

**ANALISIS PENCEGAHAN SWABAKAR PADA
STOCKPILE MUARA TIGA BESAR UTARA (MTBU) PT.
BUKIT ASAM Tbk. KABUPATEN LAHAT
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan**



OLEH :

**ANITA FARIDA MARBUN
DBD 114 021**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PRODI TEKNIK PERTAMBANGAN
PALANGKA RAYA
2019**

**ANALISIS PENCEGAHAN SWABAKAR PADA
STOCKPILE MUARA TIGA BESAR UTARA (MTBU)
PT. BUKIT ASAM Tbk. KABUPATEN LAHAT
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan**



OLEH :

**ANITA FARIDA MARBUN
DBD 114 021**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PRODI TEKNIK PERTAMBANGAN
PALANGKA RAYA
2019**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIATISME

Saya yang bertandatangan di bawah ini

NAMA : ANITA FARIDA MARBUN

NIM : DBD 114 021

JURUSAN : TEKNIK PERTAMBANGAN

Menyatakan bahwa penyusunan Tugas Akhir ini adalah hasil penelitian saya sendiri, terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka. Apabila terdapat pelanggaran dalam Penulisan dan Penyusunan Tugas Akhir ini, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai aturan dan ketentuan yang berlaku.

Palangka Raya, Oktober 2019

Penulis,


ANITA FARIDA MARBUN
NIM : DBD 114 021

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS PENCEGAHAN SWABAKAR PADA STOCKPILE
MUARA TIGA BESAR UTARA (MTBU) PT. BUKIT ASAM, Tbk
KABUPATEN LAHAT PROVINSI SUMATERA SELATAN

Oleh :

ANITA FARIDA MARBUN
DDD 114 021

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada
Hari / Tanggal : Kamis, 26 September 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima.

Susunan Tim Penguji,

NENY SUKMAWATIE, S.Hut., M.P
NIP. 19760614 200801 2 020

Ketua

FAHRIUL INDRAJAYA, S.T., M.T
NIP. 19791215 200812 1 001

Sekretaris

Ir. YULIAN TARUNA, M.Si
NIP. 19580705 198903 2 011

Anggota

LISA VIRGIYANTI, S.T., M.T
NIP. 19770904 200801 2 011

Anggota

DODY A. K. WIJAYA, S.Hut., M.Si
NIP. 19831207 201212 1 001

Anggota



Ir. WALUYENTI SWANTORO, M.T
NIP. 19651119 199002 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan/Prodi
Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya

FAHRIUL INDRAJAYA, S.T., M.T
NIP. 19791215 200812 1 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terimakasih dan puji syukur untuk pertama kalinya saya ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan karya terbesarnya sehingga sukacita dan kebahagiaan senantiasa menyertai ku pada saat aku menyelesaikan karya kecil ini, dan terima kasih buat waktu yang telah Tuhan pilihkan buat saya dimana waktu Tuhan yang terbaik dan bukan waktunya manusia.

Ayah dan Ibu tercinta

Setiap awal Saya melangkah doa dan dukungan dari kedua orang tua saya yang saya terima. Dalam kehidupan saya dan yang sangat berjasa dalam kehidupan saya, di saat saya sudah mulai lelah dan dan putus asa tapi mereka tetap support dan terus memberikan dukungan dan terima kasih banyak buat ayah dan ibu saya atas semua pengorbanannya dan ini sebagai bukti pengorbanan dan perjuangan mu yang telah aku terima dan ini aku persembahkan buat kedua orang tua saya. Saya cinta kalian Ayah dan Ibu

Abang dan Adik ku

Kebersamaan dan saling berbagi adalah pelajaran yang sangat berharga, meski kadang terjadi perselisihan dan pertengkaran tapi itu semua hanya sebentar dan akhirnya kita pun dapat tertawa bersama dan juga terimakasih juga atas support dari abang yang selalu memberikan semangat dan selalu "bertaya kapan siap hahahahah" dan adek ku selalu nelfen mau bisalkan semangat. Terima kasih banyak saudara ku

Sahabat dan Teman Seperjuangan

Terima kasih banyak atas semangat dan dukungan dari Sahabat dan Teman seperjuangan saya, maaf saya tidak tulis namanya satu satu karena nama kalian sudah ku tulis dalam pikiran dan hati saya makasi buat support dan bantuannya nya yang selalu menayakan dan mengingatkan saya buat ngerjain skripsi saya.

Buat pembimbing lapangan saya dan staff PT Bukit Asam Tbk

Terima kasih untuk pengalaman dan ilmu yang saya dapat dari pembimbing lapangan dan dan terima kasih juga buat staff PT Bukit Asam yang telah menerima saya buat mencari dan penelitian disana.

SARI

PT Bukit Asam Tbk. Merupakan salah satu perusahaan tambang batubara yang berada di daerah Sumatera Selatan. Batubara yang diangkut dari front akan di simpan di *stockpile*. Masalah yang sering terjadi di *stockpile* khususnya pembakaran secara langsung atau disebut juga *spontaneous combustion* atau swabakar. semakin lama batubara di tumpuk di *stockpile* maka akan sangat berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas dari batubara tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalisis terjadinya swabakar dan mengetahui apa saja faktor-faktor terjadinya swabakar di *stockpile*.

Metode analisis dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pengolahan datanya menggunakan metode regresi linier dan kualitatif deskriptif. dari hasil pengamatan di lapangan dan perhitungan didapat hasil yaitu pola penimbunan yang digunakan di *stockpile* adalah pola penimbunan Chevcon, tinggi dari timbunan batubara tersebut adalah 13,2 meter, sudut timbunan batubara 42° . Keadaan lokasi penelitian di *stockpile* kurang di perhatikan. Sehingga dari penelitian rata-rata temperature harian yang didapat perubahan temperatur yang signifikan.

Pada elevasi ketinggian sampel 2 meter rata-rata temperature hariannya sekitar 51,12 dan perkiraan terjadinya swabakar pada hari ke 43 hari, pada elevasi 4 meter rata-rata temperatur hariannya sekitar 52,63 dan di perkirakan terjadinya swabakar pada hari ke 46, pada elevasi ke 6 meter dan rata-rata temperatur hariannya sekitar 53,15 dan akan di perkirakan terjadinya swabakar pada hari ke 47 hari, dan elevasi 8 meter temperature rata-rata harian 54.14 dan akan di perkirakan terjadinya swabakar pada hari ke 49 . Sehingga faktor yang mempengaruhi terjadinya swabakar adala, pola penimbunan, lama penimbunan, tinggi timbunan dan yang melebihi batas ketentuan, sudut yang lebih besar dari *angle of repose*, kurangnya pegecekan suhu batubara karena dari temperatur batubara bisa dilihat temperatur batubara mengalami perubahan yang signifikan.dan dari hasil penelitian ini didapat nilai koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,9651 yang berarti peningkatan temperatur sangat berpengaruh sekitar 97,51%.

Kata kunci : Batubara ,Stockpile. Swabakar, Temperatur

ABSTRACT

PT Bukit Asam Tbk. Coal is one of the coal mining companies in South Sumatra. Coal transported from the front will be stored in the stockpile. Problems that often occur in stockpiles in particular are direct burning or also called spontaneous combustion or swabakar. The longer the coal is stacked in the stockpile will greatly affect the quantity and quality of the coal. This study aims to minimize the occurrence of swabakar from this study is to find out what are the factors of the occurrence of self-sufficiency, in the stockpile.

The method of analysis in this study uses quantitative methods with data processing using linear regression and descriptive qualitative. From the results of observations in the field and the calculation results obtained, the hoarding pattern used in stockpile is a Chevcon hoarding pattern, the height of the coal pile is 13.12 meters from the stack, which is 420, the location of the research location is that the flow in the stockpile is less noticeable and from the average daily study temperature at a 2 meter sample elevation the average daily temperature is 51.12 and the estimated occurrence of swabakar is 43 days, a 4 meter elevation average daily temperature of 52.63 and is estimated to have a 46 day swabakar, elevation to 6 meters and average the average daily temperature is 53.15 and it will be estimated that there will be swabakar day to 47 days, elevation of 8 meters daily average temperature of 54.14 and it will be estimated that the occurrence of swabakar day to day 49. so that the factor of swabakar is, hoarding pattern, hoarding time , height of embankment and exceeding the limit of provisions, a higher angle of angle of repose, lack of checking of coal temperature because of coal temperature can be seen that the temperature of the coal undergoes significant changes and from the results of this study the coefficient of determination (r^2) is 0,9651 which means that the increase in temperature is influenced by the height of 97.51%.

Keywords: *Coal, Stockpile. Swabakar, Temperature*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya dan kepada kedua orangtua yang selalu memberikan dukungan maka penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Pencegahan swabakar pada *stockpile* Muara Tiga Besar Utara (MTBU) PT. Bukit Asam Tbk.Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan ”

Dalam penulisan skripsi ini, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Fahrul Indrajaya, S.T., M.T Ketua Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M.T. Sekretaris Ketua Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
4. Ibu Neny Sukmawatie, S.Hut., M.P. Dosen Pembimbing I Skripsi
5. Bapak Fahrul Indrajaya, S.T., M.T. Dosen Pembimbing II Skripsi.
6. Bapak Ir. Yulian Taruna, M.Si. Dosen Penguji I.
7. Ibu Lisa Virgiyanti, S.T., M.T. Dosen Penguji II.
8. Bapak Dody A.K.Wijaya, S.Hut., M.Si . Dosen Penguji III.
9. Semua Dosen dan Staf Tata Usaha Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangkaraya

10. Teman – teman seperjuangan khususnya angkatan 2014 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi, penulis mengucapkan terima kasih.

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari masih banyak kekurangan pada teknis penulisan, mengingat akan keterbatasan dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk penulis.

Palangka Raya, Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN PLAGIATISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Volume Stockpile	5
2.3 Syarat Penimbunan	6
2.4 Sistem Penumpukan	10
2.5 Pola Penimbunan	12
2.6 Penanganan Timbunan	15
2.6.1 Pembongkaran Batubara	15
2.7 <i>Spontaneous Combustion</i>	17
2.8 Faktor penyebab swabakar	18
2.9 Teori Swabakar	18
2.9.1 Teori Pyrite	20
2.9.2 Teori Kompleks	21
2.9.3 Teori <i>Humidity</i>	22
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	24
3.1.1 Lokasi Kesampaian Daerah	24
3.1.2 Keadaan iklim dan Curah Hujan	26
3.2 Geologi Regional daerah Penelitian	27
3.2.1 Kondisi geologi Regional	27
3.2.1.1 Fisiografi	28
3.2.1.1 Statigrafi	28
3.2.1.3 Struktur Geologi	31

3.2.2 Kondisi Geologi Penelitian.....	31
3.2.2.1 Morfologi Muara Tiga Besar	31
3.2.2.2 Litologi Muara Tiga Besar	31
3.3 Potensi dan Cadangan batubara	36
3.4 Tata Laksana	36
3.4.1 Alat dan Bahan	36
3.4.2 Langkah Kerja	37
3.5 Metode Penelitian	39
3.5.1 Metode Pengambilan Data.....	40
3.5.2 analisis dan Pengolahan Data	41
3.6 Bagan Alir Penelitian.....	42
3.7 Waktu Penelitian.....	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	44
4.1.1 Faktor Terjadinya Swabakar.....	45
4.1.2 Cara pencegahan Swabakar	53
4.2 Pembahasan	62
4.2.1 Faktor Swabakar	62
4.2.2 Analisis Pencegahan Swabakar	65

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Angle of Repose</i>	8
Tabel 3.1 Data Kecepatan Angin	26
Tabel 3.2 Data Suhu Udara	27
Tabel 3.3 Waktu Penelitian	43
Tabel 4.1 pengukuran dimensi	46
Tabel 4.2 luas Timbunan.....	47
Tabel 4.3 Rata -rata temperatur batubara	54
Tabel 4.4 Kecepatan rata rata tiap sisi	58
Tabel 4.5 kecepatan angin	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arah penumpukan batubara	11
Gambar 2.2	Akses Jalan	12
Gambar 2.3	Pola Penimbunan <i>cone ply</i>	13
Gambar 2.4	Pola Penimbunan <i>Chevron</i>	13
Gambar 2.5	Pola Penimbunan <i>Window</i>	14
Gambar 2.6	Proses Terjadinya <i>Swabakar</i>	19
Gambar 3.1	Penampang litologi.....	34
Gambar 3.2	Statigrafi Muara Tiga besar.....	35
Gambar 4.1	lay out <i>stockpile</i>	45
Gambar 4.2	Timbunan Batubara	45
Gambar 4.3	pengukuran luas timbunan	47
Gambar 4.4	saluran terbuka sebagai penyalir	51
Gambar 4.5	Dimensi tanggul	52
Gambar 4.6	Pengukuran Temperatur batubara	53
Gambar 4.7	Grafik rata rata temperature	55
Gambar 4.8	Grafik rata rata tiap sisi	58
Gambar 4.9	Ilustrasi pengambilan titik sampel	59
Gambar 4.10	Pembesaran pori-pori pada timbuann batubara.....	59
Gambar 4.11	Swabakar batubara	61

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Peta Kesampaian Daerah
- Lampiran B Peta Geologi Regional
- Lampiran C Peta Geologi Daerah Penelitian
- Lampiran D Temperatur Batubara di *Stockpile*
- Lampiran E Kualitas Batubara
- Lampiran F Data Curah Hujan
- Lampiran G Dokumentasi lapangan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang sangat banyak dimanfaatkan saat ini di Indonesia, batubara dimanfaatkan sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) untuk memenuhi permintaan listrik dalam negeri, bahan bakar yang digunakan pada pabrik-pabrik, dan juga dapat diekspor dalam rangka menambah Devisa Negara.

PT. Bukit Asam, Tbk merupakan salah satu perusahaan tambang batubara di Sumatera Selatan yang menambang batubara menggunakan metode tambang terbuka (Open Pit), batubara yang diambil dari *front* penambangan biasanya disimpan terlebih dahulu di *stockpile*. Masalah yang sering dihadapi perusahaan pertambangan batubara ketika menyimpan batubara di *stockpile* adalah terjadinya *swabakar*. *Spontaneous combustion* atau disebut juga *self combustion* adalah salah satu fenomena yang terjadi pada batubara pada waktu batubara tersebut disimpan atau di *storage / stockpile* dalam jangka waktu tertentu. Proses *spontaneous combustion* diketahui dari proses *self heating* atau pemanasan dengan sendirinya yang berasal dari oksidasi atau suatu reaksi kimia dari suatu mineral didalam batubara itu sendiri.

