

SKRIPSI

**ANALISIS GEOMETRI DAN NILAI PROKSIMAT BATUBARA
SEAM J TERHADAP POTENSI TERBENTUKNYA KLINKER DI
DAERAH EKSPLORASI BLOK 8 SITE BINUNGAN, PT. BERAU
COAL**

Disusun dan Diajukan oleh:

**ADITYAMAN PERMANA DABUKKE
D061 19 1120**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS GEOMETRI DAN NILAI PROKSIMAT BATUBARA
SEAM J TERHADAP POTENSI TERBENTUKNYA KLINKER DI
DAERAH EKSPLORASI BLOK 8 SITE BINUNGAN, PT. BERAU
COAL**

Disusun dan Diajukan Oleh :

ADITYAMAN PERMANA DABUKKE
D061 19 1120

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 26 Maret 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping




Ilham Alimuddin, S.T., MGIS, PhD.
NIP. 19690825 199903 1 001



Meinarni Thamrin, S.T., M.T.
NIP. 19710512 200812 2 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng Hendra Pachri, S.T M.Eng
NIP. 1977 12 14 200501 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adityaman Permana Dabukke
NIM : D061191120
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

“Analisis Geometri Dan Nilai Proksimat Batubara Seam J Terhadap Potensi Terbentuknya Klinker Di Daerah Eksplorasi Blok 8 Site Binungan, PT. Berau Coal.”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa tulisan yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan dari tugas akhir ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 24 April 2024

Yang menyatakan



Adityaman Permana Dabukke

NIM. D061 19 1120



ABSTRAK

ADITYAMAN PERMANA DABUKKE. *Analisis Geometri Dan Nilai Proksimat Batubara Seam J Terhadap Potensi Terbentuknya Klinker Di Daerah Eksplorasi Blok 8 Site Binungan, PT. Berau Coal.* (dibimbing oleh Meinarni Thamrin, S.T., M.T dan Ilham Alimuddin, S.T, MGIS, PhD)

Lokasi penelitian berada di daerah Binungan kawasan PT. Berau Coal yang mencakup area ± 32 km², yang secara administratif termasuk dalam wilayah Desa Binungan, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Secara fisiografis daerah penelitian termasuk dalam Sub-Cekungan Berau dari Cekungan Tarakan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk Menganalisis hubungan antara geometri batubara di Area Eksplorasi (Site Binungan) terhadap terbentuknya klinker, Mengidentifikasi daerah sebaran potensi terbentuknya klinker di Area Eksplorasi (Site Binungan) dan Menganalisis hubungan antara nilai proksimat (*ash, volatile matter, moisture dan fixed carbon*) batubara di Area Eksplorasi (Site Binungan) terhadap terbentuknya klinker. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode observasi di lapangan dan Identifikasi daerah potensi terbentuknya klinker. Adapun kegiatan observasi ini dilakukan disekitaran area yang sudah ditemukan adanya klinker (sekitar kemenerusan seam J) di Area Eksplorasi Blok 8, Site Binungan. Selama observasi, ditemukan lima lokasi yang mewakili adanya klinker. Pada penelitian kali ini, peta dengan skala 1:25.000 digunakan untuk melakukan pemetaan. Pada daerah penelitian, setelah dibuktikan melalui observasi di lapangan dan identifikasi terhadap geometri (ketebalan) batubara, Adapun seam yang berpotensi menghasilkan klinker yakni seam J group dengan rata-rata tersingkap di area perbukitan/terjal dan memiliki ketebalan ± 6 meter dan nilai proksimat batubara pada Daerah Penelitian tidak mempengaruhi terbentuknya klinker. Dengan melihat kemenerusan garis *cropline* dari seam J, maka daerah penelitian diperkirakan memiliki area yang berpotensi menghasilkan klinker, seperti di blok A,B dan C yang dapat menghasilkan potensi klinker dengan volume yang berbeda-beda.

Kata kunci: batubara; klinker; Berau Coal; eksplorasi.



ABSTRACT

ADITYAMAN PERMANA DABUKKE. *Analysis of Geometry and Proximate Value of Seam J Coal on the Potential for Clinker Formation in the Block 8 Exploration Area of the Binungan Site, PT. Berau Coal. (supervised by Ilham Alimuddin, S.T, MGIS, PhD and Meinarni Thamrin, S.T., M.T)*

The research location is in the Binungan area, PT. Berau Coal covers an area of ± 32 km², which is administratively included in the Binungan Village area, Sambaliung District, Berau Regency, East Kalimantan Province. Physiographically, the research area is included in the Berau Sub-Basin of the Tarakan Basin. The aim of this research is to analyze the relationship between coal geometry in the Exploration Area (Site Binungan) and the formation of clinker, Identify the potential distribution area for clinker formation in the Exploration Area (Site Binungan) and Analyze the relationship between proximate values (ash, volatile matter, moisture and fixed carbon) coal in the Exploration Area (Binungan Site) on the formation of clinker. The method used in this research is field observation and identification of potential areas for clinker formation. This observation activity was carried out around the area where clinker had been found (around the continuity of seam J) in the Block 8 Exploration Area, Binungan Site. During observations, five locations were found that represented the presence of clinker. In this research, a map with a scale of 1:25,000 was used for mapping. In the research area, after being proven through field observations and identification of coal geometry (thickness), the seams that have the potential to produce clinker are J group seams which are exposed on average in hilly/steep areas and have a thickness of ± 6 meters and the proximate coal value is The research area does not affect the formation of clinker. By looking at the continuity of the cropline from seam J, the research area is estimated to have areas that have the potential to produce clinker, such as in blocks A, B and C which can produce potential clinker with different volumes.

Keyword: coal; clinker; Berau Coal; exploration.



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Geologi Regional Tanjung Redeb.....	3
2.1.1 Stratigrafi Regional.....	4
2.1.2 Struktur Geologi dan Tektonik	8
2.2 Geologi Batubara	9
2.3 Genesa Batubara.....	13
2.4 Jenis dan Klasifikasi Batubara	13
2.4.1 Klasifikasi Berdasarkan Peringkat Menurut ASTM	15
2.4.2 Klasifikasi menurut ISO (<i>International Standard Organization</i>).....	16
2.5 Kualitas Batubara	16
2.5.1 Analisis <i>proximate</i>	17
2.5.2 Analisis <i>ultimate</i>	19
2.5.3 Proses Pembakaran Pada Batubara	19
2.5.4 Klinker.....	23
2.5.5 Karakteristik Klinker.....	24



2.9	Mekanisme Pembentukan Klinker	26
BAB III METODE PENELITIAN.....		28
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	28
3.2	Variabel Penelitian	28
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	29
3.4	Metode Penelitian.....	30
3.5	Tahapan Penelitian	30
3.5.1	Judul Penelitian.....	30
3.5.2	Study Literatur	30
3.5.3	Tujuan Penelitian	30
3.5.4	Tahap Pengumpulan Data.....	30
3.5.5	Tahap Pengolahan Data.....	31
3.5.6	Tahap Penyusunan Laporan	31
3.6	Diagram Alir	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hasil	33
4.1.1	Stasiun Penelitian.....	33
4.2	Pembahasan.....	41
4.2.1	Korelasi Antar <i>Borhole</i> Berdasarkan data <i>Geopsycal Logging</i>	41
4.2.2	Penampang Seam Batubara.....	44
4.2.3	Statistik Ketebalan Seam Batubara	46
4.2.4	Hubungan Antara Ketebalan dan Nilai Proksimat Pada Daerah Penelitian.....	47
4.2.5	Peta Sebaran Potensi Klinker	51
4.2.6	Perkiraan Volume Potensi Klinker.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA		57



AN

eta Stasiun Penelitian

eta *Boundary* Klinker

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Cekungan Tarakan (Sumber : Core-Lab G&G <i>Evaluation</i> Simenggaris Block).....	3
Gambar 2	Geologi Regional Daerah Berau Lembar 1917 dan 1918 P3G (Situmorang & Burhan, 1995).....	7
Gambar 3	Kolom Stratigrafi Daerah Berau (Situmorang & Burhan, 1995)	7
Gambar 4	Contoh evolusi <i>mire</i> yang menunjukkan pembentukan <i>raised bog</i> (Mc. Cabe, dan L. Warren, 1987).....	10
Gambar 5	Skema proses pematubaraan (Van Krevelen, 1992 dengan perubahan dalam Amijaya, 2007).....	12
Gambar 6	Tahapan pembentukan batubara (KGS)	12
Gambar 7	Klasifikasi ASTM	15
Gambar 8	Klasifikasi Klasifikasi Batubara menurut ISO (<i>International Standard Organization</i>).....	16
Gambar 9	Pembakaran spontan di area PIT Pertambangan.....	20
Gambar 10	Singkapan Paralava dan Klinker di sungai kuning, Shanxi, China, (Grapes et al, 2009).....	23
Gambar 11	Kenampakan Fisik Klinker di Lapangan.....	24
Gambar 12	Penampakan klinker pada singkapan seam T daerah tambang Sambarata memotong lapisan batubara secara horizontal (Asmoro dkk, 2022)	25
Gambar 13	Kenampakan fisik Klinker dan Paralava (Asmoro dkk, 2022)	26
Gambar 14	Segitiga api.....	27
Gambar 15	Lokasi Penelitian.....	28
Gambar 16	Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 17	Peta Penyebaran Stasiun.....	34
Gambar 18	Singkapan Stasiun 1	35
Gambar 19	Singkapan Stasiun 2	35
	20 Singkapan Stasiun 3	36
	21 Singkapan Stasiun 4	36
	22 Singkapan Stasiun 5	37



