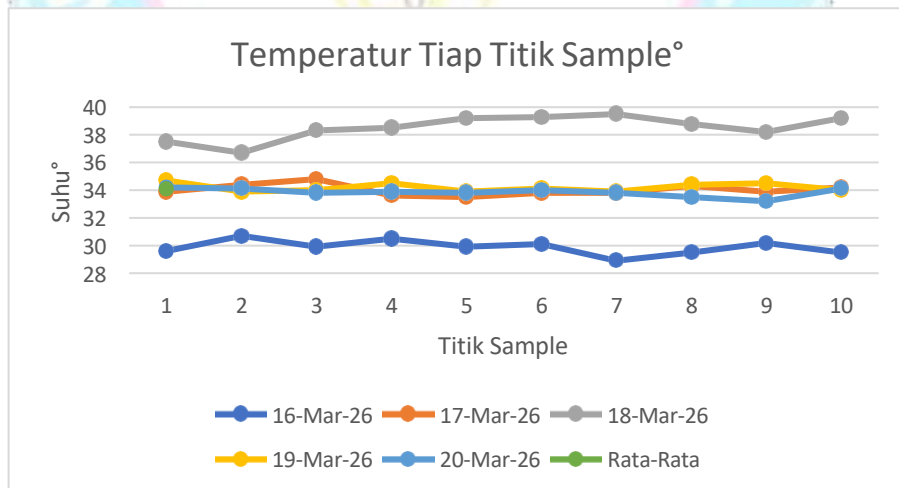
Hasil pengukuran tersebut disajikan pada grafik berikut. Berdasarkan pada data di lampiran E (Data temperatur batubara).



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.6 Grafik Temperatur Batubara Minggu Pertama

Pada minggu pertama, temperatur batubara relatif stabil dengan kisaran 31°C hingga 37°C. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses oksidasi masih berlangsung pada tingkat normal dan belum terjadi akumulasi panas yang signifikan.

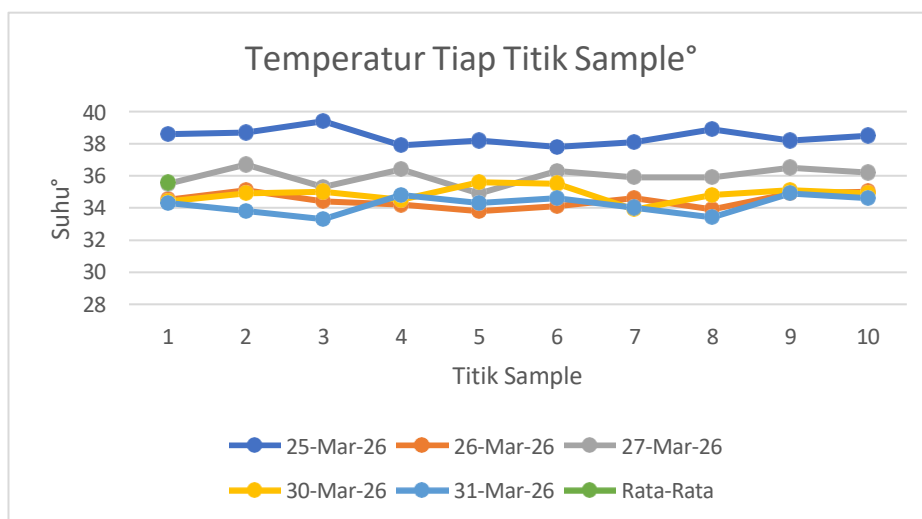


Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.7 Grafik Temperatur Batubara Minggu Kedua

Memasuki minggu kedua, mulai terlihat adanya fluktuasi suhu yang lebih tinggi, dengan temperatur maksimum mendekati 38–39°C. Hal ini

mengindikasikan adanya peningkatan aktivitas oksidasi pada beberapa bagian timbunan, meskipun secara umum suhu masih berada dalam kategori aman.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.8 Grafik Temperatur Batubara Minggu Ketiga

Pada minggu ketiga, terjadi kecenderungan peningkatan suhu yang lebih jelas, dimana rata-rata temperatur meningkat menjadi 35,77°C. Beberapa titik pengamatan mencatat suhu mendekati 39,4°C, yang merupakan batas awal kondisi praswabakar.