Pembentukan batubara terbagi menjadi dua yaitu berdasarkan tempat terjadinya dan proses terjadinya. Akibat hal inilah batubara terbagi menjadi

beberapa golongan diantaranya Antrasit, Bituminus, Subbituminus, dan *Lignetic*. Namun ini juga dipengaruhi oleh faktor umur dan komposisinya .

Batubara yang diproduksi PT. Bukit Asam Tbk hampir sebagian besar berjenis batubara *Subbituminous* yang umumnya mudah terjadi swabakar. Penyebab swabakar batubara dapat dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik, faktor intrinsik adalah karakteristik batubara dan mineral pengotor, sedangkan faktor ekstrinsik dipengaruhi oleh, temperatur, kecepatan angin, kadar air, kadar oksigen, dan *management stockpile*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Apa saja faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya swabakar di Muara Tiga Besar bagian Timur ?
2. Bagaimana cara pencegahan swabakar di *stockpile* yang baik agar potensi swabakar dapat berkurang ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya swabakar di Muara Tiga Besar bagian Timur.
2. Menganalisis pencegahan swabakar di *stockpile* yang baik agar potensi swabakar dapat berkurang.

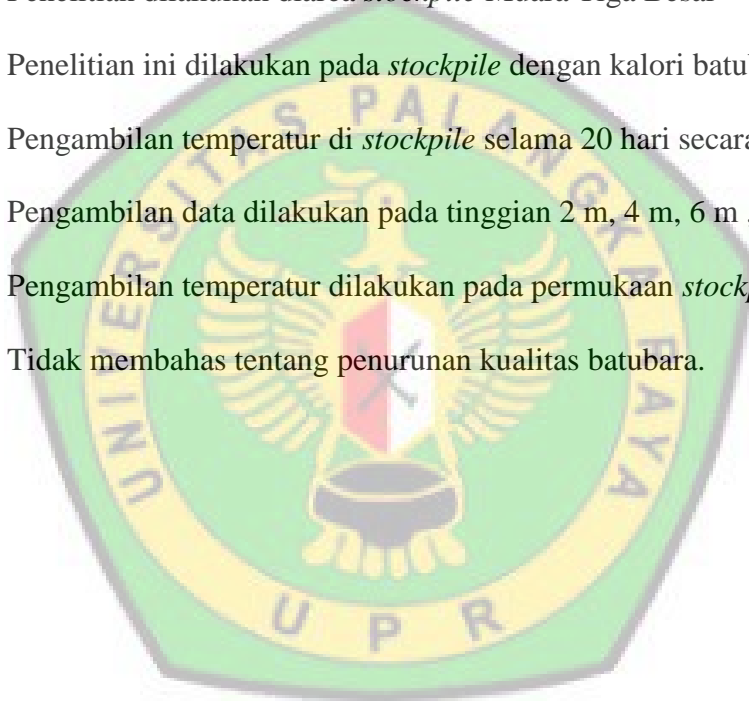
1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan untuk memenuhi gelar sarjana (S1) di universitas. Diharapkan juga mampu menambah pengetahuan tentang analisis pencegahan swabakar.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan diarea *stockpile* Muara Tiga Besar – Timur.
2. Penelitian ini dilakukan pada *stockpile* dengan kalori batubara 4800 kl .
3. Pengambilan temperatur di *stockpile* selama 20 hari secara berturut-turut.
4. Pengambilan data dilakukan pada tinggian 2 m, 4 m, 6 m ,8 m.
5. Pengambilan temperatur dilakukan pada permukaan *stockpile*.
6. Tidak membahas tentang penurunan kualitas batubara.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Triono dan Ambak, Y., S (2015) Menyatakan bahwa pengecekan rutin temperatur *stockpile* merupakan salah satu upaya pencegahan swabakar yang dilakukan dengan menggunakan *thermocouple*. Apabila suhu mencapai 50-60°C maka dilakukan penanganan seperti *spreading*, pemadatan dan lain-lain. Waktu penyimpanan batubara tidak terlalu lama di *stockpile* guna mencegah terjadinya swabakar.

Syahrul S, dkk (2016) Melakukan penelitian Tentang Efektifitas Penggunaan Cara Pemadatan Untuk Mencegah Terjadinya Swabakar Pada *Temporary Stockpile* Pit 1B Di Bukit Asam Tbk Tanjung Enim, menyatakan bahwa metode pemadatan yang diterapkan menggunakan alat berat *bulldozer* dengan *layer per layer* dimana tebal pemadatan setiap *layer* sekitar 50 cm. setelah dilakukan pemadatan kenaikan temperatur menjadi *relative* stabil dimana suhu rata-rata sebelum dilakukan pemadatan 37,1°C dan setelah dipadatkan menjadi 34,1°C. Hal ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan pemadatan dapat menekan kenaikan suhu sehingga menghambat terjadinya swabakar pada *temporary stockpile*

M. Ulum A. Gany, (2014) Menyatakan bahwa hasil analisis menunjukkan batubara diidentifikasi sebagai batubara bituminous, sedangkan berdasarkan pengkajian karakteristik, maka batubara peringkat

rendah cenderung mempunyai sifat swabakar karena didukung oleh karakteristik batubara tersebut.

Sistem penimbunan batubara harus diatur sedemikian rupa agar pemisahan *stock* atau segregasi berdasarkan perbedaan kualitas dapat dilakukan dengan baik, juga timbunan tersebut dapat meminimalkan resiko terjadinya pembakaran spontan di *stockpile*. Hal ini dapat dilakukan dengan cara penumpukan batubara memanjang berlawanan dengan arah angin agar permukaan timbunan batubara yang menghadap kearah datangnya angin menjadi kecil. Pemadatan terhadap seluruh permukaan dapat dilakukan apabila batubara tersebut akan disimpan dalam jangka waktu yang lama. Namun demikian hal tersebut dapat dilakukan tergantung pada desain penimbunan batubara pada *stockpile* tersebut.

Untuk penimbunan batubara dengan sistem *stacking* biasa, pemadatan dipermukaan batubara dapat dilakukan dengan mudah. Tetapi untuk penimbunan yang dilakukan dengan sistem *skyline*, pemadatan relatif agak sulit dilakukan. Pengaturan penimbunan batubara sangat penting karena hal ini terkait dengan masalah pemeliharaan kuantitas dan kualitas batubara yang akan ditimbun di *stockpile*.

2.2. Volume *Stockpile*

Bentuk bangun atau dimensi *stockpile* yang umum dijumpai antara lain berupa kerucut, limas, kerucut dan limas terpancung (Okten et all, 1990). Penentuan volume dimensi *stockpile* dilakukan melalui perhitungan menggunakan rumus bangun ruang sesuai bentuk *stockpile*. Volume

stockpile berbentuk kerucut dan limas terpancung dihitung dengan rumusan berikut (Carpenter, 1999).

a. Volume Kerucut Terpancung

$$V = \frac{1}{3} \pi \times t (R^2 + r^2 + R \times r) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

V = Volume Kerucut Terpancung (m³)

t = Tinggi Kerucut Terpancung (m)

r = Jari-jari Lingkaran Atas (m)

R = Jari-jari Lingkaran Bawah (m)

b. Volume Limas Terpancung

$$V = \frac{1}{3} \times h \times (L B + L A + \sqrt{(B + A)}) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

V = Volume Limas Terpancung (m³)

h = Tinggi Limas Terpancung (t) (m)

B = Sisi Bidang Bawah (m²)

A = Luas Bidang Atas (m²)

2.3. Syarat Teknis Penimbunan

Dalam pelaksanaan penimbunan dan pembongkaran yang dilakukan harus dapat dilakukan pengaturan penimbunan atau pembongkaran yang baik. Hal ini untuk menghindari terjadinya penimbunan yang melebihi kapasitas penimbunan. Syarat teknis penimbunan meliputi:

1. Batubara

Batubara sebagai salah satu syarat teknis penimbunan juga harus diperhatikan, kondisi batubara yang berpengaruh sebagai berikut:

a. Batubara yang ditimbun diusahakan sama kualitasnya.

Untuk menghindari terbakarnya batubara kelas lebih tinggi maka setiap satu lokasi penimbunan ditumpuk batubara yang sejenis (kualitas kelas yang sama). Batubara kualitas lebih rendah mudah dan cepat terbakar dengan sendirinya, sehingga panas yang dihasilkan oleh batubara kelas lebih rendah (kualitas rendah) terakumulasi dan mempengaruhi batubara kelas lebih tinggi (kualitas tinggi) untuk terbakar.

b. Ukuran butir

Ukuran butiran memiliki pengaruh terhadap timbulnya swabakar, ketidakseragaman ukuran butir pada timbunan batubara juga akan memudahkan batubara mengalami oksidasi. Pada dasarnya semakin besar luas permukaan yang berhubungan langsung dengan udara luar, semakin cepat proses swabakar. Sebaliknya semakin besar ukuran bongkah batubara, semakin lambat proses swabakar (Carpenter, 1999). Pada kegiatan penimbunan batubara di *stockpile* harus memperhatikan beberapa faktor agar meminimalisir terjadinya swabakar.

2. Tinggi Tumpukan

Jika timbunan memiliki tinggi tumpukan yang besar maka sisi miring yang terbentuk akan semakin panjang, sehingga daerah yang tidak terpadatkan akan semakin luas dan akan mengakibatkan permukaan yang teroksidasi semakin besar. Tumpukan yang terlalu tinggi akan menyebabkan semakin banyak panas yang terserap (Widodo, 2009). Tinggi timbunan yang diperuntukkan untuk batubara dengan kualitas rendah direkomendasikan 11 – 12 meter (Muchjidin, 2006).

3. Sudut Tumpukan

Pada umumnya, material berukuran kasar memiliki *angle of repose* lebih besar dibandingkan material berukuran halus (Hartman et al, 1992) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. *Angle Of Repose* (°) Kualitas Dan Kondisi Batubara (Hartman Et All, 1992) Sumber : (Haryono 2017)

Material	<i>Angle of Repose</i> (°)
<i>Coal, antrachite</i>	27
<i>Coal, antrachite, sized</i>	27
<i>Coal, bituminous</i>	45-55
<i>Coal, bituminous, mined, sized</i>	35
<i>Coal, bituminous, mined, run-of-mine</i>	38
<i>Coal, bituminous, mined, slack, ½ in. & under</i>	40
<i>Coal, bituminous, strip, not cleaned</i>	-
<i>Coal, lignite</i>	38

Sudut tumpukan yang terbentuk dari suatu tumpukan sebaiknya lebih kecil dari *angle of repose* tumpukan batubara (Widodo, 2009).

4. Keadaan tempat penimbunan

Keadaan tempat timbunan di daerah *stockpile* akan berpengaruh terhadap syarat teknis penimbunan yang dilakukan pada saat penimbunan batubara yang baru masuk kedalam *stockpile*. Untuk itu perlu diperhatikan syarat-syarat keadaan tempat penimbunan yang baik. Syarat keadaan penimbunan yang baik adalah sebagai berikut:

a. Area penimbunan yang bersih

Area penimbunan batubara harus bebas dari segala material yang mudah terbakar seperti kayu dan sampah. Selain itu juga harus bebas dari potongan-potongan logam.

b. Pembuatan saluran air di sekeliling *Stockpile*

Untuk mengalirkan air yang berasal dari tumpukan batubara baik yang berasal dari air hujan, maupun yang berasal dari penyemprotan air di sekeliling areal *stockpile* tersebut harus dibuatkan paritan atau saluran air yang akhirnya di alirkan ke *settling pond* atau kolam pengendapan. Air yang melewati tumpukan batubara akan melarutkan batubara halus dari tumpukan batubara, sehingga partikel batubara yang halus tersebut akan terbawa oleh aliran air. Sebelum air dialirkan ke sungai, perlu ada pengolahan air dari *stockpile* tersebut, atau paling tidak dibuatkan kolam pengendap. Dengan demikian partikel batubara yang terbawa oleh aliran air dari *stockpile* tersebut tidak mencemari lingkungan khususnya tidak mencemari

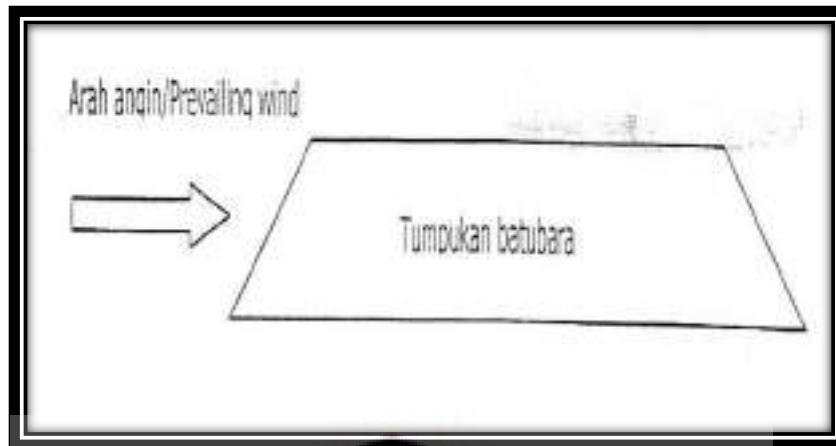
sungai. Selain *settling pond*, apabila terbukti dari pengukuran bahwa air yang berasal dari *stockpile* tersebut bersifat asam, maka perlu juga dilakukan netralisasi. Netralisasi air asam dari batubara dapat menggunakan kapur. Proses netralisasi dilakukan setelah air tersebut melewati *settling pond*, atau dilakukan sebelum air dibuang ke sungai atau ke laut.

c. **Posisi *stockpile***

Posisi *stockpile* harus memperhatikan arah angin, dengan mengetahui arah angin maka posisi *stockpile* diusahakan tidak menghadap arah angin terutama pada bagian panjang *stockpile* sehingga permukaan timbunan yang diterpa angin semakin kecil yang bertujuan menghindari proses oksidasi pada timbunan yang menyebabkan *spontaneous combustion*.

2.4. Sistem Penumpukan Dan Pola Penimbunan

Sistem penumpukan batubara harus diatur sedemikian rupa agar segregasi atau pemisahan *stock* berdasarkan perbedaan kualitas dapat dilakukan dengan baik, juga tumpukan tersebut dapat meminimalkan resiko terjadinya pembakaran spontan di *stockpile*. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menumpuk batubara memanjang searah dengan arah angin agar permukaan tumpukan batubara yang menghadap ke arah datangnya angin menjadi kecil dapat dilihat pada gambar 2.1.



Sumber : Mulyana, hana 2005

Gambar 2.1. Arah Penumpukan Batubara

Pemadatan terhadap seluruh permukaan dapat dilakukan apabila batubara tersebut akan disimpan dalam jangka waktu yang lama. Namun demikian hal tersebut dapat dilakukan tergantung ada desain penumpukan batubara di *stockpile* tersebut. Untuk penumpukan batubara dengan *system stacking* biasa, pemadatan permukaan batubara dapat dilakukan dengan mudah.