Gambar 23	Singkapan Stasiun 6	38
Gambar 24	Singkapan Stasiun 7	38
Gambar 25	Singkapan Stasiun 8	39
Gambar 26	Singkapan Stasiun 9	40
Gambar 27	<i>Geophysical Logging (high resolution density (merah), long spacing density (biru) dan Gamma Ray (hijau))</i>	45
Gambar 28	Peta <i>Boundary Klinker</i>	45
Gambar 29	Penampang Garis 1.....	46
Gambar 30	Penampang Garis 2.....	46
Gambar 31	Penampang Garis 3.....	47
Gambar 32	<i>Trendline</i> yang menunjukkan pengaruh <i>Moisture</i> pada seam batubara daerah penelitian	48
Gambar 33	<i>Trendline</i> yang menunjukkan pengaruh <i>Ash</i> pada seam batubara daerah penelitian	49
Gambar 34	<i>Trendline</i> yang menunjukkan pengaruh <i>Fixed Carbon</i> pada seam batubara daerah penelitian.....	50
Gambar 35	<i>Trendline</i> yang menunjukkan pengaruh <i>Volatile Matter</i> pada seam penelitian.....	51
Gambar 36	Peta <i>Boundary Klinker</i>	52
Gambar 37	Perhitungan Luasan <i>Boundary</i> Potensi Klinker menggunakan <i>ArcGis</i> 10.8.....	53
Gambar 38	<i>Boundary</i> potensi klinker pada penampang	54



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Deskripsi Stasiun Pengambilan Sampel.....	40
Tabel 2	General Stratigrafi Daerah Penelitian	44
Tabel 3	Diagram Statistik Ketebalan Seam Batubara.....	47
Tabel 4	Volume Boundary Potensi Klinker	54



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Ketebalan dan Nilai Proksimat Batubara Seam J Terhadap Potensi Terbentuknya Klinker di Daerah Eksplorasi Blok 8 Site Binungan, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur..” terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis, antara lain :

1. Kepada **Andi Zulkarnain, ST** selaku pembimbing saya selama Kerja Praktik (KP) yang telah banyak meluangkan banyak waktu untuk berbagi ilmu selama mengadakan penelitian dan penyusunan laporan ini.
2. Kepada bapak **Ilham Alimuddin, S.T, MGIS, PhD** selaku Pembimbing I yang telah membimbing selama penyusunan laporan skripsi.
3. Kepada ibu **Meinarni Thamrin, S.T., M.T** selaku Pembimbing II yang telah membimbing selama penyusunan laporan skripsi.
4. Kepada bapak **Sahabuddin, S.T., M.Eng** selaku Penasehat Akademik yang telah banyak memberi masukan sebelum memulai program matakuliah.
5. Kepada bapak **Dr. Eng. Hendra Pachri, H.S, S.T., M.Eng** sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Ketua Program Studi Teknik Geologi Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Kepada dosen – dosen dan staf – staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberi ilmu dan bantuan selama penulis kuliah.
7. Kedua orangtua tercinta yang telah memberikan dukungan moril dan dukungan moral untuk penulis.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan dorongan yang diberikan selama ini.



Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dalam penyusunannya, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya

masukan dari pembaca baik berupa saran maupun kritikan demi kesempurnaan tulisan selanjutnya.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis. Amin.

Gowa, Januari 2024

Penulis



DAFTAR SINGKATAN/ISTILAH

- Klinker : Batuan ubahan akibat dari proses pembakaran dan pemanasan batubara di bawah permukaan.
- Geophysical Logging* : Suatu metode geofisika yang mengukur besaran-besaran fisik batuan reservoir yang memberikan informasi bawah permukaan yang meliputi karakteristik litologi, ketebalan lapisan, kandungan fluida, korelasi struktur, dan kontinuitas batuan dari lubang bor.
- Batubara : Batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan yang terhumifikasi, berwarna coklat sampai hitam yang selanjutnya terkena proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun sehingga mengakibatkan pengkayaan kandungan karbonnya
- Metamorfosa organik : Metamorfosa adalah suatu proses dalam keadaan padat (subsolidus) yang menyebabkan perubahan pada mineralogi dan/atau tekstur (sebagai contoh ukuran butir) dan sering pada komposisi kimia pada suatu batuan.
- Geoteknik : Ilmu yang mempelajari struktur dan sifat berbagai macam tanah dalam mendukung suatu bangunan yang akan berdiri di atasnya
- Haul road surfacing* : Istilah untuk permukaan jalan yang dirancang untuk pengangkutan material dalam jumlah besar atau besar dengan truk angkut di industri pertambangan.
- Loss Reserve* : Cadangan batubara yang hilang/berkurang dari perkiraan sebelumnya
- Paleotopografi : Topografi purba atau Morfologi cekungan yang mempunyai arti penting di dalam menentukan penyebaran rawa-rawa tempat batubara terbentuk.
- Penambangan : Tahapan proses penambangan dari awal hingga selesai



- Singkapan Fresh** : Singkapan batuan yang ditemukan di lapangan dalam keadaan segar.
- Cleat** : Rengkanan yang ada pada batubara. Terdapat dua jenis cleat pada batubara, yaitu face cleat dan butt cleat.
- Log Density** : Kurva yang menunjukkan besarnya densitas dari batuan yang ditembus lubang bor dengan satuan gram/cm³ , densitas yang diukur adalah densitas keseluruhan dari matrix batuan dan fluida yang terdapat pada pori.
- Log Gamma Ray (GR)** : Suatu kurva dimana kurva tersebut menunjukkan besaran intensitas radioaktif yang ada dalam formasi. *Log Gamma Ray* memiliki satuan API (*American Petroleum Institute*), dimana tipikal kisaran API biasanya berkisar antara 0 s/d 150.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara adalah zat padat berupa batuan sedimen, berwarna coklat sampai hitam mengandung karbon lebih dari 50%, hidrogen dan nitrogen serta sedikit sulfur (belerang), berasal dari akumulasi sisa-sisa tumbuh-tumbuhan termasuk vito planton yang mengalami pembusukan, penimbunan, pemadatan dan penekanan (Sukandarrumidi, 1995). Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan batubara yaitu waktu geologi, posisi geotektonik, iklim, metamorfosa organik, suplai tumbuhan, kondisi geografi, paleotopografi, proses pembusukan (Anggayana,1999).

Klinker merupakan batuan ubahan akibat dari proses pembakaran dan pemanasan batubara di bawah permukaan. Kemunculan klinker yang teridentifikasi dengan baik dapat mencegah hilangnya volume cadangan batubara (*Loss Reserve*) dan klinker dapat dimanfaatkan untuk surface jalan (*haul road surfacing*). Dalam penambangan batubara, perbedaan antara model geologi dengan aktual sering kali muncul dan menjadi permasalahan di hilangnya batubara akibat kemunculan klinker yang tidak termodelkan dengan akurat. Hilangnya batubara pada saat proses penambangan berakibat hilangnya volume cadangan dan terganggunya siklus penambangan. Sebaliknya, klinker yang dimodelkan dengan baik akan memberikan manfaat bagi operasional, sebab klinker dengan fisiknya yang keras sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai infrastruktur khususnya sebagai pelapis jalan tambang (*road surface material*). Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai klinker di Area Eksplorasi Site Binungan PT. Berau Coal.

1.2 Rumusan Masalah



Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

agaimana hubungan antara geometri batubara di Area Eksplorasi (Site Binungan) terhadap terbentuknya klinker ?

agaimana sebaran potensi klinker di Area Binungan Blok 8 ?

3. Apakah nilai proksimat (*ash, volatile matter, moisture* dan *fixed carbon*) batubara di Area eksplorasi (Site Binungan) mempengaruhi terbentuknya klinker ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti geometri pola sebaran klinker pada daerah Site Binungan Blok 8 Kabupaten Berau, Kalimantan timur. Adapun tujuan penelitian ini, yakni :

1. Menganalisis hubungan antara geometri batubara di Area Eksplorasi (Site Binungan) terhadap terbentuknya klinker
2. Mengidentifikasi daerah sebaran potensi terbentuknya klinker di Area Eksplorasi (Site Binungan)
3. Menganalisis hubungan antara nilai proksimat (*ash, volatile matter, moisture dan fixed carbon*) batubara di Area Eksplorasi (Site Binungan) terhadap terbentuknya klinker.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah mengetahui sebaran daerah yang berpotensi menghasilkan klinker sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi potensi klinker pada tahap kegiatan eksplorasi. Selain itu, klinker yang telah teridentifikasi pada tahap eksplorasi dapat mencegah timbulnya kerugian akibat *loss reserve* (kehilangan cadangan) batubara saat penambangan.

1.5. Batasan Masalah

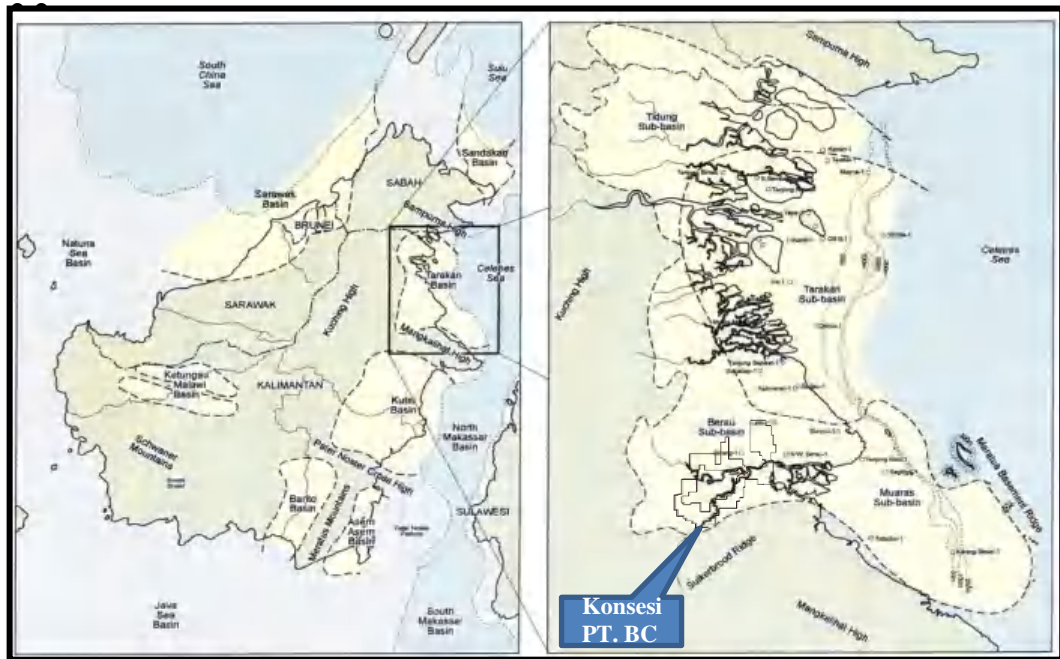
Dalam penelitian ini cakupan permasalahan dibatasi pada identifikasi sebaran potensi klinker dan pengaruh geometri batubara serta nilai proksimat terhadap potensi terbentuknya klinker di Area Ekplorasi Blok 8 (Site Binungan) PT. Berau Coal, Kalimantan Timur, Indonesia.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Tanjung Redeb