Monitoring kondisi *stockpile* merupakan salah satu tahapan penting dalam sistem pengendalian swabakar. Kegiatan monitoring dilakukan melalui pengamatan visual terhadap perubahan kondisi timbunan seperti munculnya asap, perubahan warna material, serta peningkatan temperatur pada area tertentu.

4.2.5 Pengaturan Kadar Air (Penyiraman *Stockpile*)

Penyiraman *stockpile* dilakukan secara berkala menggunakan unit *water truck* dengan tujuan menjaga kelembaban permukaan timbunan dan mengurangi debu akibat aktivitas operasional alat berat. Selain berfungsi sebagai pengendali debu, penyiraman juga bertujuan untuk membantu menurunkan temperatur permukaan *stockpile* terutama pada kondisi cuaca dengan intensitas panas yang tinggi.

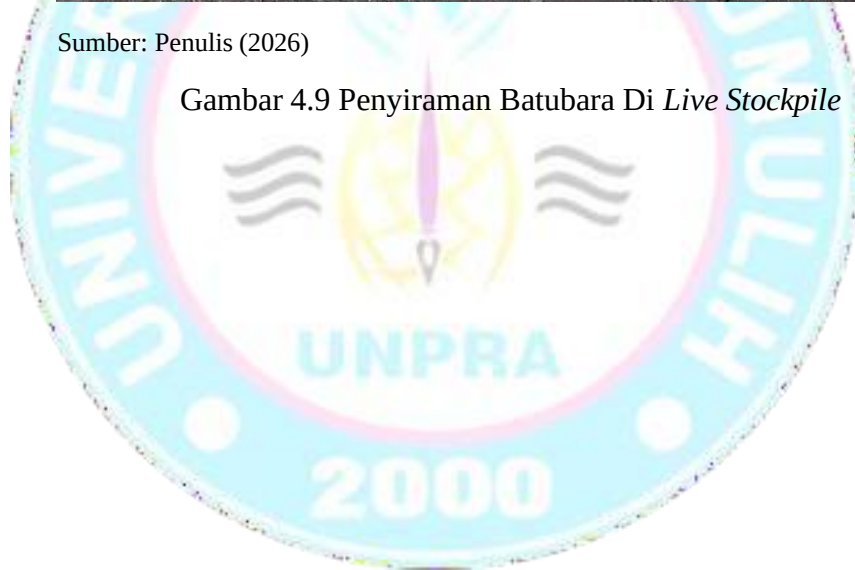
Namun demikian, pelaksanaan penyiraman harus dilakukan secara terkontrol karena kelembaban yang berlebihan dapat mempengaruhi kualitas

batubara serta mempercepat proses degradasi material. Oleh sebab itu, pengendalian jumlah dan intensitas penyiraman perlu diperhatikan agar kondisi kelembaban *stockpile* tetap berada pada batas optimal. Gambar penyiraman *stockpile* dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.9 Penyiraman Batubara Di *Live Stockpile*



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai evaluasi sistem penanganan *live stockpile* untuk mengurangi swabakar di *Live Stockpile Westham Site MTB PT Bukit Asam Tbk*, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Faktor penyebab swabakar di *live stockpile* Westham bersumber dari empat aspek, yaitu faktor internal berupa karakteristik batubara MT 49 yang memiliki kandungan *Volatile Matter* tinggi (37,07% – 43,06% ADB) dan tergolong batubara *sub-bituminous* yang reaktif; faktor operasional berupa geometri tumpukan dengan tinggi 6 m yang membatasi sirkulasi udara; faktor lingkungan berupa kondisi cuaca dengan total aktual jam hujan 135,3 jam pada bulan Maret 2026 yang memengaruhi fluktuasi temperatur tumpukan; serta faktor manajemen yang sudah berjalan cukup baik melalui penerapan sistem FIFO. Penerapan sistem FIFO dengan *residence time* 1 hari merupakan pengendalian paling efektif yang telah diterapkan dalam menekan risiko swabakar.
2. Temperatur *live stockpile* Westham selama periode pengamatan bulan Maret 2026 berada pada rentang 28°C – 40°C dengan nilai rata-rata 34°C – 36°C. Beberapa titik sampel tercatat mendekati ambang batas kritis 40°C, mengindikasikan adanya potensi swabakar yang perlu mendapat penanganan lebih lanjut. Sistem penanganan *live stockpile* Westham secara keseluruhan telah berjalan dengan baik, ditunjukkan oleh efektivitas sistem FIFO. Namun demikian, sistem tersebut masih memerlukan penguatan pada aspek pemantauan temperatur secara berkala, pemadatan tumpukan dan prosedur penanganan darurat guna mengantisipasi potensi eskalasi swabakar.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, disampaikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Penerapan sistem FIFO perlu dipertahankan dan diawasi secara ketat agar *residence time* batubara di dalam tumpukan tidak melebihi batas yang telah ditetapkan, mengingat reaktivitas tinggi batubara MT 49 yang berpotensi memicu swabakar dalam waktu singkat apabila penimbunan berlangsung lebih lama.
2. Pemantauan temperatur perlu dilakukan secara terjadwal, Penggunaan teknologi *infrared thermal imaging* direkomendasikan untuk memperoleh data distribusi panas yang lebih komprehensif dan akurat.