Untuk menghindari segregasi partikel batubara yang halus dengan yang besar yang akan mempercepat terjadinya pembakaran spontan, maka penumpukan harus dibuat sedemikian rupa agar segregasi partikel tersebut dapat diminimalkan. Caranya adalah dengan membuat tumpukan dengan bentuk *chevron* atau *windrow*. Selain itu untuk mencegah atau memperlambat terjadinya pemanasan dengan sendirinya di *stockpile* adalah dengan mengusahakan agar permukaan bagian atas tumpukan dibuat rata dan tidak berpuncak-puncak. Karena apabila permukaan atas tidak rata maka hal ini

juga dapat menyebabkan percepatan terjadinya oksidasi batubara yang mengarah ke terjadinya pembakaran spontan.

Untuk *maintenance stockpile* dan untuk merelokasi batubara yang terbakar apabila tidak bisa dicegah, maka tumpukan batubara harus diatur agar tidak ada bagian tumpukan batubara yang sampai ke tepi areal *stockpile*. tumpukan batubara harus ada akses jalan baik untuk kontrol maupun untuk *Excavator* apabila diperlukan untuk menggali batubara yang terbakar dapat dilihat pada gambar 2.2.



Sumber : Mulyana, Hana 2005

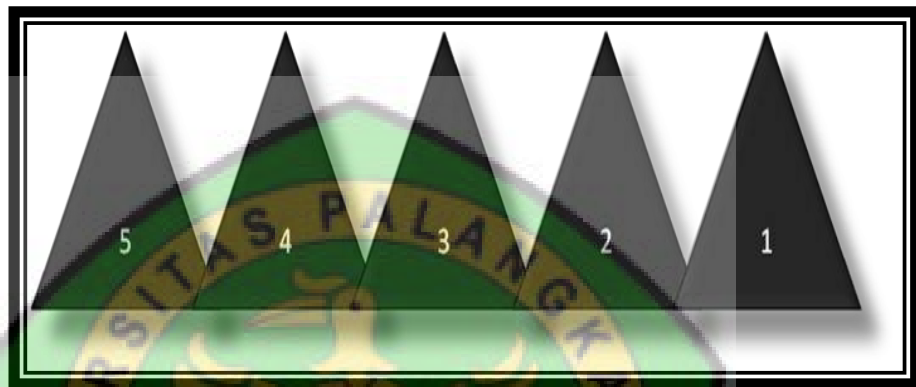
Gambar 2.2 Akses Jalan Di Sekeliling Tumpukan Batubara

2.5. Pola Penimbunan

Sistem penimbunan memiliki dua metode yaitu metode penimbunan terbuka (*open stockpile*) dan metode penimbunan tertutup (*coverage storage*). Penimbunan yang umum digunakan pada kegiatan pertambangan adalah dengan metode penimbunan terbuka (*open stockpile*). *Stockpile* adalah penimbunan material diatas permukaan tanah secara terbuka dengan ukuran sesuai tujuan dan proses yang digunakan. Pola penimbunan antara lain sebagai berikut:

1. *Cone ply*

Merupakan pola dengan bentuk kerucut pada salah satu ujungnya sampai tercapai ketinggian yang dikehendaki dan dilanjutkan menurut panjang *stockpile*. Pola ini menggunakan alat curah, seperti *stacker reclaimer* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Sumber : Sanwani, 1998

Gambar 2.3 Pola Penimbunan Cone Ply

2. *Chevron*

Merupakan pola dengan menempatkan timbunan satu baris material, sepanjang stockpile dan timbunan dengan cara bolak balik hingga mencapai ketinggian yang diinginkan. Pola ini baik untuk alat curah seperti *belt conveyor* atau *stacker reclaimer* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Sumber : sanwani, 1998

Gambar 2.4 Pola Penimbunan Chevron

3. *Chevcon*

Merupakan pola penimbunan dengan kombinasi antara pola penimbunan *chevron* dan pola penimbunan *cone ply*.

4. *Windrow*

Merupakan pola dengan timbunan dalam dalam baris sejajar sepanjang lebar *stockpile* dan diteruskan sampai ketinggian yang dikehendaki tercapai. Umumnya alat yang digunakan adalah *Backhoe*, *Bulldozer*, dan *Loader* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Sumber : sanwani, 1998

Gambar 2.5 Pola Penimbunan Window

2.6. Penanganan Timbunan Batubara

Untuk mengurangi terjadinya swabakar pada timbunan batubara diperlukan teknik penanganan timbunan batubara. Hal-hal yang perlu dilakukan dalam penanganan timbunan batubara diantaranya yaitu :

1. **Pemadatan timbunan**

Sangat perlu dilakukan untuk mengurangi rongga-rongga yang terdapat didalam timbunan. Untuk itu bentuk timbunan perlu

diperhatikan dengan baik karena tanpa adanya pemadatan mengakibatkan terjadinya swabakar.

2. Memonitor temperatur timbunan pada *stockpile*

Memonitor temperatur batubara di *stockpile* secara regular dimaksud agar setiap kenaikan temperatur batubara cepat terdeteksi agar dapat dilakukan tindakan penanggulangan untuk mencegah terjadinya pembakaran spontan. Apabila hasil pengukuran suhu mencapai titik puncak, maka timbunan batubara harus segera dibongkar atau dipadatkan.

2.6.1 Pembongkaran Batubara

Pembongkaran batubara merupakan kegiatan untuk mengambil atau membongkar batubara yang ditimbun ditempat penimbunan. Pembongkaran timbunan memiliki beberapa sistem antara lain yaitu:

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

Yaitu dimana batubara yang terakhir kali ditimbun paling awal diambil. Pada sistem ini kegiatan penimbunan dilakukan sesuai dengan jadwal akan tetapi kegiatan pembongkaran timbunan dilakukan pada batubara yang terakhir ditimbun, sehingga pola ini memungkinkan batubara tertimbun lebih lama.

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

Yaitu dimana batubara yang pertama kali ditimbun pertama kali diambil. Manajemen FIFO disetiap *stockpile* baik perusahaan tambang batubara maupun di *end user* harus diusahakan

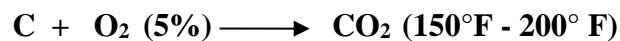
terlaksana karena akan mencegah resiko terjadinya pembakaran spontan di *stockpile*. Hal ini dikarenakan semakin lama batubara terekspose diudara semakin besar kemungkinan batubara tersebut mengalami oksidasi yang berarti pula semakin besar kemungkinan terjadi *self heating* sampai terjadinya pembakaran spontan. Biasanya manajemen FIFO ini terkendala dengan masalah kualitas. Ada kalanya batubara yang sudah ditimbun pertama kali di *stockpile* tidak dapat dimuat atau diambil karena alasan kualitas yang tidak memenuhi. Namun demikian setiap kesempatan manajemen FIFO ini harus diprioritaskan dilakukan pada saat tidak ada alasan kualitas karena diantara langkah pencegahan yang lain.

2.7. *Spontaneous Combustion* Pada Batubara

Menurut Mulyana, hana (2005) mengatakan bahwa *spontaneous combustion* atau disebut juga *self combustion* adalah salah satu fenomena yang terjadi pada batubara pada waktu batubara tersebut disimpan atau di *storage / stockpile* dalam jangka waktu tertentu. Proses *spontaneous combustion* diketahui dari proses *self heating* atau pemanasan dengan sendirinya yang berasal dari oksidasi atau suatu reaksi kimia dari suatu mineral didalam batubara itu sendiri.

Menurut Falcon, R.M (1986) menyebutkan *spontaneous combustion* pada semua batubara terjadi akibat kontak atmosfer (udara) yang secara cepat atau lambat menunjukkan tanda-tanda oksidasi dan pelapukan dengan

resultan penurunan konten kalori, *volatile matter*, dan terjadinya *swelling capacities*. Reaksi eksotermis yang menghasilkan panas apabila tidak hilang akan mencapai suhu inisiasi yang pada akhirnya membentuk titik api pada *hot spot* batubara. Reaksi *spontaneous combustion* dapat digambarkan sebagai berikut :



Menurut Sukandar Rumidi (2008), proses *spontaneous combustion* mengalami proses bertahap yang dijelaskan sebagai berikut :

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 $100^\circ\text{C} - 140^\circ\text{C}$.
3. Setelah mencapai temperatur 140°C , uap dan CO_2 akan terbentuk sampai temperatur 230°C , isolasi CO_2 akan berlanjut.

2.8. Faktor-Faktor Penyebab Batubara Terbakar

Batubara merupakan bahan organik, dan apabila bersinggungan langsung dengan keadaan temperatur tinggi maka akan menyebabkan terjadinya *spontaneous combustion*. Pada *stockpile* batubara, pengaturan sudut kemiringan akan diperhitungkan karena akan berpengaruh terhadap terpaan angin. Menurut Sukandarrumidi (2008), sebab-sebab terjadinya *spontaneous combustion* adalah sebagai berikut :

1. Reaksi eksotermal (uap dan oksigen di udara). Reaksi ini merupakan hal yang paling sering terjadi.
2. Akibat bakteri atau gas metan.
3. Aksi katalis dari benda-benda anorganik.

Sedangkan kemungkinan dapat terjadinya *spontaneous combustion* diantara sebagai berikut :

1. Karbonisasi yang rendah (*low carbonization*)
2. Kadar belerangnya tinggi (>2%). Ambang batas belerang yang disarankan sebaiknya 1,2%.

2.9. Teori Swabakar (*spontaneous combustion*)

Swabakar (*spontaneous combustion*) adalah pembakaran spontan yang merupakan fenomena alami dan disebut pembakaran sendiri (*Self combustion*). Hal ini disebabkan terjadinya reaksi zat *organic* dengan *oxygen* di udara. Kecepatan reaksi oksidasi sangat bervariasi antara zat dengan zat lainnya.

Segitiga api adalah elemen-elemen pendukung terjadinya kebakaran adalah panas, bahan bakar dan oksigen. Namun dengan adanya ketiga elemen tersebut, kebakaran belum tentu terjadi dan hanya menghasilkan pilar. Untuk berlangsungnya suatu pembakaran, diperlukan komponen ke empat, yaitu rantai reaksi kimia (*chemical chain reaction*). Teori ini dikenal sebagai piramida api atau *tetrahedron*. Rantai reaksi kimia adalah peristiwa dimana ketiga elemen yang ada saling bereaksi secara kimiawi, sehingga yang

dihasilkan bukan hanya pilar tetapi berupa nyala api atau peristiwa pembakaran.



Sumber: Mulyana, hana (2005)

Gambar 2.6 Proses Terjadinya Swabakar

Ada beberapa teori yang mengungkapkan proses terjadinya suatu *spontaneous combustion*, Teori ini berdasarkan pengalaman atau percobaan dari penemunya, Dari teori-teori tersebut dapat menjelaskan fenomena *spontaneous combustion* secara lebih luas yaitu :

2.9.1. Teori *Pyrite* Besi Disulfida

Teori *pyrite* besi disulfida (FeS_2) berada di dalam batubara dalam dua bentuk yaitu : *cubic yellow pyrite* (*density* 5,2) dan *rhombic marcasite* (*density* sekitar 4,8) (Coward, 1957). *Marcasite* diketahui lebih reaktif terhadap oksigen dibanding dengan *pyrite*. Meskipun kemudian Li dan Parr (1926) menemukan bahwa kedua bentuk *pyrite* tersebut memiliki *rate* oksidasi yang relatif sama. *Pyrite* memberikan kontribusi pada terjadinya oksidasi batubara lebih besar dalam bentuk partikel kecil, sedangkan pada partikel yang relatif lebih besar *rate* oksidasinya akan lebih rendah. Nilai panas dari

oksidasi *pyrite* ini ditentukan oleh Lamplough and Hill (1912–13) yang menemukan nilai rata-rata 13.8 J/ml oksigen yang dikonsumsi. Meskipun terdapat beberapa perbedaan mengenai peran *pyrite* di dalam *spontaneous combustion*, namun sekarang dapat diterima secara umum bahwa :

- a. Panas yang dihasilkan dari oksidasi *pyrite* ikut membantu pada terjadinya oksidasi batubara.
- b. Oksidasi *pyrite* menjadi *ferrous sulphate* menyebabkan disintegrasi dari batubara sehingga memperluas daerah permukaan batubara untuk terjadinya oksidasi.

Persamaan reaksi berikut menggambarkan reaksi oksidasi *pyrite* didalam batubara (Schmidt, 1945) ; $2 \text{FeS}_2 + 7 \text{O}_2 + 16 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{HSO}_4 + 2 \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. akan tetapi Miyagawa (1930) menyatakan bahwa persamaan reaksi oksidasi *pyrite* tidak seperti persamaan diatas, melainkan mengikuti persamaan reaksi seperti $\text{FeS}_2 + 3 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{FeSO}_4 + \text{SO}_2$. Beliau menyatakan bahwa sulfur dioksida yang dihasilkan dari reaksi oksidasi tersebut kemudian diadsorpsi kuat oleh permukaan *pyrite* sehingga mencegah reaksi oksidasi lebih lanjut. Hilangnya gas dari permukaan *pyrite* tersebut karena air menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi lanjutan. Untuk alasan inilah beliau mengklaim bahwa batubara yang mengandung banyak *pyrite* lebih besar kecenderungannya untuk terjadi *spontaneous combustion* apabila disimpan dalam keadaan basah atau lembab.

2.9.2. Teori Kompleks (*Coal Oxigen*)

Teori *coal oxigen* atau teori kompleks adalah pembentukan sebuah “*coal-oxigen*” kompleks selama oksidasi batubara pada temperatur rendah dinyatakan oleh sejumlah peneliti terdahulu seperti Wheeler (1918), Davis & Byrne (1925), dan terakhir Schmidt (1945). Teori ini menyatakan bahwa adsorpsi oksigen terjadi pada temperatur rendah, tahap ini merupakan tahap awal yang merupakan adsorpsi secara fisik. Tahap ini berlanjut dengan pembentukan kompleks oksigen yang mengandung bentuk oksigen yang aktif yang disebut “per-oksigen”. Tahap ini disebut tahap *chemisorption*. Kemudian proses ini dilanjutkan pada tahap reaksi per-oksigen tersebut dengan batubara dimana CO, CO₂ dan H₂O dihasilkan oleh dekomposisi dari per-oksigen tersebut. Secara singkat tahapan dari teori ini dapat disederhanakan menjadi :

- a. Adsorpsi oksigen.
- b. Tahap *chemisorption* merupakan pembentukan sebuah kompleks yang mengandung oksigen aktif yang disebut ”per-oksigen”.
- c. Reaksi kimia cepat dimana CO, CO₂ dan H₂O dihasilkan oleh dekomposisi dari per-oksigen tersebut.