Gambar 1 Cekungan Tarakan (Sumber : Core-Lab G&G *Evaluation* Simenggaris Block)

Cekungan Tarakan terletak di timurlaut Kalimantan, tersebar baik di daratan (*onshore*) maupun lepas pantai (*offshore*) Kalimantan timur bagian utara dengan luas mencapai 40.000 km². Cekungan ini dibatasi oleh Tinggian Semporna di bagian utara yang terletak di sebelah utara perbatasan Indonesia-Malaysia. Di bagian selatan, cekungan ini dipisahkan dengan Cekungan Kutai oleh Punggungan Mangkalihat. Di bagian barat cekungan ini dibatasi oleh suatu formasi batuan Tersier Awal yang tersingkap dan terlipat kuat di atas batuan Pra-Tersier dari Tinggian Kuching. Ke arah timur, Cekungan Tarakan memanjang mengikuti paparan benua hingga mencapai Makasar Trough di Selat Makassar bagian utara dan Laut Sulawesi (Tossin, S. dan Kadir, R., 1996).



okasi penelitian berada di daerah Binungan kawasan PT. Berau Coal yang p area ±32 km², yang secara administratif termasuk dalam wilayah Desa t, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur.

Secara fisiografis daerah telitian termasuk dalam Sub-Cekungan Berau dari Cekungan Tarakan.

Cekungan Tarakan merupakan cekungan passive margin dengan beberapa unsur tektonik membaji, dimana sedimen Miosen dan Oligosen menipis kearah sekuen Eosen dan sekaligus dialasi oleh sekuen rift berumur Eosen tersebut. Anomali magnetik menunjukkan pemekaran lantai samudera yang berasosiasi dengan sesar-sesar transform berarah barat laut dan membagi cekungan ini kedalam 4 sub-cekungan yaitu:

1. Sub-Cekungan Muara, dengan depositer berkembang pada bagian offshore di bagian paling selatan cekungan ;
2. Sub-Cekungan Berau, sebagian besar onshore dan berada di bagian selatan
3. Sub-Cekungan Tarakan, sebagian besar offshore, termasuk Pulau Bunyu dan Tarakan dan berada di utara cekungan ;
4. Sub-Cekungan Tidung, terletak paling utara dan sebagian besar berada pada bagian onshore.

Secara fisiografis daerah penelitian termasuk dalam Sub-Cekungan Berau dari Cekungan Tarakan. Cekungan Tarakan berupa depresi berbentuk busur yang terbuka kearah timur atau kearah Selat Makassar atau Laut Sulawesi yang merupakan cekungan paling utara di Kalimantan, yang memanjang dari utara dibatasi oleh zona subduksi di Semenanjung Samporna, dan dibagian barat dibatasi lapisan sedimen Pra-Tersier Tinggian Sekatak sedangkan di bagian selatan dibatasi Pegunungan Schwaner dan tinggian Mangkalihat (Tossin, S. dan Kadir, R. 1996).

2.1.1 Stratigrafi Regional

Berikut tatanan stratigrafi untuk lembar Tanjung Redeb, Kalimantan ;

Aluvium (Qa) : terdiri atas lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan gambut berwarna kelabu sampai kehitaman. Tebal satuan lebih dari 40 meter.

Batugamping Terumbu (Q1) : terdiri atas terumbu, koral dan breksi koral; berwarna putih sampai kelabu, coklat; kristalin; berongga; terbreksikan. Satuan ini an dalam lingkungan laut dangkal.

Formasi Sajau (Tqps) : terdiri atas batupasir kuarsa, batulempung, t, batubara, lignit dan konglomerat. Struktur sedimen berupa perlapisan



silang silur, bioturbasi dan parallel laminasi; mengandung moluska, kuarsit dan mika; lapisan batubara setebal 20 – 100 cm. Formasi ini berumur Plio-Plistosen berdasarkan kandungan fosil moluska dan diendapkan pada lingkungan fluvial sampai delta. Ketebalan formasi ini sekitar 775 meter.

Formasi Sinjin (Tps) : tersusun atas perselingan tufa, breksi tufa, aglomerat dan lava andesit piroksin. Tufa mengandung bongkah agate dan obsidian, berstruktur parallel laminasi dan flow banding. Lava andesit porfiritik dan berstruktur aliran. Formasi Sinjin diperkirakan berumur Pliosen dengan ketebalan mencapai 500 meter.

Formasi Domaring (Tm_{pd}) : terdiri atas batugamping terumbu, batugamping kapuran, napal dan sisipan batubara muda. Umur formasi ini Miosen Akhir – Pliosen dengan lingkungan pengendapan pada lingkungan rawa litoral. Tebalnya lebih dari 500 meter.

Formasi Labanan (Tm_{pl}) : tersusun atas perselingan konglomerat, batupasir, batulanau, batulempung disisipi batugamping dan batubara. Batubara berwarna hitam – coklat dengan tebal 20 – 150 cm. Formasi ini berumur Miosen Akhir – Pliosen dengan lingkungan pengendapan pada daerah fluviatile. Tebal formasi ini kurang lebih 450 meter.

Formasi Tabul (Tm_t) : tersusun atas perselingan batulempung, batulumpur, batupasir, batugamping dan batubara di bagian atas. Fosil petunjuk tidak ditemukan kecuali pecahan foraminifera besar *Cycloclypeus* sp. dan *Operculina* sp. Berdasarkan kedudukannya dan adanya pecahan fosil tersebut formasi ini diperkirakan Miosen Akhir dengan lingkungan pengendapan delta sampai laut dangkal. Tebal formasi ini diperkirakan 1050 meter.

Formasi Latih (Tm_l) : terdiri atas batupasir kuarsa, batulempung, batulanau dan batubara dibagian atas; pada bagian bawah bersisipan serpih pasiran dan batugamping. Batubara berwarna hitam – coklat dengan tebal 0,2 – 5,5 meter. Kandungan fosil; *Pra-Orbulina glomerosa* dan *Pra Orbulina transitoria* yang menunjukkan umur Miosen Awal – Miosen Tengah. Formasi ini terendapkan pada an delta, estuary dan laut dangkal dengan ketebalan kurang lebih 800



Batuan Gunungapi Jelai (Tomj) : tersusun atas perselingan breksi gunung api dan tufa setempat bersisipan batubara; menunjukkan struktur graded bedding dan cross bedding. Umurnya tidak diketahui pasti, mungkin sama dengan formasi Langap fasies vulkanik yang berumur Oligosen – Miosen yang terendapkan di lingkungan darat.

Formasi Birang (Tomb) : tersusun atas perselingan napal, batugamping dan tufa pada bagian atas; dan perselingan napal, rijang, konglomerat, batupasir kuarsa dan batugamping pada bagian bawah. Mengandung fosil antara lain; *Lepidocyclina ephicides*, *Spiroclypeus* sp., *Miogypsina* sp., *Marginipora vertebralis*, *Operculina* sp., *Globigerina tripartite*, *Globoquadrina altispira*, *Globorotalia mayeri*, *Globorotalia peripheronda*, *Globigerinoides immaturus*, *Globigerinoides sacculifer*, *Pra Orbulina transitoria*, *Uvigerina* sp., *Cassidulina* sp. yang menunjukkan umur Oligosen – Miosen. Ketebalan formasi ini lebih dari 1100 meter.

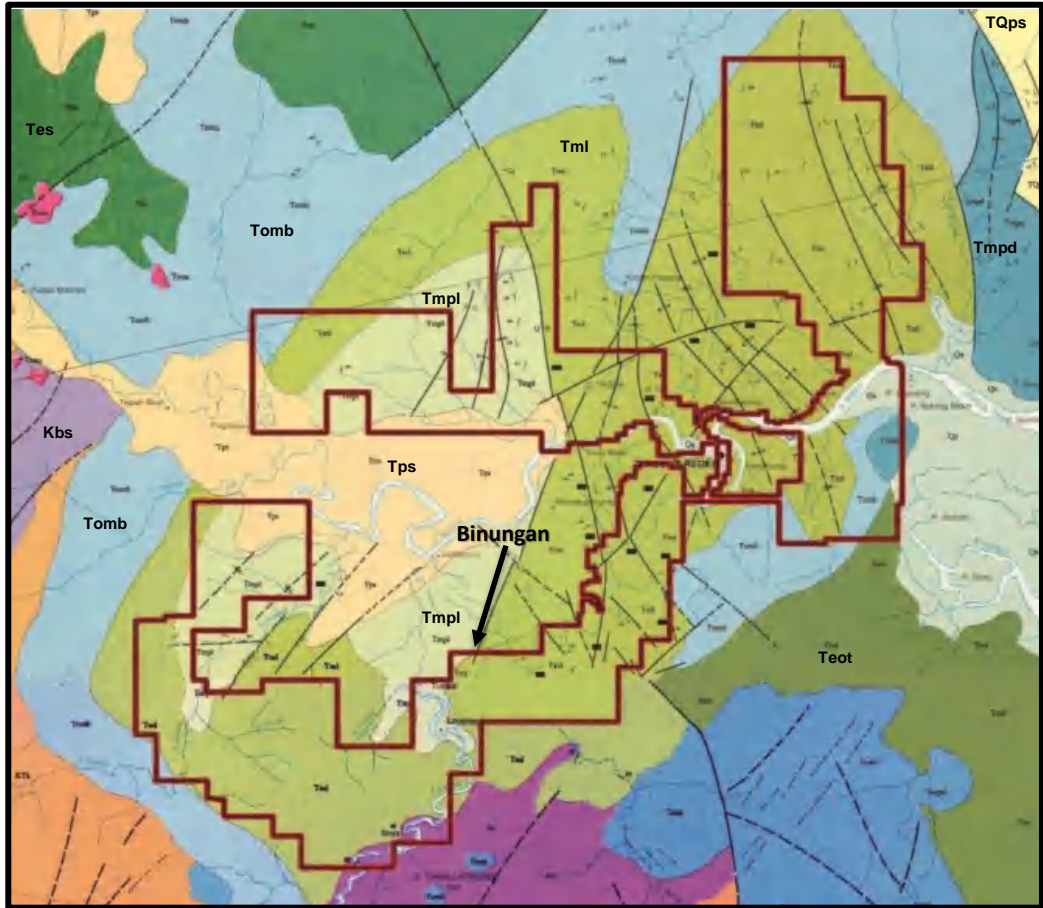
Formasi Tabalar (Teot) : terdiri atas napal abu – abu, batupasir,serpih, sisipan batugamping dan konglomerat alas dibagian bawah, batugamping dolomitan, kalkarenit dan sisipan napal dibagian atas. Formasi ini berumur Eosen – Oligosen dengan lingkungan pengendapan pada fluviatile – laut dangkal. Tebal formasi ini sekitar 1000 meter.