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.
- Arta, M. (2019). *Rancangan Teknis Stockpile 2 Di PT Bukit Asam Tbk , Unit Pelabuhan Tarahan - Lampung*. Jurnal Bina Tambang, 4(1), 266–275.
- 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.
- Rahayu Manissa, Deddy Nan Setya Putra Tanggara, Yustinus Hendra Wiryanto³, I Putu Putrawiyanta⁴, Lisa Virgiyanti (2026). *Analisis Manajemen Penimbunan Batubara pada Area Stockpile di PT. Barito Bangun Nusantara*. Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik Hal. 223-239
- Renaldy, D., Bahar, H., & Yuwanto, S. H. (2025). *Evaluasi desain stockpile pada live stock BWE 203–MTBU untuk pencegahan swabakar batubara PT. Bukit Asam, Tbk Kecamatan Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan V (SENASTITAN V), 1–9.enaldy 2025
- Yolanda, A., Nugroho, W., Pontus, A. J., Winarno, A., & Trides, T. (2024). *Analisis pengaruh kenaikan temperatur batubara sebagai indikator awal terjadinya swabakar (spontaneous combustion) di product coal stockpile pada PT. Mahakam Sumber Jaya Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, 12(2), 11–23.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Curah Hujan Bulan Maret 2026

Data	Hujan	
	Rencana Jam Hujan (jam)	Aktual Jam Hujan (jam)
Tanggal		
01-Mar-26	4,42	0
02-Mar-26	4,42	0
03-Mar-26	4,42	0
04-Mar-26	4,42	0
05-Mar-26	4,42	2,88
06-Mar-26	4,42	2,38
07-Mar-26	4,42	1,72
08-Mar-26	4,42	14
09-Mar-26	4,42	5,45
10-Mar-26	4,42	7,71
11-Mar-26	4,42	6,5
12-Mar-26	4,42	2,2
13-Mar-26	4,42	0
14-Mar-26	4,42	5,6
15-Mar-26	4,42	0
16-Mar-26	4,42	11,2
17-Mar-26	4,42	6,58
18-Mar-26	4,42	0
19-Mar-26	4,42	5,18
20-Mar-26	4,42	5,78
21-Mar-26	4,42	4
22-Mar-26	4,42	0
23-Mar-26	4,42	4,08
24-Mar-26	4,42	3,38
25-Mar-26	4,42	0
26-Mar-26	4,42	6,87
27-Mar-26	4,42	5,17
28-Mar-26	4,42	14,22
29-Mar-26	4,42	10,38
30-Mar-26	4,42	4
31-Mar-26	4,42	6
Total	137	135,3

Sumber: Satker Penambangan MTB

LAMPIRAN 2

KUALITAS BATUBARA

MINE BRAND	TM	IM	ASH		VM	
	%AR	%ADB	%ADB	%AR	%ADB	%AR
MT 49	24,70-34,24	9,63-19,54	1,70-18,33	1,33-16,02	37,07-43,06	30,17-36,34

MINE BRAND	FC		TS		GCV	
	%ADB	%AR	%ADB	%AR	ADB	AR
MT 49	26,69-43,42	23,32-36,52	0,19-1,58	0,16-1,39	5.000-6.000	4.500-5.200

Sumber: Satker Penambangan MTB



LAMPIRAN 3

DIMENSI AKTUAL *LIVE STOCKPILE* WESTHAM

No	Dimensi	<i>Live Stockpile</i> Westham
1	Panjang (m)	230
2	Lebar (m)	174
3	Luas (m^2)	40.020

Sumber: Penulis (2026)