2.9.3. Teori *Humidity*

Teori *Humidity* adalah batubara akan bereaksi dengan oksigen di udara segera setelah batubara tersebut terekspose selama penambangan.

Kecepatan reaksi ini lebih besar terutama pada batubara golongan rendah seperti *lignit* dan sub-bituminus.

Sedangkan pada golongan batubara bituminus keatas atau *high rank coal*, oksidasi ini baru akan tampak apabila batubara tersebut sudah diekspose dalam jangka waktu yang sangat lama. Apabila temperatur batubara terus meningkat yang disebabkan oleh *self heating*, maka ini perlu ditangani dengan serius karena ini akan berpengaruh terhadap nilai-nilai komersial dari batubara tersebut, selain itu akan mengakibatkan pembakaran spontan batubara yang sangat tidak kita inginkan karena akan merugikan dan juga mengakibatkan kerusakan lingkungan. Akan tetapi pada temperatur normal kecepatan oksidasi ini kecil sekali, bahkan cenderung menurun selang dengan waktu. Dengan demikian resiko penurunan kualitas karena oksidasi ini masih bisa diterima dalam periode waktu pengiriman yang normal (8 hari – 8 minggu). Oksidasi yang dimaksud diatas adalah oksidasi yang tidak diikuti dengan pembakaran spontan atau oksidasi pada temperatur rendah. Akan tetapi apabila disimpan dalam jangka waktu lama di *stockpile* penurunan kualitas akibat ini biasanya tidak dapat diterima karena selain penurunan kualitas secara kimia juga akan terjadi penurunan kualitas secara fisik terutama terjadi pada batubara golongan rendah atau *low rank coal air dried basis (adb)*. As Received Basis (Adb) semua hasil analisis dihitung mundur dengan memasukkan kadar lengas dari sampel, hal ini dilakukan apabila batubara dalam keadaan

basah. *Air Dried (Ad)* Sampel batubara yang dianalisis ditempatkan di udara terbuka, kadar lengasnya secara perlahan akan mencapai keseimbangan dengan kelembaban udara.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

PT. Bukit Asam, Tbk., adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang didirikan pada tanggal 2 Maret 1981 dengan Dasar Peraturan Pemerintah Nomor 42 tahun 1980 yang berkantor pusat yang berada di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan.

PT. Bukit Asam, Tbk. di Unit Penambangan Tanjung Enim (UPTE) memiliki beberapa *site* di wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) antara lain Tambang Air Laya (TAL), Tambang Muara Tiga Besar (MTB), Tambang Banko Barat.

3.1.1 Lokasi Kesampaian Daerah

Lokasi pertambangan PT. Bukit Asam terletak di wilayah Tanjung Enim Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan jarak ± 186 km Barat Daya dari pusat Kota Palembang. Wilayah IUP PT. Bukit Asam Tbk, secara astronomis pada posisi $103^{\circ} 43' 00''$ BT – $103^{\circ} 50' 10''$ BT dan $3^{\circ} 42' 30''$ LS – $4^{\circ} 47' 30''$ LS.

Perjalanan menuju dari Palangka Raya - Tanjung Enim ditempuh melalui :

- a. Palangka Raya menggunakan jalur udara melalui Bandar Udara Tjilik Riwut dengan waktu sekitar ± 1 jam 45 menit transit melalui Bandar Udara Soekarno Hatta di Kota Tangerang, Banten.
- b. Bandar Udara Soekarno Hatta sekitar ± 1 jam 5 menit tiba di Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II, Palembang, Sumatera Selatan.
- c. Dari Palembang menuju Tanjung Enim melewati jalur darat, jalan raya dengan kondisi jalan beraspal ± 200 kilometer atau dengan kereta api ± 190 kilometer.

Secara geografis area penambangan Muara Tiga Besar Utara terletak antara $03^{\circ} 42' 00'' - 03^{\circ} 50' 00''$ LS dan $103^{\circ} 45' 00''$ BT, secara administratif terletak 10 km sebelah barat kota Tanjung Enim. Kondisi daerah tambang Muara Tiga Besar Utara mempunyai variasi struktur yang beragam, diantaranya antiklin Muara Tiga, ini terdiri tiga daerah utama yaitu :

1. Daerah barat, membujur dari tengah ke barat dengan panjang $\pm 1,5$ km dengan kemiringan lebih dari 37° .
2. Daerah tengah, berada diantara zona timur dan zona barat dengan panjang kira-kira 6 km dan kemiringannya antara $10^{\circ} - 30^{\circ}$.

3. Daerah timur, memanjang ke arah barat dari lokasi penambangan Air Laya dengan panjang $\pm 1,5$ km dan mempunyai kemiringan lebih dari 37° .

3.1.2 Keadaan Iklim dan Curah Hujan

PT. Bukit Asam Tbk memiliki iklim tropis dengan kecepatan angina rata-rata 5-6 knot (11,2 km/jam) dengan arah angin yang berbeda-beda. Pada tahun 2018 Januari- Februari angin berasal dari arah barat laut (NW), pada bulan Maret – April angin berubah dari arah barat (W), sedangkan pada bulan Mei - Agustus angin berubah dari arah tenggara (SE). Untuk mengetahui data kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Data Kecepatan Angin PT. Bukit Asam Tbk

Unsur Iklim	Satuan	Bulan							
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust
kec. Angin	Knot	6	5	5	6	5	5	6	6
Arah Angin		NW	NW	W	W	SE	SE	SE	SE

Sumber : Stasiun Klimatologi Kenten Palembang 2018

PT. Bukit Asam Tbk memiliki kelembaban rata-rata udara 75%, Tekanan rata-rata udara 1010 mBar dan temperatur 24°C - 36°C , memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim hujan terjadi pada bulan November sampai bulan April, sedangkan pada musim kemarau terjadi pada bulan Mei-Oktober. Untuk mengetahui data suhu udara, kelembaban udara dan tekanan udara dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Suhu Udara, Kelembaban Udara dan Tekanan Udara

Keterangan	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (mBar)
Minimum	24	100	1005
Maksimum	36	15-30	1015
Rata-rata	30	75	1010

Sumber : Satuan Kerja Perencanaan dan Sipil Hidrologi PT. Bukit Asam 2018

3.2 Keadaan Geologi

3.2.1 Geologi Regional

Secara regional wilayah penambangan PT. Bukit Asam, Tbk termasuk dalam sub cekungan Palembang yang merupakan bagian dari cekungan Sumatera Selatan dan terbentuk pada zaman tersier. Cekungan Sub Sumatera Selatan merupakan tempat terendapkannya batuan sedimen pembawa batubara berumur Tersier Akhir yaitu Formasi Muara Enim. Pada akhir Tersier sampai Kuartar, kegiatan tektonik berlanjut dan menyebabkan sedimen yang berada di Sumatera terangkat, tersebar, dan terlipat. Pada saat itu terbentuklah Antiklinorium Muara Enim.

Cekungan sub Sumatera Selatan secara struktural dapat dibagi menjadi Sub-Cekungan Jambi dan Sub-Cekungan Palembang yang diantara keduanya dipisahkan oleh sesar-sesar utama yang berhubungan dengan batuan dasar.

3.2.1.1 Fisiografi

Secara fisiografis daerah penelitian termasuk dalam Sub cekungan Sumatera Selatan dimana Cekungan yang terletak di sebelah timur Pegunungan Barisan yang meluas ke daerah lepas pantai dan dianggap sebagai suatu Cekungan *Foreland* atau *back arc*. Berbatasan dengan Pegunungan Tiga Puluh dan Pegunungan Duabelas di bagian utara. Pada bagian Timur berbatasan dengan Paparan Sunda serta dengan Tinggian Lampung di bagian Selatan, sedangkan sebelah Barat berbatasan dengan Bukit Barisan.

3.2.1.2 Stratigrafi

Sub cekungan Sumatera Selatan yang memiliki urutan litologi terdiri atas dua kelompok besar, yaitu kelompok telisa dan kelompok Palembang. Kelompok Telisa terdiri dari Formasi Lahat, Formasi Talangakar, Formasi Batu Raja dan Formasi Gumai. Kelompok Palembang terdiri dari Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai. Dari kedua kelompok litologi yang ada di daerah penambangan PT. Bukit Asam, Tbk, Formasi Kasai, Formasi Muara Enim, Formasi Air Benakat ada pada geologi daerah penelitian Banko Barat. Unit M1 merupakan lapisan yang paling bawah dari Formasi Muara Enim mengandung dua lapisan, Kladi dan Merapi.

Unit M2 mengandung mayoritas dari sumberdaya batubara di Tanjung Enim.

1. Satuan Gunung Api Muda

Satuan gunung api muda terdiri dari breksi dan tuf, sebarannya menempati bagian selatan daerah Kabupaten Muara Enim dengan membentuk morfologi perbukitan tinggi dan menyatu dengan deretan Pegunungan Bukit Barisan.

2. Andesit

Intrusi Andesit di Bukit Asam diperkirakan terjadi sesudah orogenesis Plio-Plistosen, dimana struktur geologi di daerah Bukit Asam berbentuk seperti kubah/*antiform* karena telah berasosiasi dengan dengan batuan beku (andesit).

3. Formasi Kasai

Formasi Kasai diendapkan selaras diatas formasi Muara Enim. Formasi ini tersusun oleh batu tufaan yang dicirikan berwarna putih, batulempung dan sisipan batubara tipis seperti yang tersingkap di daerah Suban. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah darat sampai transisi.

4. Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim diendapkan selaras di atas Formasi Benakat. Formasi ini berumur Miosen atas yang tersusun oleh batupasir, batulanau, batulempung, dan batubara.. Formasi ini merupakan pengendapan lingkungan laut neritik sampai rawa, dengan ketebalan berkisar antara 150-750 meter. Formasi Muara Enim dicirikan oleh batuan yang berupa batupasir, batulanau, batulempung, dan batubara. Pada bagian atas formasi ini sering terdapat tufa atau lempung tufaan. Formasi ini juga merupakan formasi pembawa batubara.

5. Formasi Air Benakat

Formasi Air Benakat diendapkan selaras di atas Formasi Gumai yang berumur Miosen tengah tersusun oleh batulempung pasiran dan batupasir Glaukonitan. Formasi Air Benakat diendapkan pada lingkungan laut neritik dan berangsur menjadi laut dangkal, dengan ketebalan antara 100-800 meter.

Endapan Tersier pada Cekungan Sumatera Selatan dari yang tua sampai dengan yang muda dapat dipisahkan menjadi beberapa formasi, yaitu antara lain :

3.2.1.3 Struktur Geologi Regional

Struktur geologi yang berkembang adalah *antiklin*, kubah, sesar normal, sesar-sesar minor, dan kelurusan sesar. Hal ini terjadi akibat dari intrusi batuan beku andesit dan juga dipengaruhi adanya gaya tektonik pada zaman *pliosen* dengan arah utama utara-selatan.

3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

3.2.2.1 Morfologi Muara Tiga Besar Utara

Morfologi pada daerah muara tiga besar utara merupakan daerah perbukitan yang agak landai, dilalui oleh Sungai Enim dengan elevasi terendah pada dasar sungai ± 30 meter di atas permukaan air laut dan elevasi tertinggi pada puncak Tambang Bukit Asam ± 282 meter di atas permukaan air laut.

3.2.2.2 Litologi Muara Tiga Besar Utara

Secara umum litologi di daerah Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dapat dilihat pada kolom penampang litologi. Adapun urutan litologi batuan daerah Muara Tiga Besar Utara sebagai berikut : (lihat pada gambar 3.1)

1. Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*)

Lapisan ini dicirikan dengan adanya batulempung, batupasir, batulempung lanau dan bentonit. Pada lapisan ini ditemukan juga lapisan batubara gantung (*hanging*

coal) pada kedalaman 8 meter dengan ketebalan $\pm 1,35$ meter.

2. Lapisan Batubara *A1 (Mangus Atas)*

Lapisan ini dicirikan dengan adanya lapisan pengotor yang berupa lempung berwarna keabu-abuan. Ketebalan batubara pada lapisan ini bervariasi antara 6,8 m – 10 meter dengan ketebalan rata-rata 8,6 meter.

3. Lapisan *Interburden A1-A2*

Lapisan ini dicirikan dengan adanya batupasir *tufaan* berwarna putih keabu-abuan sebagian dari hasil aktivitas vulkanik. Lapisan ini mempunyai ketebalan rata-rata $\pm 2,9$ meter.

4. Lapisan Batubara *A2 (Mangus Bawah)*

Lapisan batubara *A2* mempunyai variasi ketebalan rata-rata 12,8 m, dimana daerah bagian Barat mempunyai ketebalan relatif lebih besar dibandingkan dengan daerah bagian Timur.

5. Lapisan *Interburden A2 – B1*

Lapisan ini dicirikan dengan batulanau, dengan ketebalan rata-rata 16 meter dengan sisipan pasir halus. Disini ditemukan adanya lapisan batupasir tipis dikenal dengan nama suban *Marker seam*.