Formasi Sembakung (Tes) : tersusun atas perselingan batupasir, batugamping, batulanau, batulempung, serpih dan batugamping foraminifera. Batupasir berstruktur perlapisan silang silur. Kandungan fosil foraminifera antara lain; *Nummulites* sp., *Heterostegina* sp., *Fasciolites* sp., *Globigerina* sp. dan *Globorotalia* sp. yang menunjukkan umur Eosen dengan lingkungan pengendapan dekat pantai, laut dangkal sampai laut dalam. Tebal formasi ini lebih dari 1000 meter.

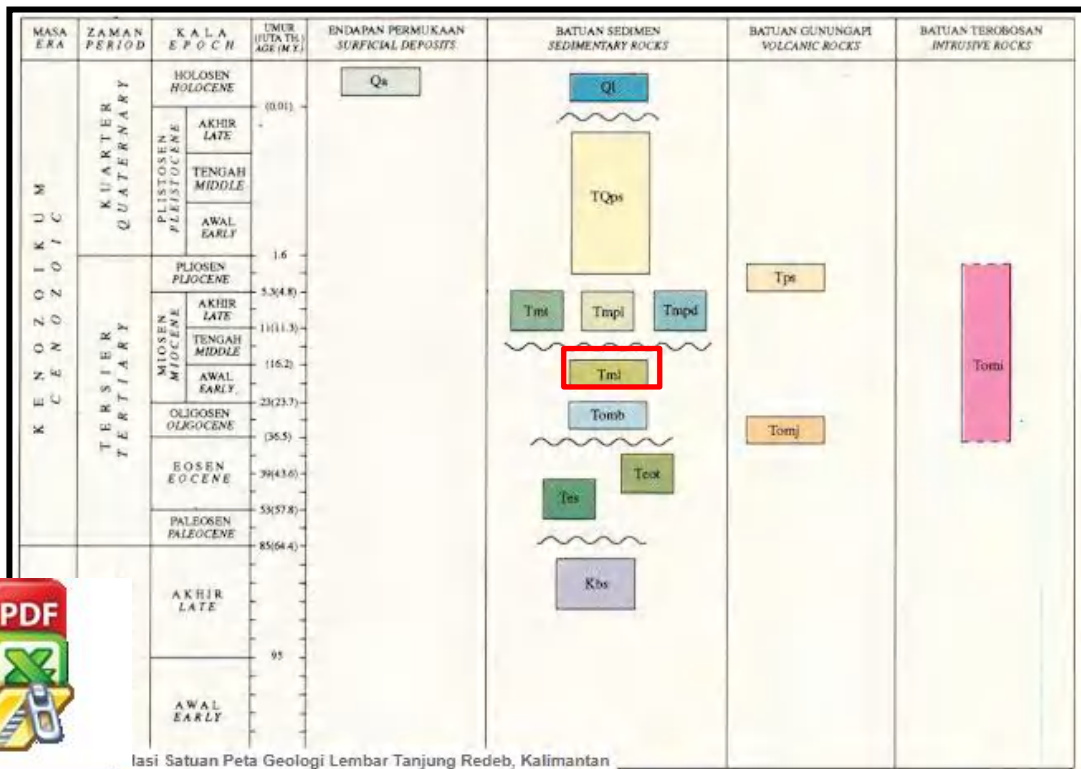
Formasi Bangara (Kbs) : terdiri atas perselingan batulempung malih, batulempung terkersikkan, batulempung hitam bersisipan serpih dengan laminasi tufa, mengandung fosil radiolarian, merupakan endapan flysh. Umur formasi ini



atuan Terobosan (Tomi) : merupakan terobosan andesit yang terdiri sit vitrofir, andesit terptopilitkan dan lava andesit piroksin.



Gambar 2 Geologi Regional Daerah Berau Lembar 1917 dan 1918 P3G (Situmorang & Burhan, 1995)



Isi Satuan Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb, Kalimantan



Gambar 3 Kolom Stratigrafi Daerah Berau (Situmorang & Burhan, 1995)

Dari salah satu formasi tersebut di atas, satuan batuan yang berfungsi sebagai batuan pembawa batubara adalah Formasi Lati. Bagian atas Formasi Lati ini terendapkan di lingkungan sungai hingga dataran delta yang berpotensi membawa lapisan batubara (Suwarna dan Hermanto, 2007). Batubara yang terkandung pada formasi ini secara umum layak tambang karena nilai pembakarannya mencapai lebih dari 5.600 kal/gr (Anonim, 1983; 1988). Data stratigrafi rinci Formasi Lati di daerah penelitian didapatkan berdasarkan hasil pengukuran stratigrafi rinci di tiga lokasi, meliputi Lintasan Lati, Lintasan Binungan dan Lintasan Sambarata (Rachmansyah dkk., 2003), dengan ketebalan total terukur mencepai 400 meter, yang ditindaklanjuti dengan pembahasan proses sedimentologi formasi ini (Maryanto dkk., 2005). Lintasan Lati berlokasi sekitar 20 Km sebelah timurlaut Tanjungredep, tebal stratigrafi terukur mencapai 280 meter, terbagi menjadi empat segmen stratigrafi dan mewakili seluruh bagian formasi.

2.1.2 Struktur Geologi dan Tektonik

Struktur geologi yang terdapat di lembar Tanjung Redeb terdiri dari lipatan, sesar normal, sesar geser dan kelurusan. Kelurusan menunjukkan arah utama baratlaut – tenggara dan baratdaya – timurlaut.

Di daerah ini diduga telah terjadi empat kali tektonik. Tektonik awal terjadi pada Akhir Kapur atau lebih tua. Gejala ini mengakibatkan perlipatan, pensesaran dan pemalihan regional derajat rendah pada Formasi Bangara. Pada Awal Eosen di bagian tengah dan barat lembar terbentuk formasi Sembakung dalam lingkungan laut dangkal, diikuti pengendapan formasi Tabalar di bagian tenggara lembar pada kala Eosen – Oligosen dan diikuti tektonik kedua. Sesudah kegiatan tektonik kedua tersebut terjadi pengendapan formasi Birang di bagian tengah, timur, selatan maupun di bagian barat pada kala Oligosen – Miosen. Setempat diikuti terobosan andesit yang mengalami alterasi dan mineralisasi. Disamping itu juga terjadi pengendapan gunungapi sehingga terbentuk satuan gunungapi Jelai di bagian barat lembar. Setelah pengendapan formasi Birang diikuti pengendapan formasi Lati di bagian timur dan selatan lembar yaitu di daerah teluk Bayur dan sekitarnya. Pengendapan ini berlanjut pada akhir Miosen Awal hingga Miosen Tengah diikuti kegiatan



tektonik ketiga. Sesudah kegiatan tektonik tersebut pada akhir Miosen Akhir hingga Pliosen terendapkan formasi Domaring dibagian timur lembar, sedangkan di bagian utara terjadi pengendapan formasi Tabul pada akhir Miosen Akhir diikuti kegiatan gunungapi sehingga terbentuk formasi Sinjin di daerah baratdaya dan di utara lembar pada kala Pliosen dan selanjutnya diikuti pengendapan formasi Sajau pada Plio-Plistosen. Pada kala Pliosen atau sesudah pengendapan formasi Sajau terjadi kegiatan tektonik keempat, mengakibatkan formasi Sajau dan formasi yang lebih tua di bawahnya terlipat, tersesarkan dan menghasilkan bentuk morfologi atau fisiografi yang terlihat sekarang. (Situmorang R.L. dan Burhan. 1995).

2.2 Geologi Batubara

Batubara adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan yang terhumifikasi, berwarna coklat sampai hitam yang selanjutnya terkena proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun sehingga mengakibatkan pengkayaan kandungan karbonnya (Sukandarrumidi. 1995).