LAMPIRAN 4

DIMENSI AKTUAL TIMBUNAN *LIVE STOCKPILE* WESTHAM

Ket	Dimensi	Pola Penimbunan Chevcon
a.	Panjang lantai bawah	127 m
b.	Lebar lantai bawah	71 m
	Luas lantai bawah	9.017 m^2
c.	Panjang lantai atas	80 m
d.	Lebar lantai atas	55 m
	Luas lantai atas	4.400 m^2
y.	Tinggi	6 m
x.	Panjang Horozontal	10 m
	Sudut Slope	31°

Sumber: Penulis (2026)



LAMPIRAN 5

DATA TEMPERATUR BATUBARA

Hari/Tanggal	Temperatur Tiap Titik Sample (C°)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
09-Mar-26	33,7	32,7	34,1	33,9	34,2	33,6	34,3	33,9	32,8	34,2
10-Mar-26	31,9	32,8	32,6	31,5	32,4	32,4	31,8	32,6	32,1	32,4
11-Mar-26	33,5	33,8	34,3	33,2	32,7	33,6	33,8	32,7	33,1	33,3
12-Mar-26	34,9	35,3	34,8	36,2	35,9	34,8	35,9	35,7	35,6	35,8
13-Mar-26	36,7	37,6	36,3	35,9	37,1	36,9	37,1	37,3	36,7	37,4
Rata-Rata	34,356									

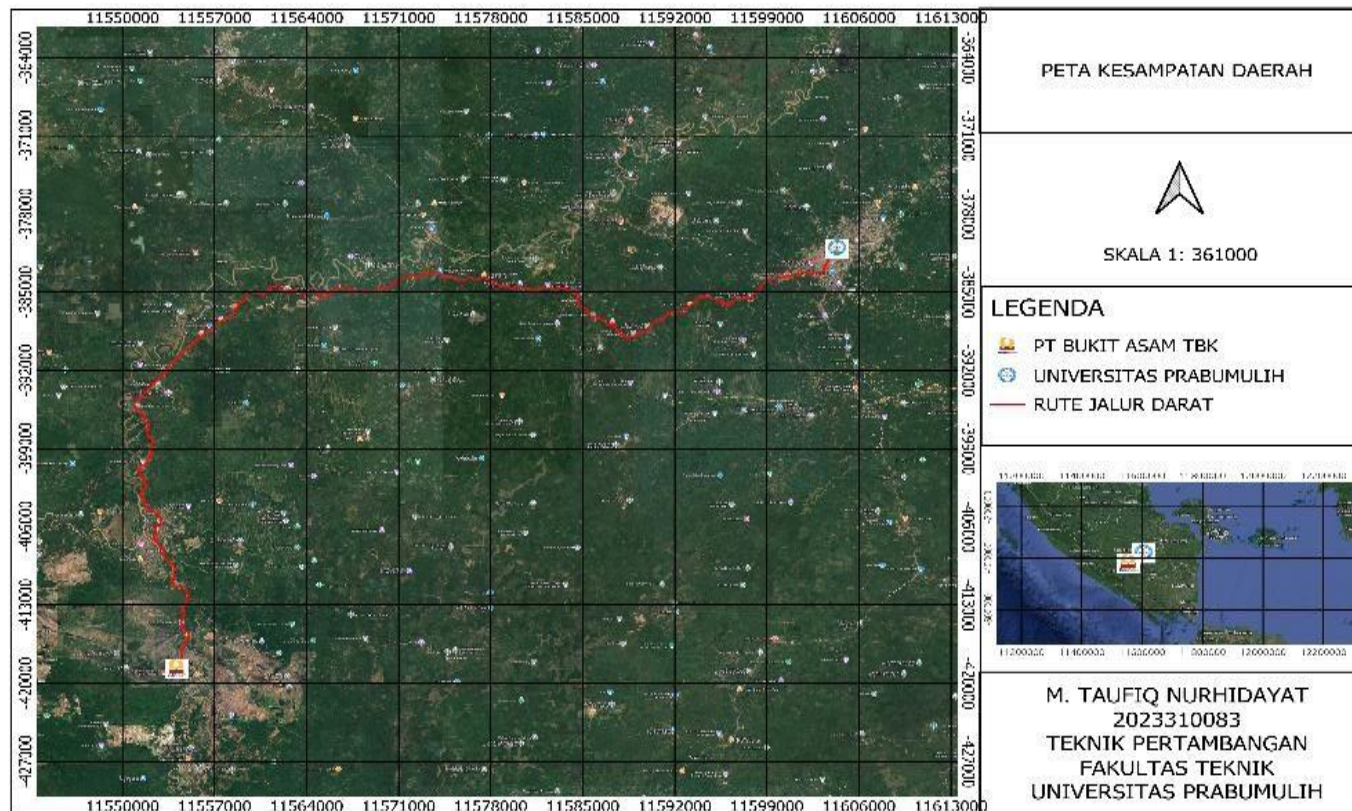
Hari/ Tanggal	Temperatur Tiap Titik Sample (C°)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16-Mar-26	29,6	30,7	29,9	30,5	29,9	30,1	28,9	29,5	30,2	29,5
17-Mar-26	33,9	34,4	34,8	33,6	33,5	33,8	33,8	34,3	33,9	34,2
18-Mar-26	37,5	36,7	38,3	38,5	39,2	39,3	39,5	38,8	38,2	39,2
19-Mar-26	34,7	33,9	34	34,5	33,9	34,1	33,9	34,4	34,5	34
20-Mar-26	34,2	34,1	33,8	33,9	33,8	34	33,8	33,5	33,2	34,1
Rata-Rata	34,09									