6. Lapisan Batubara *B (Suban)*

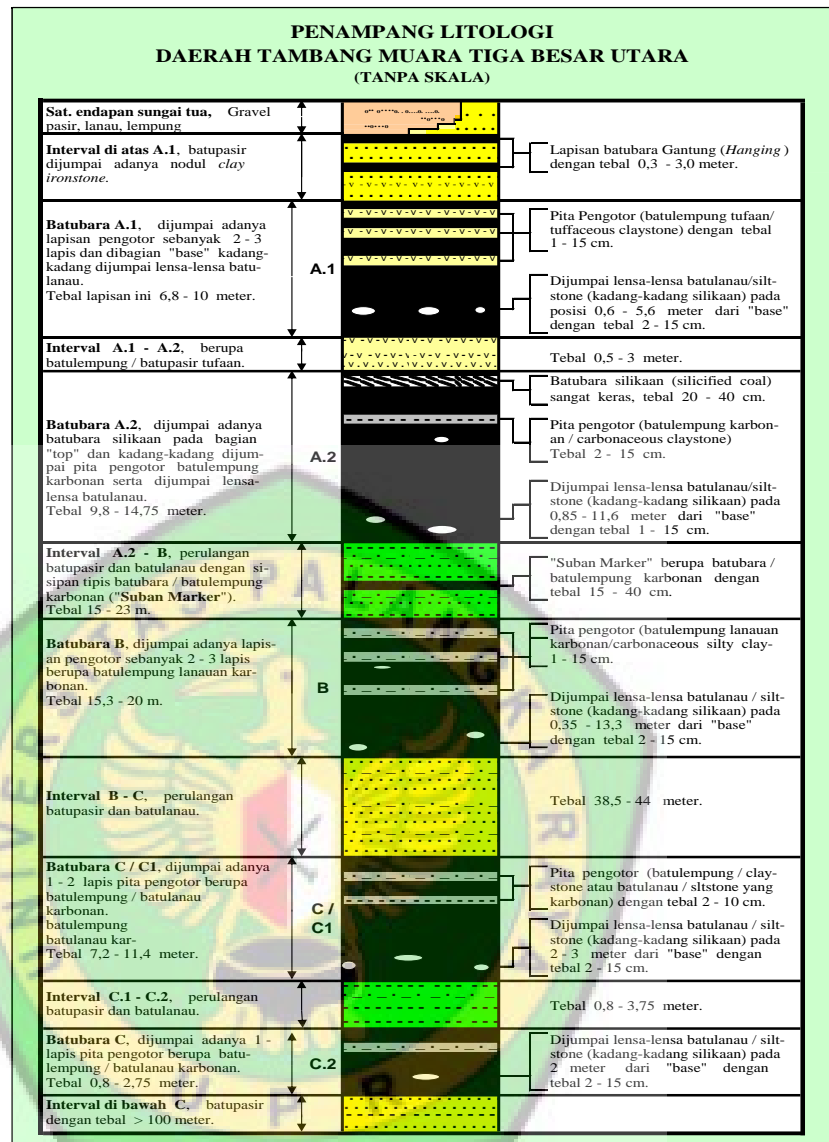
Lapisan batubara ini memiliki ketebalan 17 meter. ketebalan terbesar terdapat dekat dengan antiklin Muara Tiga, yaitu sekitar 20 meter dan ketebalan terkecil sekitar 10 meter.

7. Lapisan *Interburden B – C*

Lapisan ini dicirikan dengan adanya batupasir yang mendominasi dengan ketebalan rata-rata ± 40 meter. Material lain yang tersisip berupa batupasir lanauan yang berwarna abu-abu.

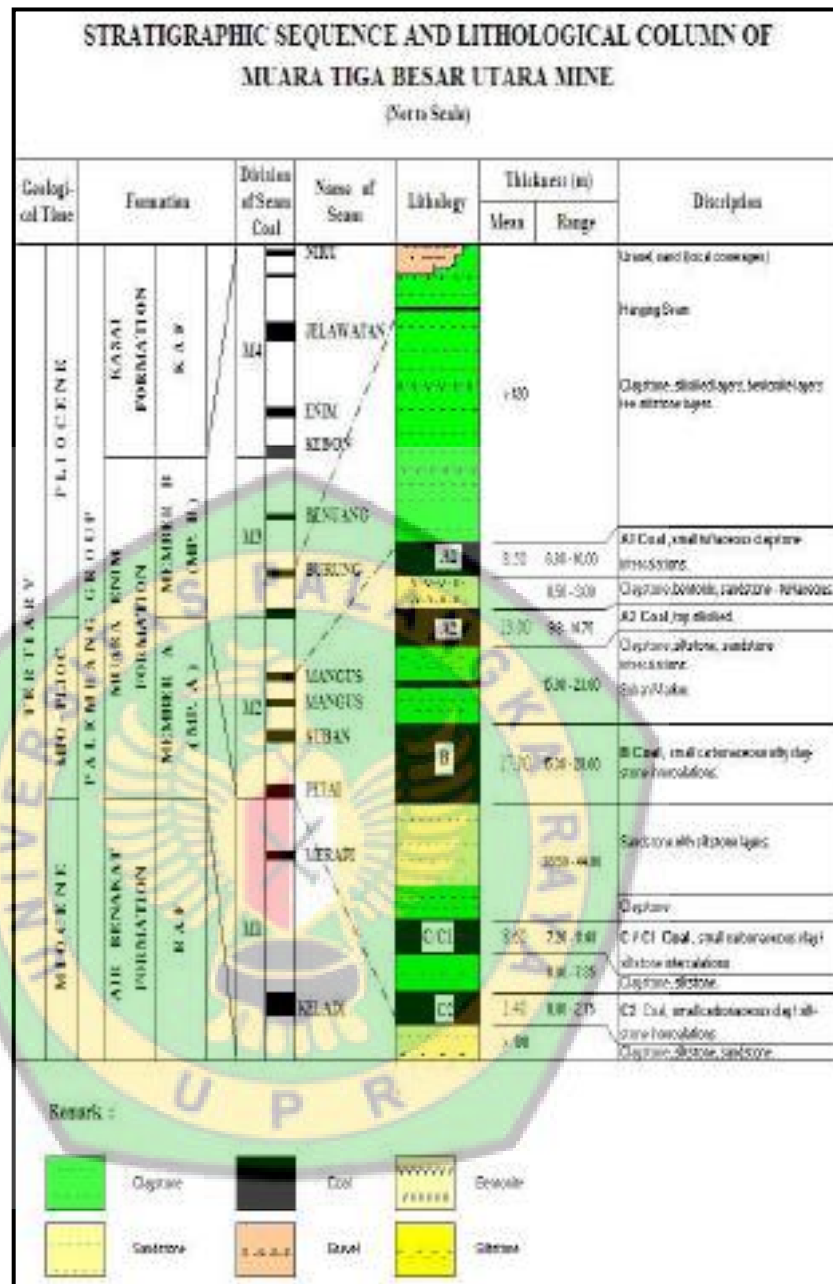
8. Lapisan Batubara *C (Petai)*

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan $\pm 8,9 - 11,4$ meter dengan sisipan tipis batulempung dan dibawahnya terdapat batulempung dan batulanau. Pada lapisan C banyak di jumpai lensa-lensa batulanau atau *siltstone* terkadang bersifat silika dan warnanya mirip batubara.



Sumber : Satuan Kerja Geoteknik PT. Bukit Asam, Tbk.

Gambar 3.1 Penampang Litologi Muara Tiga Besar Utara



Sumber : Satuan Kerja Geoteknik PT. Bukit Asam, Tbk.
 Gambar 3.2 Stratigrafi Muara Tiga Besar Utara

3.2.2.3 Struktur Geologi

Berdasarkan hasil pemetaan geologi dan referensi geologi regional diketahui struktur geologi yang berkembang di daerah Muara Tiga Besar Utara adalah antiklin yang memiliki arah

barat laut sampai tenggara (*NW-SE*). Pada sisi selatan tambang Muara Tiga Besar Utara dibatasi sampai lapisan batubara C, kemiringan (*dip*) lapisan batubara mengarah ke utara dengan besaran kemiringan sampai 35° , pada sisi utara tambang Muara Tiga Besar Utara dibatasi sampai kedalaman 300 meter. Kemiringan lapisan yang tinggi dan pada beberapa tempat vertikal membatasi tambang dibagian barat dan timur.

3.3 Potensi dan Cadangan Batubara Muara Tiga Besar Utara

Lokasi tambang batubara Muara Tiga Besar (MTB) yang terdiri dari Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS) dengan luas IUP ± 3300 Ha.

Jumlah cadangan batubara yang terdapat di lokasi Kuasa Pertambangan PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim adalah sebesar 4884,15 juta ton. Dengan rincian untuk sumberdaya tereka sebesar 3126,94 juta ton. Sedangkan sumberdaya terunjuk sebesar 1422,21 juta ton dan sumberdaya terukur sebesar 335,00 juta ton. Untuk cadangan batubara pada Unit Penambangan Muara Tiga besar sebesar 331,4 juta ton.

3.4 Tata Laksana

3.4.1 Alat dan Bahan

Selama melakukan penelitian, alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan data dan pengolahan data penelitian adalah :

1. Alat Tulis (Pulpen, Buku Catatan Lapangan)
2. Kamera
3. Kalkulator
4. *Thermohunter*
5. Laptop
6. Alat Pelindung Diri (APD)

3.4.2 Langkah Kerja

Dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini, ada beberapa tahapan yang dilakukan :

1) Studi literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi dan mencari informasi yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan sehingga diperoleh referensi yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian. Studi ini dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang penelitian, literatur ini diperoleh dari:

- a. Arsip penelitian sebelumnya.
 - b. Buku-buku yang berkaitan dengan analisis pencegahan swabakar.
 - c. Peta geologi dan peta topografi daerah penelitian.
- #### 2) Observasi Lapangan

Dalam melaksanakan observasi lapangan yang akan dilakukan adalah hal-hal berikut ini, antara lain :

- a. Melakukan pengamatan secara langsung di lapangan mengenai kondisi geologi dan morfologi daerah penelitian.
- b. Menentukan batas pengamatan.
- c. Mencocokkan dengan rumusan masalah yang bertujuan agar penelitian yang dilakukan tidak meluas, data yang diambil dapat digunakan secara efektif.

3) Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan penelitian dan pengamatan langsung terhadap kondisi dan keadaan lapangan sekaligus dilakukan pengumpulan data primer yang meliputi :

- a. Observasi singkapan, meliputi deskripsi dan pengamatan variasi litologi, dan pengambilan contoh sampel untuk dianalisis.
- b. Pengambilan data lapangan meliputi suhu batubara, sudut, ketinggian *stockpile*, pola penimbunan.

4) Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data yang berguna dalam menyelesaikan pencegahan swabakar. Data yang dimaksud berupa data primer maupun data sekunder. Data sekunder berupa data curah hujan, data kesampaian daerah, peta lokasi daerah penelitian, data geologi regional, topografi, peta situasi. Selain data sekunder, data sekunder diperoleh dari data-data yang mendukung penelitian seperti literatur-literatur, laporan, peta situasi, peta topografi, data curah hujan, hasil uji laboratorium.

Data sekunder dalam penelitian ini antara lain:

1. Curah hujan.
2. Kecepatan angin.
3. Volume batubara.
4. Kelembapan udara.

3.5 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki dan dilakukan oleh peneliti dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti suatu objek, suatu kondisi, suatu sistem pemikiran, ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif adalah untuk membuat deskripsi, gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta antar fenomena yang diteliti.

Dalam melaksanakan penelitian deskriptif, maka langkah-langkah umum yang diikuti adalah sebagai berikut :

- a. Memilih dan merumuskan masalah yang akan diteliti.
- b. Menentukan tujuan dari penelitian.
- c. Memberikan limitasi dari area atau *scope* dari penelitian yang dilakukan.
- d. Menelusuri sumber-sumber kepustakaan.
- e. Merumuskan hipotesis-hipotesis yang ingin diuji.

- f. Melakukan kerja lapangan untuk mengumpulkan data.
- g. Membuat tabulasi serta analisis statistik terhadap data yang telah dikumpulkan.
- h. Memberikan interpretasi dari hasil dalam hubungannya dengan kondisi yang ingin diteliti.
- i. Memberikan rekomendasi-rekomendasi yang dapat ditarik dari penelitian.
- j. Membuat laporan penelitian.

3.5.1 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data adalah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan.

1. Metode Langsung

Metode langsung merupakan metode yang dilakukan dengan melakukan analisis langsung di lapangan, metode ini diterapkan untuk mengumpulkan data-data primer.

2. Metode Tidak Langsung

Metode ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data sekunder sebagai pendukung atau pelengkap dari data primer.

Pengambilan data dilapangan dapat dilakukan dengan cara :

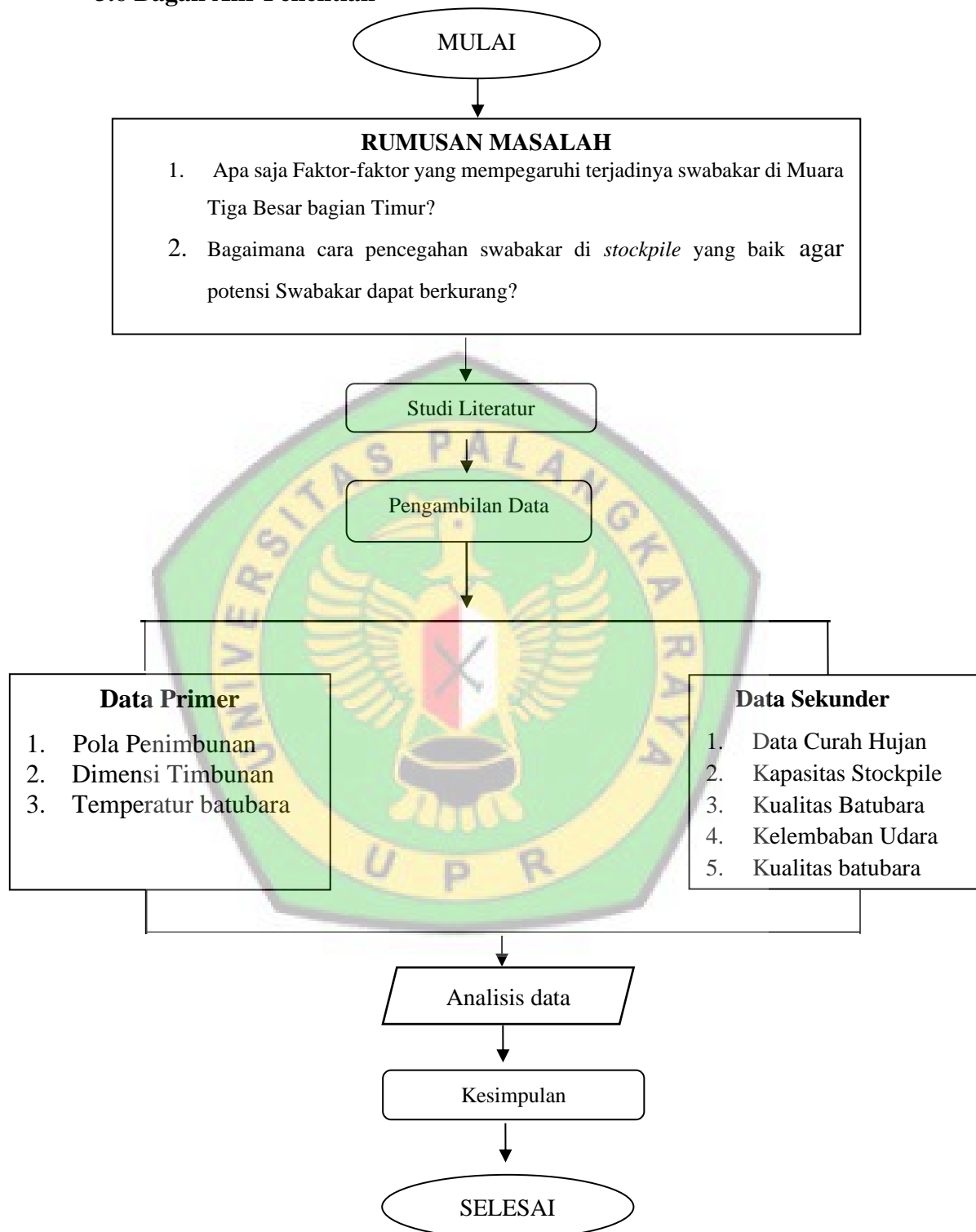
1. Observasi atau pengamatan Langsung di lapangan.
2. Diskusi (tanya jawab).
3. *Summary* data penelitian sebelumnya.