Untuk menjadi batubara, ada beberapa tahapan penting yang harus dilewati oleh batuan dasar pembentuknya (tumbuhan). Tahapan penting tersebut yaitu: tahap pertama adalah terbentuknya gambut (*peatification*) yang merupakan proses mikrobial dan perubahan kimia (*biochemical coalification*). Serta tahap berikutnya adalah proses-proses yang terdiri dari perubahan struktur kimia dan fisika pada endapan pembentuk batubara (*geochemical coalification*) karena pengaruh suhu, tekanan dan waktu.

a. Penggambutan (*Peatification*)

Gambut (*peat*) merupakan akumulasi tumbuhan yang telah membusuk. Pembentukan gambut merupakan tahap awal terbentuknya batu bara. Gambut terbentuk di lahan basah yang disebut *mire*. Pembentukan *mire* dan karakteristik gambut yang dihasilkan bergantung pada beberapa faktor, yaitu evolusi tumbuhan, iklim, serta paleogeografi dan struktur geologi daerah. Endapan gambut yang tebal

terbentuk apabila

muka air naik secara perlahan-lahan sehingga muka air tanah konstan mengikuti permukaan endapan gambut,

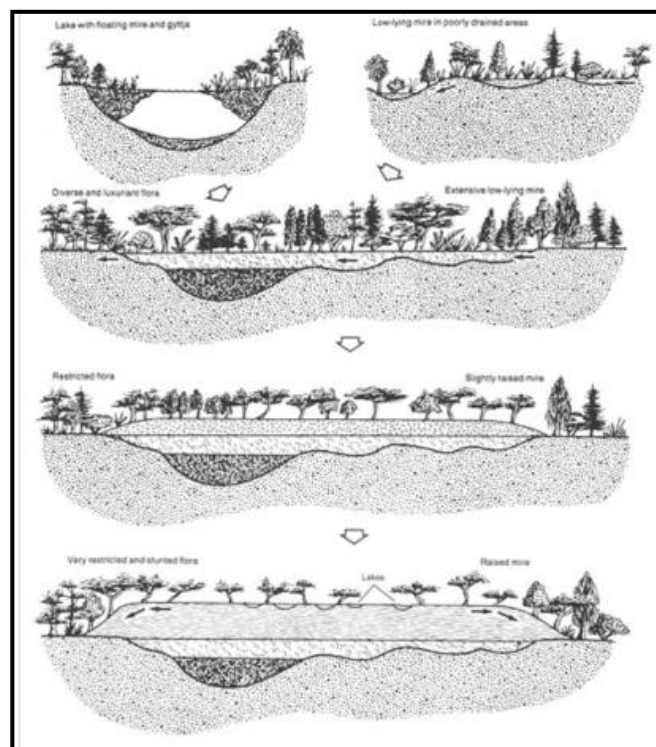


(2) *mire* terlindung dari penggenangan (banjir) oleh air sungai maupun air laut,

(3) tidak ada interupsi oleh endapan sungai.

Gambut pada umumnya akan mengalami proses pembusukan dan penghancuran yang sempurna sehingga setelah beberapa waktu kemudian tidak terlihat lagi bentuk asalnya. Pembusukan dan penghancuran tersebut pada dasarnya merupakan proses oksidasi yang disebabkan oleh adanya oksigen dan aktivitas bakteri atau jasad renik lainnya. Jika tumbuhan tumbang disuatu rawa, yang dicirikan dengan kandungan oksigen yang sangat rendah sehingga tidak membuktikan bakteri anerob (bakteri yang memerlukan oksigen) hidup, maka sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami proses pembusukan dan penghancuran yang sempurna sehingga tidak akan terjadi proses oksidasi yang sempurna. Pada kondisi tersebut hanya bakteri-bakteri anaerob saja yang berfungsi melakukan proses dekomposisi yang kemudian membentuk gambut (*peat*).

Daerah yang ideal untuk pembentukan gambut misalnya rawa, delta sungai, danau dangkal atau daerah dalam kondisi tertutup udara. Gambut bersifat porous, tidak padat dan umumnya masih memperlihatkan struktur tumbuhan asli, kandungan airnya lebih besar dari 75% (berat) dan komposisi mineralnya kurang dari 50% (dalam keadaan kering).



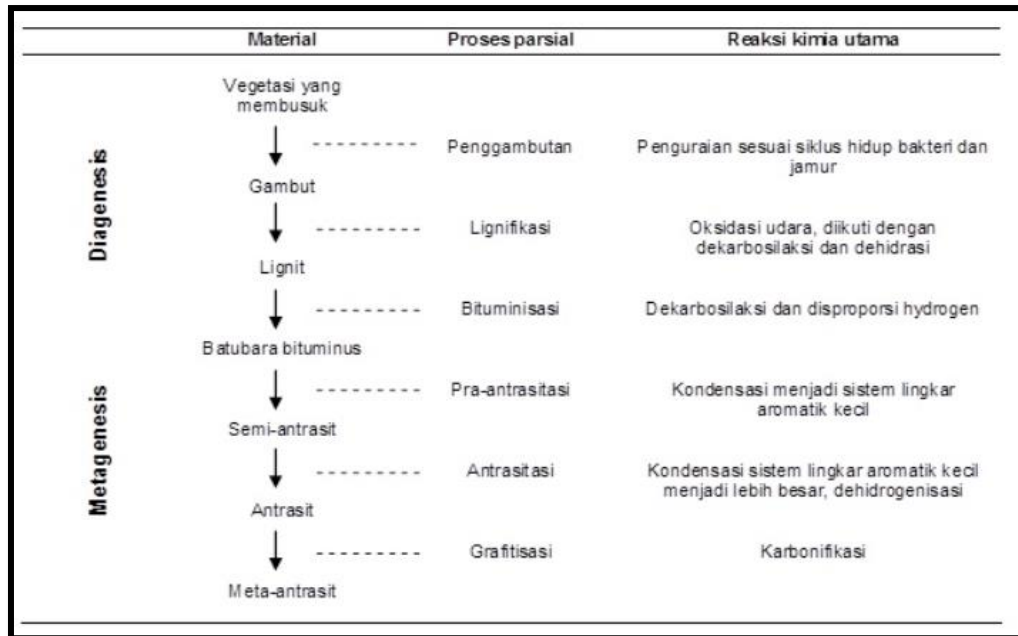
Gambar 4 Contoh evolusi *mire* yang menunjukkan pembentukan *raised bog* (Mc. Cabe, dan L. Warren, 1987)

Lingkungan tempat terbentuknya rawa gambut umumnya merupakan tempat yang mengalami depresi lambat dengan sedikit sekali atau bahkan tidak ada penambahan material dari luar. Pada kondisi tersebut muka air tanah terus mengikuti perkembangan akumulasi gambut dan mempertahankan tingkat kejenuhannya. Kejenuhan tersebut dapat mencapai 90% dan kandungan air menurun drastis hingga 60% pada saat terbentuknya *brown-coal*. Sebagian besar lingkungan yang memenuhi kondisi tersebut merupakan *topogenic low moor*. Hanya pada beberapa tempat yang mempunyai curah hujan sangat tinggi dapat terbentuk rawa gambut ombrogenik (*high moor*) (Diessel, C.F.K, 1992)

b. Pembatubaraan (*Coalification*)

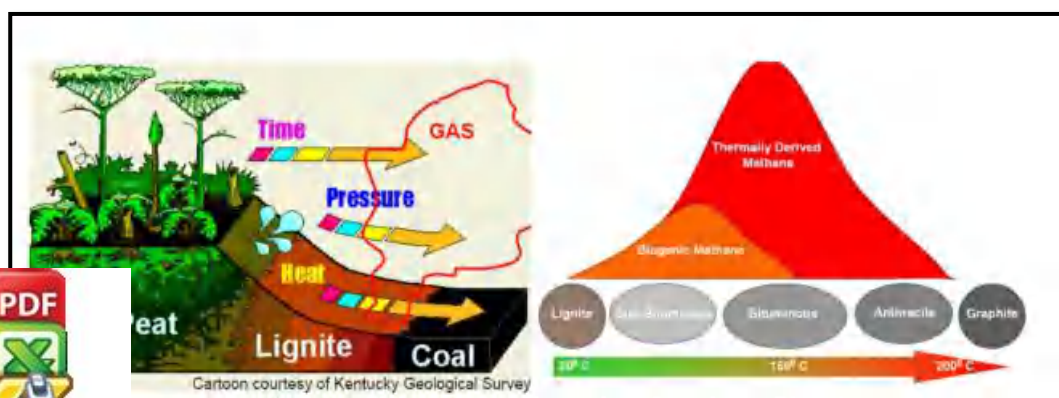
Proses pembatubaraan adalah perkembangan gambut menjadi lignit, subbituminous, bituminous, antrasit sampai meta-antrasit. Proses pembentukan gambut dapat berhenti karena beberapa proses alam seperti misalnya karena penurunan dasar cekungan dalam waktu yang singkat. Jika lapisan gambut yang telah terbentuk kemudian ditutupi oleh lapisan sedimen, maka tidak ada lagi bahan anaerob, atau oksigen yang dapat mengoksidasi, maka lapisan gambut akan mengalami tekanan dari lapisan sedimen. Tekanan terhadap lapisan gambut akan meningkat dengan bertambah tebalnya lapisan sedimen. Tekanan yang bertambah besar pada proses pembatubaraan akan mengakibatkan menurunnya porositas dan meningkatnya anisotropi.





Gambar 5 Skema proses pembatubaraan (Van Krevelen, 1992 dengan perubahan dalam Amijaya, 2007)

Porositas dapat dilihat dari kandungan airnya yang menurun secara cepat selama proses perubahan gambut menjadi *brown coal*. Hal ini memberi indikasi bahwa masih terjadi kompaksi. Proses pembatubaraan terutama dikontrol oleh kenaikan temperatur, tekanan dan waktu. Pengaruh temperatur dan tekana dipercayai sebagai faktor yang sangat dominan, karena sering ditemukan lapisan batubara *high-rank* (antrasit) yang berdekatan dengan intrusi batuan beku sehingga terjadi kontak metamorfisme. Kenaikan peringkat batubara juga dapat disebabkan karena bertambahnya kedalaman. Sementara bila tekanan makin tinggi, maka proses pembatubaraan semakin cepat, terutama didaerah lipatan dan patahan (Diessel, C.F.K, 1992)



Gambar 6 Tahapan pembentukan batubara (KGS)



Syarat terbentuknya formasi batubara antara lain adalah kenaikan muka air tanah yang lambat, perlindungan rawa terhadap pantai atau sungai dan energi relief rendah. Jika muka air tanah terlalu cepat naik (atau penurunan dasar rawa cepat) maka kondisi akan menjadi *limnic* atau bahkan akan terjadi endapan marin. Sebaliknya jika terlalu lambat, maka sisa tumbuhan yang terendapkan akan teroksidasi dan tererosi. Terjadinya kesetimbangan antara penurunan cekungan / *land-subsidence* dan kecepatan penumpukan sisa tumbuhan (kesetimbangan bioteknik) yang stabil akan menghasilkan gambut yang tebal.

2.3 Genesa Batubara

Genesa batubara berdasarkan tempat dibedakan menjadi dua (Sukandarrumidi, 1995) yaitu :

a. Teori Insitu

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuk di tempat dimana tumbuh - tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian setelah tumbuhan itu mati, sebelum terjadi proses transportasi segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Batubara dengan proses ini penyebarannya luas, merata dan kualitasnya baik.

b. Teori Drift

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian tumbuhan yang telah mati mengalami transportasi oleh media air dan terakumulasi di suatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan terjadi proses *coalification*. Batubara dengan proses drift penyebarannya tidak luas tetapi banyak dan kualitasnya kurang baik.