Hari/Tanggal	Temperatur Tiap Titik Sample (C°)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25-Mar-26	38,6	38,7	39,4	37,9	38,2	37,8	38,1	38,9	38,2	38,5
26-Mar-26	34,5	35,1	34,4	34,2	33,8	34,1	34,6	33,9	34,9	35
27-Mar-26	35,5	36,7	35,3	36,4	34,9	36,3	35,9	35,9	36,5	36,2
30-Mar-26	34,4	34,9	35	34,5	35,6	35,5	33,9	34,8	35,1	34,9
31-Mar-26	34,3	33,8	33,3	34,8	34,3	34,6	34	33,4	34,9	34,6
Rata-Rata	35,58									

Sumber: Penulis (2026)

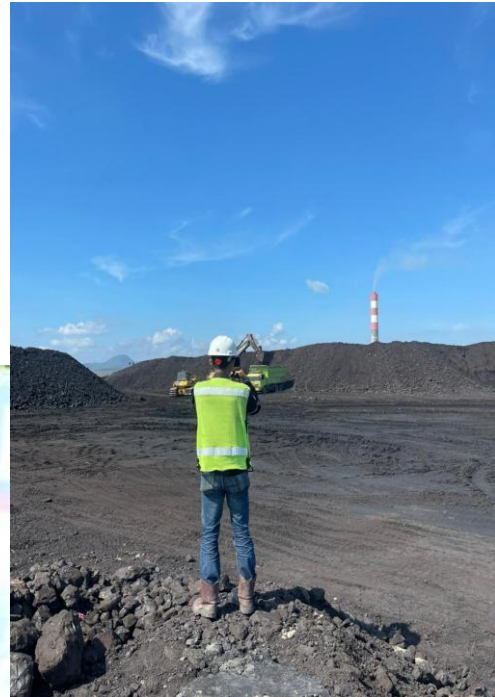
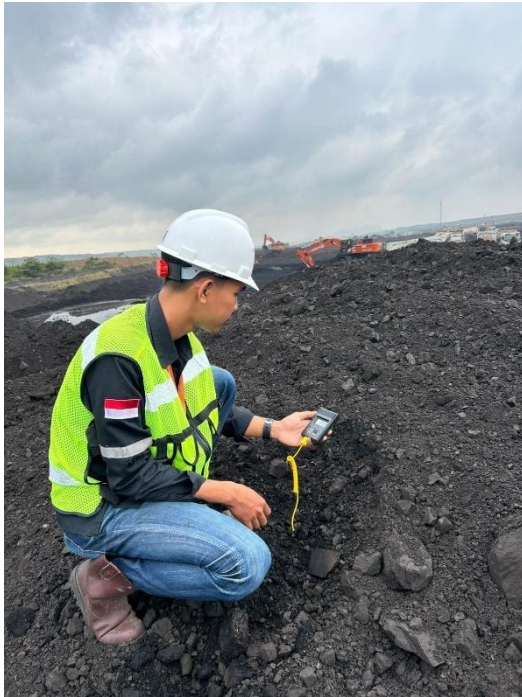
LAMPIRAN 6

PETA KESAMPAIN DAERAH



Sumber : Penulis (2026)

LAMPIRAN 7 DOKUMENTASI



Sumber : Penulis (2026)