3.5.2 Analisis dan Pengolahan Data

Analisis dan pengolahan data yang akan diambil akan menggunakan metode kuantitatif dan metode deskripsi. Metode kuantitatif digunakan karena menyangkut hasil penelitian yang berisi dengan nilai atau angka dan diolah menggunakan metode regresi linier. Metode deskripsi digunakan untuk menjelaskan atau mendeskripsikan hasil dari data yang telah dianalisis atau diolah.



3.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

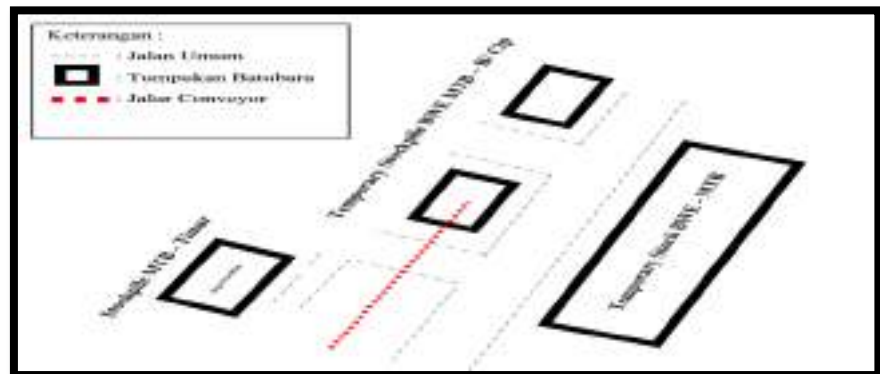
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada analisis penyebab terjadinya swabakar. Data pada penelitian ini meliputi data dimensi timbunan, suhu area timbunan, Pola Penimbunan kecepatan angin. Daerah pengambilan dan pengamatan difokuskan pada area timbunan MTBU Timur. Dilakukan pemilihan area timbunan ini dikarenakan area timbunan ini ditemukan titik api yang lebih banyak dibanding area timbunan lainnya.

Batubara pada *stockpile* MTB – Timur berasal dari aktivitas penambangan Muara Tiga Besar Utara dengan jarak 2,8 km. Sebelum dilakukannya pengiriman menuju konsumen, batubara pada *stockpile* ini akan di angkut menuju *Reclaim Feeder (RF)* atau *Inpit* Tambang Air Laya menggunakan *dumptruck* dan *belt conveyor*, dengan jarak masing – masing 700 m dan 8 km. Selanjutnya batubara tersebut akan dikirim menuju ke *Train Loading Station (TLS)* dengan menggunakan *conveyor coal* dan diangkut dengan kereta batubara rangkaian panjang menuju dermaga Tarahan dan Kertapati. Batubara pada *stockpile* MTB - Timur yang merupakan objek penelitian yang ditimbun berdasarkan dari ketinggian dari pola penimbunan yang diterapkan pada lokasi ini yaitu pola penimbunan *chevcon*. Tata letak *stockpile* area Muara Tiga Besar ini dapat dilihat pada gambar 4.1.



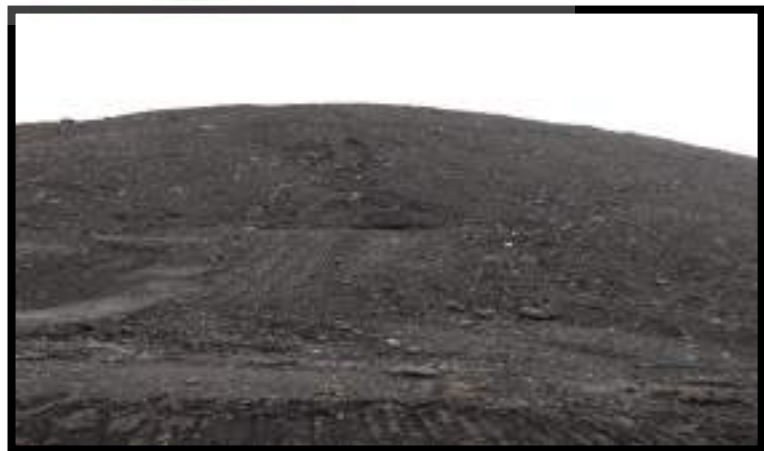
Gambar 4.1 Lay Out Stockpile dan Temporary Stockpile

4.1.1 Faktor Terjadinya Swabakar

A. Pola Penimbunan

Pola penimbunan batubara yang ada pada *stockpile* ini menggunakan pola penimbunan *chevcon*. Pola penimbunan *chevcon* dilakukan dengan cara teknis menumpuk batubara secara berurutan kesamping.

Kondisi timbunan batubara pada *stockpile* MTB – Timur dengan pola penimbunan *chevcon* dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Timbunan Batubara Pola *Chevcon*

Operasional yang ada di lantai dasar *stockpile* menyebabkan adanya penurunan lantai dasar permukaan *area stockpile*, sehingga adanya genangan air. Kondisi lantai dasar *Stockpile* dapat dilihat pada gambar 4.3.

B. Tinggi Timbunan Batubara Pada *Stockpile* dan Sudut

Timbunan *Stockpile*

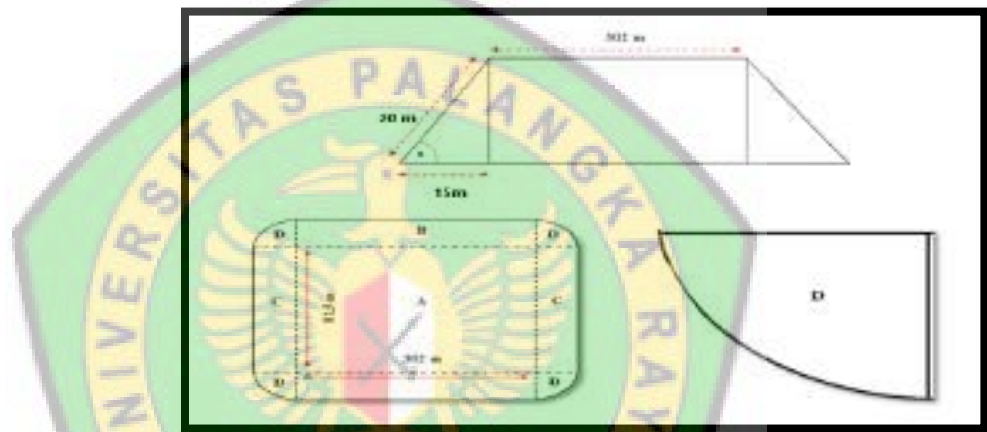
Berikut ini adalah hasil pengukuran dilapangan terhadap dimensi *stockpile* batubara yang berada di *stockpile* Muara Tiga Besar- Timur: Lantai dasar tumpukan batubara yang terpakai untuk *stockpile* MTB – Timur ini memiliki luas $\pm 497.658,72 \text{ m}^2$, dengan panjang $\pm 312 \text{ m}$ dan lebar $\pm 92,2 \text{ meter}$ dan tinggi timbunan 13 m . Dimensi lantai dasar *stockpile* dapat dilihat pada table 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran dimensi lantai dasar *stockpile*

No.	Dimensi (meter)	Pola Penimbunan Chevcon
1	Panjang (m)	312
2	Lebar (m)	92,2
3	Tinggi (m)	13,02
4	Luas (m ²)	497.658,72

1. Timbunan batubara

Bentuk timbunan batubara dengan pola penimbunan *chevcon* adalah berbentuk limas terpancung memanjang dengan alas persegi panjang membulat. Adapun luas timbunan batubara yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengukuran Luas Timbunan Batubara

Tabel 4.2 Hasil pengukuran luas timbunan batubara dilapangan

No.	Dimensi (meter)	Pola Timbunan
1	Bentuk Timbunan	<i>Chevcon/</i> Limas Terpancung
2	Panjang Lantai Atas (m)	282
3	Lebar Lantai Atas (m)	81,5
4	Panjang Lantai Bawah (m)	312
5	Lebar Lantai Bawah (m)	92,2
6	Panjang Sisi Miring (m)	20

Keterangan :

Z = Panjang sisi miring = 20 m

X = Alas = 15 m

Y = Tinggi

$$Y = \sqrt{Z^2 - X^2}$$

$$Y = \sqrt{20^2 - 15^2}$$

$$Y = \sqrt{400 - 225}$$

$$Y = \sqrt{175}$$

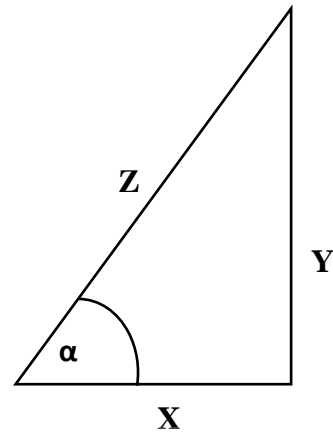
$$Y = 13,2 \text{ m}$$

$$\sin \alpha = \frac{Y}{Z}$$

$$\sin \alpha = \frac{13,2}{20}$$

$$\sin \alpha = 0,66$$

$$\alpha = 42^\circ$$



Dari data yang telah diketahui diatas, maka dapat dihitung volume *stockpile* sebagai berikut :

a. Luas Bawah

$$L = LA + 2 LB + 2 LC + 4 LD$$

$$= (282 \times 81,5) + (2\{(81,5 \times 15,9) + (282 \times 15,9)\}) + (4\frac{1}{4} \times 3,14 \times 15,9^2)$$

$$= 22.983 + 2.591,7 + 4.801,8 + 793,82$$

$$= 30.853,32 \text{ m}^3$$

b. Luas Atas

$$\begin{aligned}
 L &= P \times L \\
 &= 282 \times 81,5 \\
 &= 22.983 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

c. Volume

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times h \times (LB + LA + \sqrt{(B + A)}) \\
 &= \frac{1}{3} \times 13 \times 30.852,32 + 22.613 + (\sqrt{32.800,32 + 22.983}) \\
 &= \frac{13,2}{3} \times 53.835,04 + 24.794,10 \\
 &= 260.034,04 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

d. Tonase

$$\begin{aligned}
 \text{Tonasse} &= \text{Volume} \times \text{Density} \\
 &= 260.034,70 \text{ m}^3 \times 1,26 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 327.642,89 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan literatur (*Soil Mechanics in Engineering Practice, Karl Tezaghri & Ralph B. Peck, 1967*), nilai kohesi (c) pada permukaan miring dari suatu timbunan dengan ukuran butir yang homogen adalah setengah dari nilai *compressive strength* (q_u)

$$C = \frac{1}{2} \times q_u$$

Compressive Strength q_u (KN/m ²)	Densitas γ (KN/m ³)
38	12,6

Maka :

$$C = \frac{1}{2} \times (38 \text{ KN/m}^2)$$

$$= 19 \text{ KN/m}^2$$

Dari data diatas, dapat dihitung tinggi kritis timbunan (H_c)

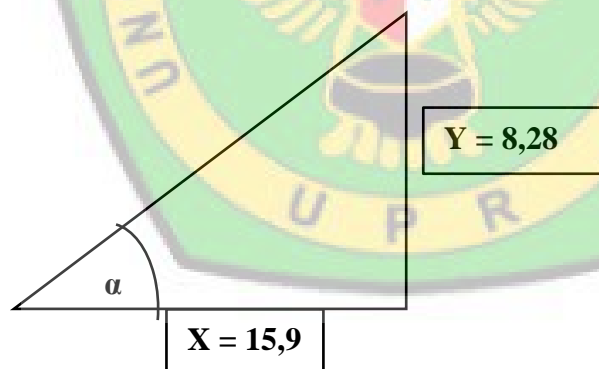
$$H_c = N_s \frac{C}{\gamma} \quad \text{Nilai Kostanta } N_s = 5,52$$

$$= 5,52 \times \frac{19 \text{ KN/m}^2}{12,6 \text{ KN/m}^3}$$

$$= 5,52 \times (1,50 \text{ m})$$

$$= 8,28 \text{ m}$$

Berdasarkan tinjauan di lapangan, dimensi panjang dan lebar pada lantai bawah timbunan memiliki 15,9 m dengan lantai atas timbunan.



Berdasarkan data tersebut sudut timbunan yang ideal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\tan \alpha = \frac{y}{x}$$

$$\tan \alpha = \frac{8,28}{15,9} \tan \alpha = 0,520$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0,520$$

$$\alpha = 27,47^\circ$$

C. Keadaan Tempat Penimbunan Batubara

a. Saluran Air

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, sisi-sisi pada *stockpile* MTB – Timur terdapat saluran penyaliran air yang dibuat khusus agar air hujan yang turun ke *stockpile* ini kemudian akan dialirkan menuju kolam pengendapan. Pada pengamatan yang dilakukan ada beberapa saluran air yang kurang baik kondisinya, sehingga aliran air jadi tidak terlalu lancar, sehingga menimbulkan hambatan terhadap penyaliran.



Gambar 4.4 Saluran terbuka sebagai Penyalir Air dari *stockpile*

b. Tanggul Pemisah

Pada *stockpile* MTB – Timur ini terdapat tanggul pemisah yang di fungsikan sebagai

Pembatas antara area *stockpile* dengan jalur *belt conveyor*, selain itu tanggul ini juga berfungsi sebagai batas jalan untuk kendaraan seperti kendaraan operasional, *water truck* dan alat mekanis seperti *bulldozer* dan *excavator* untuk membongkar gejala swabakar yang terjadi pada area timbunan batubara. Secara umum dimensi lantai dasar dan tanggul pemisah ini mempunyai tinggi ± 1 m dengan lebar atas $\pm 2,5$ m dan lebar bawah $\pm 3,5$ meter.



Gambar : 4.5 Dimensi Tanggul Lantai

(1), Tanggul Pembatas (2)

D. Peningkatan Temperatur Timbunan (Suhu Batubara)

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap temperatur selama 20 hari pada *stockpile* batubara dilapangan, dilakukan perhitungan untuk mencari rata – rata harian pada tiap ketinggian tumpukan batubara di *stockpile* MTB – Timur, maka dapat diketahui bahwa temperatur Rata-rata tiap elevasi/hari memiliki perbedaan yang signifikan, perbedaan peningkatan suhu untuk masing – masing.