2.4 Jenis dan Klasifikasi Batubara

Batubara terdiri dari beberapa jenis berdasarkan kualitasnya yang secara umum diklasifikasikan menjadi empat kelas utama menurut standar ASTM (Kirk,

Othmer, D.F., 1979) atau lima kelas jika dimasukkan peat atau gambut jenis batubara yang paling muda (Larsen, A. R. 1978). Jenis batubara dari urutan kualitas rendah ke kualitas tinggi adalah sebagai berikut :



1. Gambut/*Peat*

Golongan ini sebenarnya termasuk jenis batubara, tapi merupakan bahan bakar. Hal ini disebabkan karena masih merupakan fase awal dari proses pembentukan batubara. Endapan ini masih memperlihatkan sifat awal dari bahan dasarnya (tumbuh-tumbuhan)

2. Lignit

Lignite sering disebut juga brown coal, golongan ini sudah memperlihatkan proses selanjutnya berupa struktur kekar dan gejala pelapisan. Apabila dikeringkan, maka gas dan airnya akan keluar. Endapan ini bisa dimanfaatkan secara terbatas untuk kepentingan yang bersifat sederhana, karena panas yang dikeluarkan sangat rendah. Sehingga seringkali digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik.

3. Sub Bituminus/Bitumen Menengah

Golongan ini memperlihatkan ciri-ciri tertentu yaitu warna yang kehitam-hitaman dan sudah mengandung lilin. Endapan ini dapat digunakan untuk pemanfaatan pembakaran yang cukup dengan temperature yang tidak terlalu tinggi. Subbituminous umum digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga uap. Subbituminous juga merupakan sumber bahan baku yang penting dalam pembuatan hidrokarbon aromatic dalam industri kimia sintesis.

4. Bituminus

Bituminous merupakan mineral padat berwarna hitam dan kadang cokelat tua, rapuh (*brittle*) dengan membentuk bongkah – bongkah prismatic berlapis dan tidak mengeluarkan gas dan air bila dikeringkan, sering digunakan untuk kepentingan transportasi dan industry serta untuk pembangkit listrik tenaga uap.

5. Antrasit

Golongan ini berwarna hitam, keras, kilap tinggi, dan pecahannya memperlihatkan pecahan chocoidal. Pada proses pembakaran memperlihatkan warna biru dengan derajat pemanasan yang tinggi. Digunakan untuk berbagai macam industry besar yang memerlukan temperature tinggi (Arif Irwandy, 2014).

klasifikasi batubara yang banyak digunakan adalah meliputi klasifikasi ASTM dan klasifikasi menurut ISO.



2.4.1 Klasifikasi Berdasarkan Peringkat Menurut ASTM

Peringkat batubara adalah posisi batubara dalam seri lignit – antrasit. Batubara diklasifikasikan berdasarkan peringkatnya oleh ASTM (*American Standards for Testing and Materials*) seperti pada Tabel 3.1. Data yang diperlukan untuk klasifikasi adalah kadar karbon padat ‘dmmf’ (*dry mineral matter free*), kadar zat terbang ‘dmmf’ (*dry mineral matter free*) dan nilai kalor ‘mmf’ (*moist mineral matter free*). Yang disebut kondisi *moist* adalah kondisi batubara yang masih berada dalam tanah dan mengandung *bed moisture*.

Data tersebut diperoleh dari perhitungan menggunakan Rumus Parr. Untuk batubara peringkat menengah ke atas digunakan data karbon padat ‘dmmf’ dan kadar zat terbang ‘dmmf’. Sedangkan untuk batubara peringkat menengah ke bawah digunakan data nilai kalori ‘mmf’. Menurut ASTM batubara peringkat rendah (*low rank coal*) adalah batubara yang mempunyai kadar karbon padat ‘dmmf’ <69% atau kadar zat terbang ‘dmmf’ >31% dan nilai kalori ‘mmf’ <10,500 Btu/lb atau <8,333 kcal/kg.

Class/group	Fixed Carbon Limits (dry mineral-matter-free basis) %		Volatile Matter Limits (Dry, Mineral-matter-free Basis) %		Gross Calorific Value Limits (Moist, mineral-matter-free Basis)			
	Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	Btu/lb		Mj/kg	
					Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than
Anthracite:								
Meta-anthracite	98	---	---	2				
Anthracite	92	98	2	8				
Semianthracite	86	92	8	14				
Bituminous:								
Low Volatile	78	86	14	22				
Medium Volatile	69	78	22	31				
High Volatile A	---	69	31	---	14,000	---	32.6	---
High Volatile B					13,000	14,000	30.2	32.6
High Volatile C					11,500	13,000	26.7	30.2
Subbituminous:								
Subbituminous A					10,500	11,500	24.4	26.7
Subbituminous B					9,500	10,500	22.1	24.4
Subbituminous C					8,300	9,500	19.3	22.1
Lignite:								
Lignite A					6,300	8,300	14.7	19.3
Lignite B					---	6,300	---	14.7

Gambar 7 Klasifikasi ASTM



2.4.2 Klasifikasi menurut ISO (*International Standard Organization*)

ISO (*International Standardizations Organization*) juga mengeluarkan sistem klasifikasi batubara berdasarkan peringkat, tetapi penentuan peringkatnya menggunakan reflektan vitrinit (Rv) hasil analisis petrografi batubara. ISO membagi kelas/peringkat batubara menjadi tiga yakni peringkat rendah, peringkat menengah dan peringkat tinggi (Tabel 3.2). Batubara peringkat rendah adalah lignit – *subbituminous* yang mempunyai Rv $\leq 0.5\%$. Batubara peringkat menengah adalah batubara *bituminous* yang mempunyai Rv antara 0.5 – 2.0. Sedangkan batubara peringkat tinggi adalah kelompok batubara antrasit yang mempunyai Rv antara 2.0 – 6.0.

Coal rank		Vitrinite reflectance (random)	Volatile matter (wt. % dmmf ¹)	Bed moisture (wt. %)	Calorific value MJ/kg (mmst, dmmf)	Hydro-carbon generation	Principal uses		
Class	Group								
Anthracite ²	Meta-anthracite	2.50	2			Dry gases	Space heating Chemical production		
	Anthracite		8						
	Semianthracite		14						
Bituminous	Low volatile bituminous	1.32	14			Wet Gas	Metallurgical coke production Cement production Thermal electric power generation		
	Medium volatile bituminous							22	
	High volatile A bituminous	1.51	31						
	High volatile B bituminous	1.12	0.50-0.75					32.0	
	High volatile C bituminous	0.75						30.2	
	Subbituminous A ³	0.50						26.8	
	Subbituminous	Subbituminous B	0.42						
Subbituminous C		25		22.1					
Lignite A		35		19.3					
Lignite	Lignite B						Thermal electric power generation Char production Space heating		
	Peat							75	14.7

¹) dmmf - Dry, mineral matter free
²) Non-agglomerating; if agglomerating, classified as low volatile bituminous
³) If agglomerating, classified as high volatile C bituminous

Gambar 8 Klasifikasi Batubara menurut ISO (*International Standard Organization*)

2.5 Kualitas Batubara



batubara merupakan istilah yang luas untuk keseluruhan bahan yang carbon yang terjadi secara alamiah. Batubara dapat pula didefinisikan sebagai batuan yang bersifat karbon berbentuk padat, rapuh, berwarna coklat tua

sampai hitam, dapat terbakar, yang terjadi akibat perubahan atau pelapukan tumbuhan secara kimia dan fisika dalam “*Kamus Pertambangan, Teknologi dan Pemanfaatan Batuabara*” (Silalahi, 2002). Sedangkan dalam pengertian geologi batubara lebih spesifik mendefinisikan batubara sebagai bahan atau batuan yang mudah terbakar, mengandung lebih dari 50% hingga 70% volume kandungan karbon yang berasal dari sisa-sisa material tumbuhan yang terakumulasi dalam cekungan sedimentasi dan mengalami proses perubahan kimia dan fisika, sebagai reaksi terhadap pengaruh pembusukan bakteri, temperatur, tekanan dan waktu geologi (Sukandarrumidi. 1995).

Diantara parameter kualitas yang umum digunakan dalam analisis kualitas batubara adalah :

2.5.1 Analisis *proximate*

Analisis *proximate* menunjukkan persen berat dari fixed carbon, bahan mudah menguap, abu, dan kadar air dalam batubara. Jumlah fixed carbon dan bahan yang mudah menguap secara langsung turut andil terhadap nilai panas batubara. *Fixed carbon* bertindak sebagai pembangkit utama panas selama pembakaran. Kandungan bahan yang mudah menguap yang tinggi menunjukkan mudahnya penyalaan bahan bakar. Kadar abu merupakan hal penting dalam perancangan grate tungku, volum pembakaran, peralatan kendali polusi dan sistim handling abu pada tungku. Analisis *proximate* untuk berbagai jenis batubara (Arif Irwandy, 2014) Parameter-parameter tersebut digambarkan dibawah ini.

Fixed carbon

Fixed carbon merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah menguap didistilasi. Kandungan utamanya adalah karbon tetapi juga mengandung hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen yang tidak terbawa gas. Fixed carbon memberikan perkiraan kasar terhadap nilai panas batubara.



Bahan yang mudah menguap (*volatile matter*)

Bahan yang mudah menguap dalam batubara adalah metan, hidrokarbon, hydrogen, karbon monoksida, dan gas-gas yang tidak mudah terbakar, seperti karbon dioksida dan nitrogen. Bahan yang mudah menguap merupakan indeks dari kandungan bahan bakar bentuk gas didalam batubara. Kandungan bahan yang mudah menguap berkisar antara 20 hingga 35%.