4.1.2. Cara Pencegahan Swabakar

A. Pengamatan Banyaknya Titik Swabakar di Ketinggian dan Pengukuran Temperatur pada Timbunan Batubara

Dari hasil pengukuran ketinggian timbunan batubara untuk pola penimbunan *chevcon* diperoleh data . Pada pola penimbunan *chevcon* terdapat beberapa titik swabakar di masing – masing ketinggian, di beberapa titik tersebut banyaknya titik swabakar yang telah mengalami penambahan dan perubahan temperatur yang cukup signifikan pada ketinggian 2 m, 4 m, 6 m dan 8 meter .Pengukuran Temperatur Batubara dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar :4.6 pengukuran temperatur batubara
(Hasil Lapangan,2018)

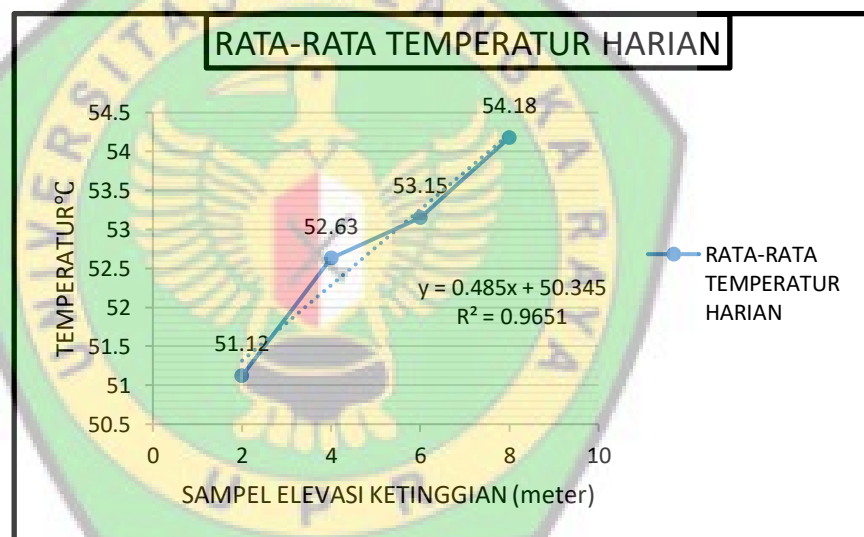
B. Pengukuran Temperatur Timbunan dan Swabakar pada Ketinggian Tertentu

Data hasil pengukuran terhadap temperatur selama 20 hari pada *stockpile* batubara dilapangan, dilakukan perhitungan untuk mencari rata – rata harian pada tiap ketinggian tumpukan batubara di *stockpile* MTB – Timur, dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel: 4.3 Rata-Rata Pengukuran Temperatur Batubara Tiap Elevasi/Hari

HARI KE	RATA-RATA TEMPERATUR HARIAN /ELEVASI			
	2M	4M	6M	8M
1	53,44	65,44	71,31	85,88
2	52,38	53,06	53,06	53,44
3	51,69	52,50	52,88	53,19
4	51,19	51,81	52,94	53,63
5	50,00	51,12	51,93	52,31
6	51,69	52,38	53,13	54,25
7	46,31	45,06	43,94	43,13
8	51,43	58,56	51,19	46,69
9	50,13	51,69	50,63	50,69
10	52,81	53,25	50,25	51,69
11	50,44	50,44	54,69	54,00
12	52,31	53,13	54,94	55,81
13	50,00	50,88	51,44	52,19
14	49,88	50,06	50,56	52,82

15	51,06	51,31	53,38	54,00
16	51,88	52,31	53,13	53,56
17	51,63	52,31	53,00	53,44
18	50,50	51,38	52,50	53,94
19	51,44	52,81	53,56	54,06
20	52,13	53,06	54,50	54,94
TOTAL	1022,31	1052,56	1062,93	1083,63
RATA-RATA	51,12	52,63	53,15	54,18



Gambar 4.7 Grafik Rata-rata Temperatur Keseluruhan Elevasi

Dari regresi tersebut diperoleh bahwa laju kenaikan pada tiap ketinggian memiliki rata – rata temperatur sebesar $0,485^{\circ}\text{C}/\text{hari}$, berdasarkan persamaan berikut ini.

$$y = 0,485x + 50,345$$

Dengan rata – rata temperatur ($^{\circ}\text{C}$) ini digunakan sebagai variabel tak bebas (Y) sedangkan lama penimbunan

(hari) digunakan sebagai variabel bebas (X). Dimana temperatur awal batubara saat di tumpuk sebesar 30°C. Dari hasil pengamatan, asap sudah mulai terjadi ketika temperatur sudah mencapai ± 50°C. Sehingga dapat diperkirakan batubara akan mulai mengalami swabakar setelah tumpukan :

Perkiraan terjadinya swabakar :

$$\frac{\text{Temperatur Berasap} - \text{Temperatur Awal Tumpukan}}{\text{Laju Kenaikan Temperatur}}$$

Laju Kenaikan Temperatur

a. Elevasi 2 m

Keterangan :

Temperatur rata – rata = 51,12°C

Temperatur awal tumpukan = 30°C

Laju kenaikan temperature = 0,485°C

Perkiraan terjadinya swabakar = $\frac{51,12^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}}{0,485^{\circ}\text{C}/\text{hari}}$

= 43 Hari

b. Elevasi 4 m

Keterangan :

Temperatur rata – rata = 52,63°C

Temperatur awal tumpukan = 30°C

Laju kenaikan temperatur = 0,485°C

Perkiraan terjadinya swabakar = $\frac{52,63^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}}{0,485^{\circ}\text{C}/\text{hari}}$

$$= 46 \text{ Hari}$$

c. Elevasi 6 m

Keterangan :

$$\text{Temperatur rata – rata} = 53,15^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temperatur awal tumpukan} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Laju kenaikan temperature} = 0,485^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Perkiraan terjadinya swabakar} = \frac{53,15^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}}{0,485^{\circ}\text{C/hari}}$$

$$= 47 \text{ Hari}$$

d. Elevasi 8 m

Keterangan :

$$\text{Temperatur rata – rata} = 54,18^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temperatur awal tumpukan} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Laju kenaikan temperature} = 0,485^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Perkiraan terjadinya swabakar} = \frac{54,18^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}}{0,485^{\circ}\text{C/hari}}$$

$$= 49 \text{ Hari}$$

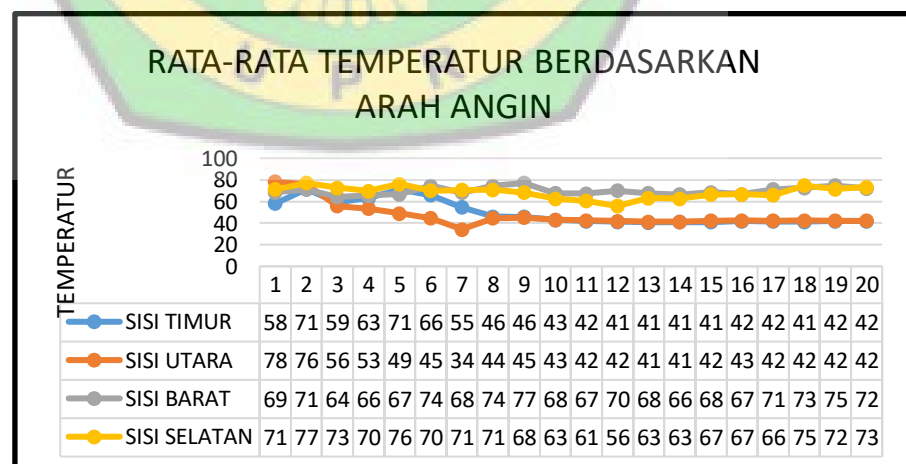
C. Pengamatan Temperatur Timbunan dan Terjadinya Swabakar Tiap Sisi

Dapat dilihat dari perhitungan di atas dan hasil grafik yang mellihatkan bahwa semakin tinggi timbunan batubara maka semakin cepat batubara tersebut mengalami swabakar. Hubungan antara arah dan kecepatan angin terhadap kenaikan temperatur

batubara di *stockpile*. Dapat dilihat dari nilai rata-rata temperatur dengan klasifikasi sebagai berikut.

Tabel 4.4 Kecepatan Rata-Rata Temperatur Tiap Sisi

HARI KE -	SISI			
	TIMUR	UTARA	BARAT	SELATAN
1	58,0	78,3	68,5	71,2
2	71,4	76,0	71,2	77,0
3	59,4	55,9	64,1	72,5
4	63,3	53,4	65,6	69,8
5	71,0	48,9	66,7	76,1
6	65,8	44,5	74,4	70,0
7	54,7	34,3	68,1	70,5
8	45,9	44,4	74,3	70,8
9	45,8	45,0	77,0	68,2
10	43,0	43,1	67,7	62,7
11	41,8	42,3	67,3	60,5
12	41,3	41,9	69,9	55,8
13	40,8	41,2	67,6	63,1
14	41,0	41,3	66,3	62,6
15	41,0	42,0	68,4	66,5
16	41,9	42,5	66,6	66,6
17	41,7	42,2	71,1	65,9
18	41,4	42,3	72,6	74,6
19	41,8	42,1	74,7	71,5
20	41,9	42,2	72,1	73,1

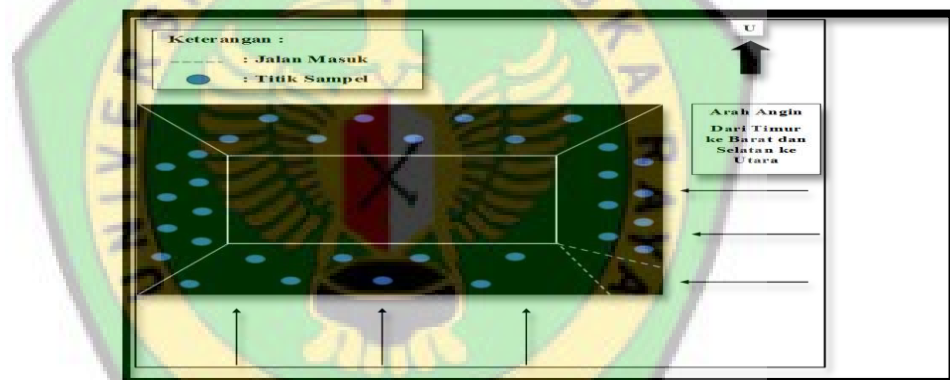


Gambar 4.8 Grafik Rata – rata Temperatur di Tiap Sisi

StockpileMTB – Timur

Bentuk timbunan berupa limas terpancung maka pola penimbunan *chevcon* lebih berpotensi terhadap terjadinya swabakar.

Hal ini terjadi karena sisi dari tiap timbunan yang berinteraksi dengan udara lebih luas, sehingga angin yang menerpa tidak aerodinamis. Interaksi udara dengan batubara secara terus – menerus dapat menyebabkan meningkatnya temperatur dari timbunan batubara. Akibatnya swabakar sering terjadi di *stockpile* tersebut.



Gambar 4.9 Ilustrasi pengambilan titik sampel pada *Stockpile* MTB – Timur



Gambar 4.10 Pembesaran Pori-pori Pada Timbunan Batubara (Hasil Lapangan,2018)

D. Pengamatan Kecepatan Arah Angin

Dari hasil pengamatan dilapangan data yang diperoleh berupa data kecepatan angin yang diambil selama 20 hari dengan menggunakan alat *anemometer*, data tersebut diambil bersamaan pada saat pengambilan data temperatur batubara pada tumpukan *stockpile* MTB – timur. Dari tabel dibawah ini, terlihat bahwa arah angin dominan adalah di utara. *Stockpile* yang menghadap ke arah datangnya angin akan mudah mengalami peningkatan temperatur swabakar, diakibatkan adanya tumpukan batubara yang tidak padat dan ukurannya tidak seragam.

Tabel 4.5 Pengukuran Kecepatan Dan Arah Angin Pada Timbunan Batubara

HARI KE-	KECEPATAN ANGIN (m/s)	ARAH ANGIN
1	3,1	Timur-Barat/ Utara-Selatan
2	1,3	Selatan-Utara
3	1,5	Timur-Barat
4	2,3	Utara-Selatan
5	1,1	Utara-Selatan
6	1,3	Utara-Selatan
7	1,5	Utara-Selatan
8	1,9	Timur-Barat
9	1,6	Timur-Barat
10	1,8	Utara-Selatan
11	1,4	Selatan-Utara / Timur-Barat
12	1,5	Timur-Barat
13	1,2	Utara-Selatan
14	1,4	Utara-Selatan

15	1,6	Selatan-Utara
16	1,4	Timur-Barat
17	1,3	Selatan-Utara / Timur-Barat
18	1,4	Timur-Barat
19	1,3	Selatan-Utara
20	1,2	Timur-Barat



Gambar : 4.11 Swabakar Batubara Pada *Stockpile* MTB-Timur (Hasil Lapangan,2018)

4.2. PEMBAHASAN

4.2.1 Faktor Terjadinya Swabakar

A. Pola Penimbunan

Pola penimbunan batubara yang ada pada *stockpile* menggunakan pola penimbunan *chevcon*. Pola penimbunan *chevcon* dilakukan dengan cara teknis menumpuk batubara secara berurutan kesamping, yang kemudian diratakan dengan menggunakan *bulldozer* per *layer* dan selanjutnya ditumpuk kembali dengan cara berurutan. Bentuk limas terpancung secara langsung terbentuk dari hasil *bulldozer* saat meratakan tumpukan batubara selapis demi selapis sehingga mencapai ketinggian 13,2 meter.

B. Tinggi Timbunan Batubara dan Sudut Dapat

Meminimalkan Potensi Swabakar

Berdasarkan hasil perhitungan kondisi di lapangan, maka didapatkan tinggi dan sudut timbunan yaitu 13,2 meter dan 42° sudut kemiringan. yang ideal untuk tinggi pola penimbunan *chevcon* yaitu 8,28 meter dan untuk sudut timbunan $27,47^\circ$. Dari hasil perhitungan tinggi timbunan tersebut termasuk dalam ketinggian yang disarankan karena pada peneliti terdahulu mengatakan sudutnya harus lebih kecil dari *angle of repose* batubara yaitu 38° . Sehingga ketinggian tersebut dapat

mengurangi terjadinya swabakar batubara dikarenakan landainya sudut timbunan. Laju angin akan aerodinamis ketika menabrak tumpukan batubara sehingga dapat mengurangi *impact* dari angin yang menerpa dan mengurangi penetrasi angin atau oksigen yang berada dalam tumpukan.

C. Keadaan Tempat Penimbunan Batubara

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, sisi-sisi pada *stockpile* MTB – Timur terdapat saluran penyaliran air yang dibuat khusus agar air hujan yang turun ke *stockpile* ini kemudian akan dialirkan menuju kolam pengendapan. Pada pengamatan yang dilakukan ada beberapa saluran air yang kurang baik kondisinya, sehingga aliran air jadi tidak terlalu lancar, sehingga menimbulkan hambatan terhadap penyaliran.

D. Peningkatan Temperatur batubara sehingga terjadinya Swabakar

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap temperatur selama 20 hari pada *stockpile* batubara dilapangan, dilakukan perhitungan untuk mencari rata – rata harian pada tiap ketinggian tumpukan batubara di *stockpile* MTB – Timur, maka dapat diketahui bahwa temperatur Rata-rata tiap elevasi/hari memiliki perbedaan yang signifikan, Perbedaan peningkatan suhu untuk masing – masing ketinggian timbunan dapat dilihat pada grafik

4.1 yang diolah dengan menggunakan metode regresi linier sederhana berikut ini. Dari regresi tersebut diperoleh bahwa laju kenaikan pada tiap ketinggian memiliki rata – rata temperatur sebesar $0,485^{\circ}\text{C}/\text{hari}$.



4.2.2 Analisis Pencegahan Swabakar

A. Pengamatan Banyaknya Titik Swabakar di Ketinggian dan Pengukuran Temperatur pada Timbunan Batubara

Pola penimbunan batubara yang ada pada *stockpile* menggunakan pola penimbunan *chevcon*. Pola penimbunan *chevcon* dilakukan dengan cara teknis menumpuk batubara secara berurutan kesamping, yang kemudian diratakan dengan menggunakan *bulldozer per layer* dan selanjutnya ditumpuk kembali dengan cara berurutan. Bentuk limas terpancung secara langsung terbentuk dari hasil *Bulldozer* saat meratakan tumpukan batubara selapis demi selapis sehingga mencapai ketinggian 13,3 m. pada pengamatan banyaknya titik yang digubakan yaitu 4 sampel atau 4 titik elevasi ketinggian yang di teliti yaitu pada ketinggian 2meter ,4meter, 6meter dan 8meter

B. Pengukuran Temperatur pada Timbunan Batubara dan Swabakar pada Ketinggian Tertentu

Dari data hasil pengukuran temperatur selama 20 hari pada *stockpile* batubara dilapangan, dilakukan perhitungan menggunakan excel dengan mencari rata-rata harian dari setiap elevasi ketinggian dari titik sampel yang di tentukan. Pada tabel 4.3 kita dapat melihat rata -rata kenaikan temperatur

Pada pola penimbunan *chevcon* terdapat beberapa titik swabakar di masing – masing ketinggian, di beberapa titik

tersebut banyaknya titik swabakar yang telah mengalami penambahan dan perubahan temperatur yang cukup signifikan pada ketinggian 2 meter, 4 meter, 6 meter dan 8 meter. Pengukuran Temperatur Batubara dapat dilihat pada gambar 4.7 Hasil pengukuran pola penimbunan *chevcon* dari ketinggian masing – masing mempunyai rata – rata temperatur yang beragam. Pada ketinggian 4 – 8 m banyak terdapat titik swabakar yang didapatkan dan mempunyai temperatur yang berkisar antara 40°C– 80°C. Keadaan ini di sebabkan oleh kurangnya penanganan pada tiap sisi *stockpile*. Sehingga udara dan panasnya sinar matahari dengan bebas masuk ke dalam tumpukan batubara yang berada pada *stockpile* serta terjadinya swabakar ini juga disebabkan karena ketinggian dan kemiringan yang sudah melebihi dari batas seharusnya, yaitu 38° untuk sebuah kemiringan *stockpile* dan 5 – 8 m. untuk ketinggian. Sudut yang semakin besar akan membuat semakin luasnya permukaan area timbunan yang terkena angin, sehingga menyebabkan terdapatnya potensi terjadinya swabakar.

Berdasarkan hasil perhitungan kondisi di lapangan, maka didapatkan tinggi dan sudut timbunan yang ideal untuk pola penimbunan *chevcon* ini yaitu 8,28 m untuk tinggi dan 27,47° untuk kemiringan sudutnya.

Dari hasil perhitungan tinggi timbunan tersebut termasuk dalam ketinggian yang disarankan dan sudutnya lebih kecil dari *angle of repose* batubara dan ketinggian tersebut merupakan ketinggian yang dianjurkan oleh pihak K3L PT Bukit Asam, Tbk. yaitu 5-8 m. Selain itu ketinggian tersebut dapat mengurangi terjadinya swabakar batubara dikarenakan landainya sudut timbunan. Laju angin akan aerodinamis ketika menabrak tumpukan batubara sehingga dapat mengurangi *impact* dari angin yang menerpa dan mengurangi penetrasi angin atau oksigen yang berada dalam tumpukan.

C. Peningkatan Temperatur Timbunan dan terjadinya Swabakar Tiap Sisi

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap temperatur selama 20 hari pada *stockpile* batubara dilapangan, dilakukan perhitungan untuk mencari rata – rata harian pada tiap ketinggian tumpukan batubara di *stockpile* MTB – Timur, maka dapat diketahui bahwa temperatur Rata-rata tiap elevasi/hari memiliki perbedaan yang signifikan, perbedaan peningkatan suhu untuk masing – masing ketinggian timbunan dapat dilihat pada grafik 4.1 yang diolah dengan menggunakan metode regresi linier sederhana berikut ini. Dari regresi tersebut diperoleh bahwa laju

kenaikan pada tiap ketinggian memiliki rata – rata temperatur sebesar 0,6389°C/hari, berdasarkan persamaan berikut ini.

$$y = 0,485x + 50,345$$

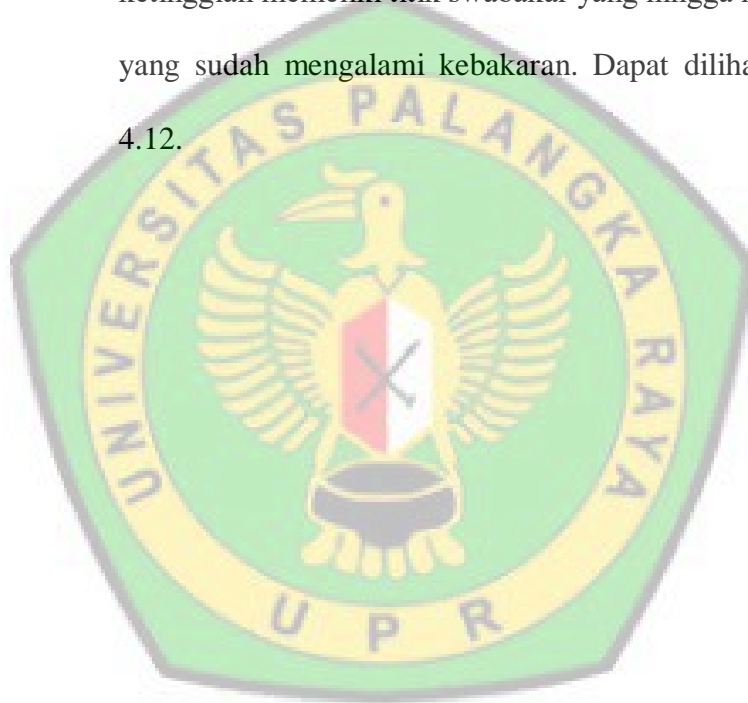
Dengan rata – rata temperatur (°C) ini digunakan sebagai variabel tak bebas (Y) sedangkan lama penimbunan (hari) digunakan sebagai variabel bebas (X). Dimana temperatur awal batubara saat di tumpuk sebesar 30°C. Dari hasil pengamatan, asap sudah mulai terjadi ketika temperatur sudah mencapai ± 50°C. Sehingga dapat diperkirakan batubara akan mulai mengalami swabakar setelah tumpukan, pada elevasi 2 meter batubara akan mengalami swabakar pada hari ke 43, elevasi 4 meter 46 Hari, elevasi 6 metere 46 Hari, elevasi 8 mter 47 Hari, berdasarkan perhitungan terjadinya swabakar maka dapat dilihat di ketinggian 2 meter mudah terbakar terlebih dahulu karean lamanya *stockpile* yang di tumpuk karena lamanya *stockpile* tersebut sudah hamper 2 tahun. Batubara yang semakin lama di tumpuk di *stockpile* maka semakin cepat batubara tersebut mengalami swabakar. Berdasarkan kecepatan temperatur tiap sisi *stockpile* MTB-Timur, Dari hasil grafik diatas, terlihat bahwa kenaikan temperatur paling tinggi terjadi di sisi *stockpile* bagian selatan dan barat. *Stockpile* dengan arah menghadap ke arah angin akan mudah mengalami swabakar, diakibatkan karena kurangnya penanganan seperti pemadatan atau dikarenakan ukuran butir

batubara yang tidak seragam . Swabakar juga bisa terjadi karena keadaan cuaca yang ada di sekitaran *stockpile*. Faktor cuaca juga mempengaruhi proses terjadinya swabakar, salah satunya merupakan curah hujan. Sehingga swabakar yang ada semakin melebar dibandingkan dengan sebelumnya. Pada saat hujan, air tersebut mengalirkan debu – debu yang ada pada batubara, sehingga pori – pori pada batubara akan semakin besar. Keadaan pori – pori yang seperti inilah yang dapat memungkinkan penyerapan oksigen dari udara semakin besar, hal ini mempercepat terjadinya proses oksidasi. Akibatnya swabakar batubara akan sering terjadi seperti pada saat penelitian dilakukan. Pada musim kemarau debu – debu tersebut akan mengisi pori – pori atau rongga batubara sehingga akan menutupi sebagian besar pori – pori yang sudah ada. Penyerapan oksigen akan lebih rendah dan proses oksidasi berlangsung dengan perlahan.

D. Pengukuran Kecepatan Arah Angin

Berdasarkan hasil pengukuran temperatur timbunan dari setiap ketinggian penimbunan batubara, dapat diketahui pada ketinggian *stockpile* berapa yang lebih cepat berpotensi terjadinya swabakar. Data didapatkan berdasarkan pengolahan data dengan melakukan perhitungan terhadap laju kenaikan temperatur timbunan pada masing – masing ketinggian.

Berdasarkan dari hasil perhitungan tersebut maka di dapat laju kenaikan temperatur timbunan rata – rata untuk setiap ketinggian timbunan batubara yang diteliti. Sehingga diperoleh perbedaan laju kenaikan temperatur pada tiap ketinggian. Selama penelitian dilakukan, hampir pada setiap ketinggian memiliki perubahan temperatur yang cukup signifikan, dimana pada tiap ketinggian memiliki titik swabakar yang hingga mencapai 330°C yang sudah mengalami kebakaran. Dapat dilihat pada gambar 4.12.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis pada *stockpile* batubara MTB – Timur, diperoleh faktor penyebab swabakar yaitu bentuk timbunan Limas Terpancung (*Chevcon*) yang terlalu tinggi, sudut timbunan yang melebihi *angle of repose*, lamanya timbunan dan kurangnya pegecekan suhu batubara. Pada timbunan tersebut sebaiknya pengaturan tumpukan batubara searah dengan arah angin guna untuk mengurangi terpaan angin pada sisi timbunan.
2. Terdapatnya perubahan temperatur yang signifikan pada ketinggian 2 m, 4 m, 6 m dan 8 m. Sehingga dapat diperkirakan batubara akan mulai mengalami swabakar pada elevasi 2 m batubara akan mengalami swabakar pada hari ke 43, elevasi 4m perkiraan terjadi swabakar 46 Hari, elevasi 6 m 47 Hari, elevasi 8 m 49 Hari. sudut kemiringan yang di rekomendasikan untuk batubara subbituminous adalah angle 38°. Sedangkan sudut kemiringan yang di dapat dalam penelitian ini yaitu 42°. Sehingga dari penelitian ini sudut timbunan yang di rekomendasikan sebaiknya 28°, karena Sudut yang semakin besar akan membuat semakin luasnya permukaan area timbunan yang terkena angin, sehingga menyebabkan terdapatnya potensi swabakar

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan yang telah didapat, maka penulis menyarankan Perlunya dilakukan perbaikan terhadap, sudut timbunan, pengurangan tinggi dan pengecekan suhu batubara secara rutin dan pemadatan tumpukan batubara juga harus di lakukan secara rutin, agar Potensi swabakar dapat di minimalisir.



DAFTAR PUSTAKA

- Gany M. Ulum A, (2014), "*Pengkajian karakteristik batubara batu licin terhadap kemungkinan terjadinya spontaneous combustion*", Bandung, Seminar Nasional Fakultas Teknik Geologi
- Haryono, R.L. 2017." *Optimasi Penanganan Stockpile untuk Pencegahan Terjadinya Swabakar pada Temporary Stockpile Muara Tiga Besar Utara-Timur Di Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim SUMATERA SELATAN*". Universitas Trisakti.
- Kaymakci et la. 2002." *Relation Between Coal Properties and Spontaneous Combustion Parameter*", Jurnal Engineering Environmental Vol 26 Tahun 2002.
- Kuriansyah, Abdansyah, 2016." *Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Kenaikan Temperatur dan Lamanya Waktu pada Proses Swabakar Batubara BA-59, BA-63, BA-67 pada Skala Laboratorium DI PT Bukit Asam ,Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan*". Universitas Sriwijaya.
- M.Ulun A.Gany (2014) *Efektifitas Penggunaan Cara Pemadatan Untuk Mecegah Terjadinya Swabakar*.Universitas Gadjah Mada.Yogyakarta.
- Muchjidin, (2006), "*Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara*", Penerbit ITB, Bandung.
- Mulyana,H. 2005," *Kualitas Batubara dan Stockpile Management*".Geo Services LTD: Yogyakarta
- Sukandarrumidi, (1995). "*Batubara dan Gambut* ",Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta
- Sukandarrumidi, (2006)."*Batubara dan Pemanfaatannya*", Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta
- Sutawijaya, Danang, 2017. "*Analisis Pengolahan Batubara dengan Sistem Jaw Crusher Di PT Baturona Adi Mulia Area Pelabuhan Sungai Lilin Musi Banyuasin Sumatera Selatan*". Prabumulih, Yayasan Pendidikan Prabumulih
- Syahrul.S dkk (2016) *Efektifitas penggunaan cara pemadatan untuk mencegah terjadinya Swabakar Pada Temporary Stockpile di Pt Bukit Asam Tbk Tanjung Enim*.Universitas Sriwijaya.
- Triono dan Ambak Y.S (2015) *Kajian Teknis Pencegahan Swabakar Batubara di PT Bukit Baiduri Energy Kabupaten Kutai Kartanegara .Kalimantan Timur*.
- Widodo,G. 2009, *Upaya Menghindari Kutai ebakaran Tumpukan Batubara*, Berita PPTM, No. 11 dan 12, Bandung