- Berbanding lurus dengan peningkatan panjang nyala api, dan membantu dalam memudahkan penyalaan batubara
- Mengatur batas minimum pada tinggi dan volum tungku
- Mempengaruhi kebutuhan udara sekunder dan aspek-aspek distribusi
- Mempengaruhi kebutuhan minyak bakar sekunder

Kadar abu

Abu merupakan kotoran yang tidak akan terbakar. Kandungannya berkisar antara 5% hingga 40%. Abu:

- Mengurangi kapasitas handling dan pembakaran
- Meningkatkan biaya handling
- Mempengaruhi efisiensi pembakaran dan efisiensi boiler
- Menyebabkan penggumpalan dan penyumbatan

Kadar Air

Kandungan air dalam batubara harus diangkat, di-*handling* dan disimpan bersama-sama batubara. Kadar air akan menurunkan kandungan panas per kg batubara, dan kandungannya berkisar antara 0,5 hingga 10%. Kadar air:

- Meningkatkan kehilangan panas, karena penguapan dan pemanasan berlebih dari uap
- Membantu pengikatan partikel halus pada tingkatan tertentu
- Membantu radiasi transfer panas



Sulfur

ada umumnya berkisar pada 0,5 hingga 0,8%. Sulfur:

- Mempengaruhi kecenderungan teradinya penggumpalan dan penyumbatan
- Mengakibatkan korosi pada cerobong dan peralatan lain seperti pemanas udara dan *economizers*
- Membatasi suhu gas buang yang keluar (Arif Irwandy, 2014)

2.5.2 Analisis *Ultimate*

Analisis *ultimate* menentukan berbagai macam kandungan kimia unsur-unsur seperti karbon, hidrogen, oksigen, sulfur, dll. Analisis ini berguna dalam penentuan jumlah udara yang diperlukan untuk pemakaran dan volum serta komposisi gas pembakaran. Informasi ini diperlukan untuk perhitungan suhu nyala dan perancangan saluran gas buang dll. Analisis *ultimate* untuk berbagai jenis batubara diberikan dalam tabel dibawah. Tiga elemen-elemen pertama adalah tergantung kepada komposisi maseral dan peringkat batubara tertentu. Elemen berikut utamanya maceral-independent. Sifat fisika, kimiawi dan, teknis batubara tergantung kepada tipe batubara demikian halnya terhadap peringkat batubara (Arif Irwandy, 2014).

2.6 Proses Pembakaran Pada Batubara

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan bakar disertai dengan konversi energi kalor dalam jumlah yang besar. Pembakaran sempurna (*complete combustion*), terjadi jika semua unsure C, H dan S yang terkandung dalam bahan bakar bereaksi membentuk CO₂, H₂O dan SO₂. Pembakaran sempurna dapat dicapai dengan : pencampuran antara bahan bakar dan oksidator dengat tepat dan baik, yaitu perbandingan rasio bahan bakar per udara tepat. Pembakaran tidak sempurna (*incomplete combustion*), terjadi jika proses pembakaran bahan bakar menghasilkan “*intermediate combustion product*” seperti CO, H₂, aldehyd, disamping CO₂ dan H₂O. Pembakaran tidak sempurna dapat terjadi antara lain karena pasokan oksidatornya terbatas atau kurang dari jumlah yang diperlukan (Casagrande, D.J., 1987).





Gambar 9 Pembakaran spontan di area PIT Pertambangan

Pembakaran spontan (*spontaneous combustion*), terjadi jika zat atau bahan mengalami oksidasi perlahan-lahan, kalor yang dihasilkan tidak dilepas, sehingga suhu bahan naik secara perlahan mencapai titik bakarnya (*ignition point*), maka bahan terbakar dan menyala. Oksidasi adalah reaksi antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar, berlangsung secara pelan tanpa timbul cahaya dan tanpa timbul kalor yang cepat, meskipun jumlah kalor yang dihasilkan seluruhnya cukup berarti (Asmoro YD., Ma'waleda M. dan Widodo S., 2022).

Pembakaran spontan atau pengapian spontan, merupakan proses terbakar akibat pemanasan sendiri, oleh peningkatan suhu, karena reaksi sendiri/internal eksotermik, kemudian diikuti dengan pelepasan panas (pemanasan internal cepat, mempercepat terjadinya kenaikan suhu tinggi). Sehingga mampu menyalakan dan menimbulkan pengapian. Pembakaran spontan batubara, disebutkan sebagai salah satu bencana alam utama yang mengancam keselamatan produksi tambang batubara, tidak hanya menyebabkan banyak korban jiwa dan kerugian harta benda, menghancurkan fasilitas tambang dan mengganggu produksi, tetapi dapat membawa bencana kedua seperti ledakan abu batubara, ledakan gas, dll. Yang memperparah tingkat bencana (Liu et.al, 2013).



batubara dapat menyala secara spontan bila terdapat banyak aliran oksigen ke lokasi reaksi dan menimbulkan panas, bila penimbunan tak memiliki sistem ventilasi yang cukup baik, serta oleh akibat oksidasi mineral pirit, sering

menimbulkan pengapian spontan. Untuk mengatasi kejadian pembakaran spontan batubara yang merugikan, dibutuhkan suatu metode yang dapat mengenali potensi pembakaran spontan batubara. Pembakaran batubara secara spontan merupakan salah satu ancaman utama keamanan di tambang batubara. Kebakaran yang diakibatkannya dapat menyebabkan korban jiwa dan kerugian harta benda yang signifikan, serta pencemaran lingkungan yang serius. Mengingat kekurangan dari bahan pemadam kebakaran yang ada, terdapat kebutuhan akan material baru yang meningkatkan efisiensi pencegahan pembakaran batubara secara spontan. .

Batubara memiliki sifat self heating. Akibat proses self heating ini menyebabkan batubara bisa mengalami pembakaran baik Ketika di permukaan (spontaneous combustion) maupun ketika masih di bawah permukaan (insitu). Kejadian batubara terbakar secara spontan disebut sebagai spontaneous combustion. Spontaneous combustion merupakan hal yang umum terjadi pada batubara. Spontaneous combustion paling umum terjadi pada batubara tingkat rendah (*low rank*). Proses terjadinya *spontaneous combustion* serupa dengan proses pembakaran batubara Ketika masih insitu yaitu sama-sama mengalami proses self heating, namun Ketika batubara mengalami self heating di bawah permukaan (insitu), maka akan memberikan efek panggang kepada batuan di atasnya yang akhirnya akan berubah menjadi klinker.

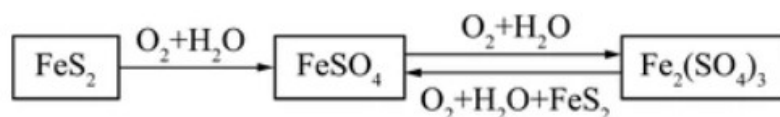
Batubara memiliki sifat panas yang dihasilkan dari kandungan karbonnya. Semakin tinggi kandungan karbon dalam proximate batubara, semakin tinggi nilai kalori batubara tersebut. Namun untuk terjadi *spontaneous combustion* pada batubara, maka dibutuhkan pemicu dari unsur lain, diantara yang paling umum adalah kandungan sulfur dan *moisture*. Ada tiga bentuk belerang dalam batubara: pirit, sulfat, dan belerang organik (Liu et.al, 2013).

Menurut Singer et.al, (1991), pirit dapat mempengaruhi proses oksidasi batubara secara non linier. Panas dari pirit hanya sepertiga dari panas batubara, namun kenaikan panas yang dihasilkan dari reaksi Sulfur (S) dan Air (H₂O) dengan oksigen yang sama memiliki kenaikan panas dua kali lebih tinggi dari panas (García, D., & Martínez, D. (2012). Hal ini yang menyebabkan terjadi *ous combustion*. Pirit dalam batubara dapat menyerap oksigen dan an panas yang menyebabkan inflasi batubara sehingga mempercepat



proses oksidasi. Selama terjadi oksidasi pirit, akan dihasilkan asam sulfat (H_2SO_4). Unsur H^+ dalam asam sulfat dapat menyerap massa molekul O_2 , membentuk film cair yang kaya oksigen (Li S et.al, 2008). Atinya unsur H^+ dengan dengan konsentrasi yang sesuai dapat meningkatkan reaksi oksidasi.

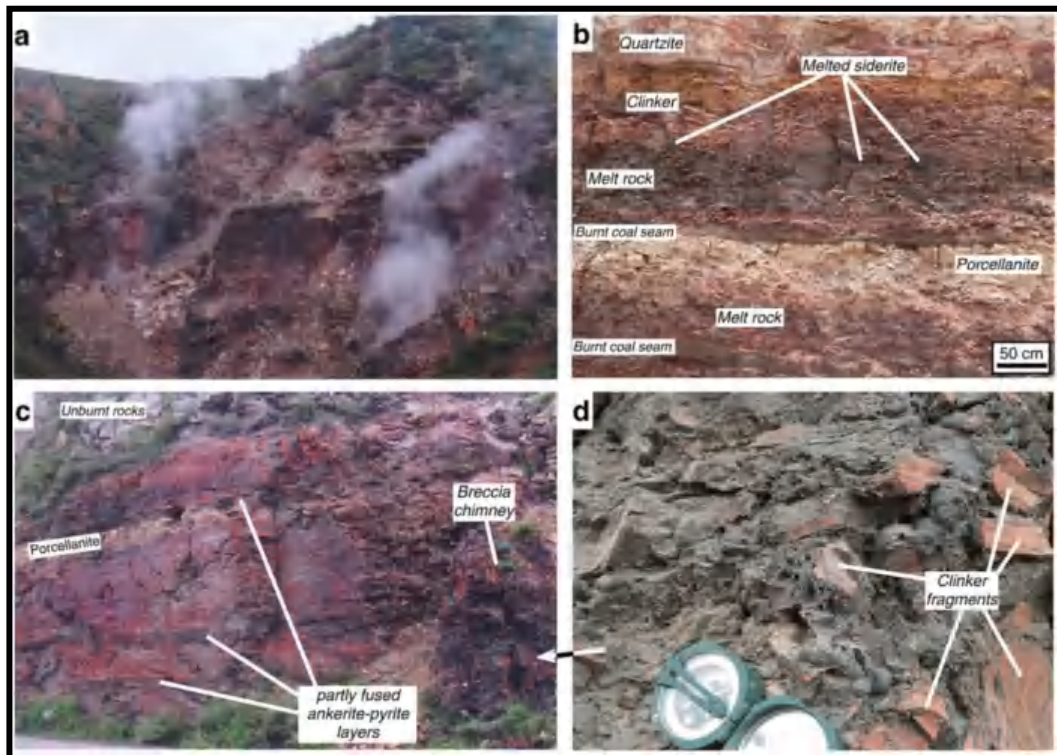
Proses reaksi kimia *spontaneous combustion* adalah sebagai berikut :



Reaksi-reaksi ini dapat terjadi pada suhu rendah dan semua reaksi merupakan reaksi eksotermik. Oleh karena itu, keberadaan pirit merupakan pendorong besar terjadinya pembakaran spontan batubara.

Pembentukan batuan ubahan berbentuk lelehan pada batuan *insitu* oleh proses pirometamorfisme (suhu tinggi dan tekanan rendah) disebabkan oleh *spontaneous combustion* pada batubara. Pembakaran organik dari batubara *insitu* menghasilkan dua produk, yaitu paralava dan klinker. Paralava berwarna hitam sampai abu-abu gelap, memiliki vesicular, dengan bentuk mirip lava basalt. Sedangkan klinker memiliki warna kemerahan, tidak menunjukkan struktur lelehan, mirip seperti batubata, namun bisa juga seperti kaca sehingga mirip buchite dan tidak menunjukkan struktur aliran seperti paralava. Proses pembakaran insitu ini menunjukkan proses pemanasan yang singkat dengan gradient temperature yang ekstrim (Grapes et.al., 2009). Penampakan paralava dan klinker dapat dilihat pada Gambar 2.6.





Gambar 10 Singkapan Paralava dan Klinker di sungai kuning, Shanxi, China, (Grapes et al, 2009)

2.7 Klinker

Klinker merupakan batuan ubahan akibat dari proses pembakaran dan pemanasan batubara di bawah permukaan. Kemunculan klinker yang teridentifikasi dengan baik bisa mencegah hilangnya volume cadangan batubara (*Loss Reserve*) dan klinker dapat dimanfaatkan untuk surface jalan hauling (haul road surfacing).

Menurut Grapes et.al (2009), proses pirometamorfisme yang disebabkan oleh permukaan (insitu). Produk hasil pembakaran batubara ini adalah paralava dan klinker. Paralava merupakan produk hasil pembakaran insitu batubara yang disebabkan panas yang tinggi (1124 - 1227°C), sehingga menghasilkan ciri fisik berwarna hitam sampai abu visikular, mirip seperti lava basalt. Sedangkan klinker merupakan produk hasil pembakaran insitu batubara dengan temperatur yang lebih rendah (<1150°C) menunjukkan struktur lelehan seperti paralava, mirip seperti batubara. Terdapat dalam satu tubuh geometri yang dibedakan berdasarkan fisiknya. Dalam penelitian ini, paralava dan klinker dianggap sebagai satu tubuh disebut sebagai klinker.





Gambar 11 Kenampakan Fisik Klinker di Lapangan

Klinker pada dasarnya merupakan batuan sedimen yang terubahkan oleh karena pembakaran batubara. Dengan dilakukannya pencegahan pembakaran batubara, maka batuan ini pun dapat dijadikan bahan bangunan berupa pasir kuarsa dan lempung terdapat melimpah di daerah teluk Bayur dan Labanan. Batugamping di sekitar Tanjung Selor mutunya cukup baik untuk bahan bangunan namun jumlahnya sangat terbatas, sedangkan batugamping di hulu sungai Siduung belum dimanfaatkan karena lokasinya jauh dari pemukiman. Batuan beku berupa andesit jumlahnya sangat sedikit dan lokasinya jauh di bagian barat lembar, dimanfaatkan oleh perusahaan kayu untuk pengeras jalan perusahaan (Sukandarrumidi. 1995).

2.8 Karakteristik Klinker

Klinker memiliki ciri fisik yang khas baik saat ditemukan dalam bentuk singkapan, maupun dalam bentuk sampel inti pemboran. Secara umum, klinker memiliki sifat fisik yang keras dengan warna yang bervariasi tergantung pada zona terbentuknya klinker tersebut. Klinker dapat berasal dari beragam batuan asal, diantaranya yakni batulempung, batupasir dan napal. Warna klinker yang dominan adalah merah hingga kekuningan.





Gambar 12 Penampakan klinker pada singkapan seam T daerah tambang Sambarata memotong lapisan batubara secara horizontal (Asmoro dkk, 2022)

Karakteristik klinker berkorelasi dengan zona terbentuknya klinker tersebut. Klinker yang terbentuk pada zona under zone (zona lapisan batubara) memiliki ciri khas warna merah bata (maroon), fisik keras, disertai dengan sisipan paralava yang berwarna coklat sampai hitam dan sangat keras dengan tekstur vesicular menunjukkan derajat panas yang sangat tinggi. Klinker memiliki kandungan mineral-mineral oksida seperti limonit dan hematit.

Klinker yang terbentuk pada upper-zone (zone menjauhi dari lapisan batubara asal) umumnya memiliki karakteristik klinker dengan warna merah kekuningan (yellowish red). Klinker pada zona ini mengandung mineral-mineral silika, dan terkadang mengandung urat kuarsa. Tingkat kekerasan pada klinker di zona ini ialah sangat keras (very hard) dan semakin menjauhi zona under zone kekerasan semakin berkurang secara berdegradasi.

Perubahan fisik dari batuan sedimen menjadi klinker diikuti dengan perubahan komposisi kimia batuan. Berdasarkan Analisa kimia yang dilakukan Grapes (2009) pada sampel klinker dan paralava di Provinsi Shanxi, China,



si kimia menunjukkan terjadi peningkatan komposisi SiO_2 (Silika) dan pada klinker dan paralava. Komposisi paralava mengalami peningkatan si FeO dan pengurangan SiO_2 dibanding klinker.



Gambar 13 Kenampakan fisik Klinker dan Paralava (Asmoro dkk, 2022)

2.9 Mekanisme Pembentukan Klinker

Klinker merupakan batuan ubahan akibat efek panas atau disebut juga sebagai proses pyrometamorfisme. Energi panas dihasilkan dari sifat batubara yang memiliki kalori. Semakin tinggi nilai kalori batubara maka semakin tinggi panas yang akan dihasilkan. Pembakaran atau pemangangan pada batubara dapat terjadi ketika terjadi proses oksidasi sebagaimana segitiga api, yaitu bertemunya elemen panas, bahan bakar, dan oksigen. Tiga elemen penyebab batubara terbakar dibawah permukaan adalah sebagai berikut :

a. Elemen Oksigen (O₂)

Elemen segitiga api paling utama adalah oksigen. Oksigen yang menyebabkan pembakaran pada singkapan batubara dibawah permukaan (subcrop) dibawa oleh angin. Oleh sebab itu, umumnya subcrop batubara terbakar terjadi pada batubara yang berada di perbukitan.

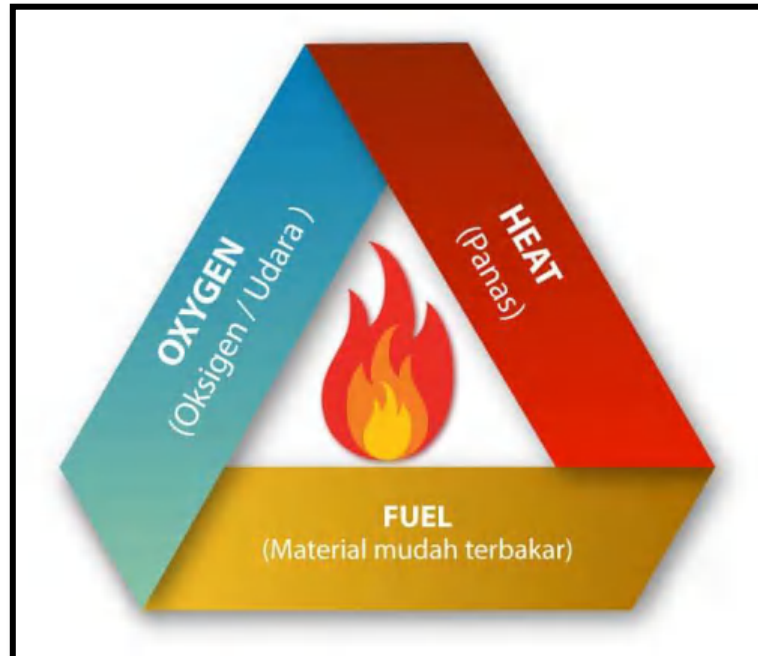
c. Elemen Bahan Bakar (Fuel)

Untuk membentuk nyala api, maka dibutuhkan material yang mudah terbakar. Material ini berperan sebagai bahan bakar. Bahan bakar tersebut berasal benda cair, gas, dan padat. Pada batubara, bahan bakar mengandung gas yang terbakar diantaranya CH₄, CO, CO₂, NO_x, H₂, SO_x. Bahan bakar padat batubara diantaranya resin, pyrit (FeS₂).



Elemen Panas (Suhu)

Kenaikan temperatur pada batubara berasal dari kualitas kalori (calorific value / CV) pada batubara. Semakin tinggi kandungan FC (Fixed Carbon) pada proksimat batubara, semakin tinggi nilai kalori pada batubara.



Gambar 14 Segitiga api

Subcrop batubara yang panas karena terbakar menyebabkan material non-carbon di sekitar batubara terdampak dan berubah menjadi klinker. Proses yang menyebabkan perubahan material non-carbon menjadi klinker adalah pyrometamorfisme, yaitu proses berubahnya material batuan yang disebabkan oleh efek panas yang tinggi. Umumnya semakin tebal batubara dan semakin dekat dengan permukaan, maka semakin mudah subcrop batubara terbakar, karena memiliki massa yang cukup untuk terpapar dengan oksigen.

Klinker berasal dari kadar abu pada batubara, parting dan batuan pengapit diatas batubara yang terbakar. Proses berubahnya material tersebut mirip dengan proses berubahnya material menjadi batubata oleh proses pemanggangan. Oleh karena itu, penampakan fisik klinker akan menyerupai batubata, diantaranya berwarna merah dan fisiknya keras. Mekanisme pembentukan klinker dari efek an batubara (Asmoro YD., Ma'waleda M. dan Widodo S., 2022).

