

**PENGARUH GEOMETRI DAN KUALITAS
BATUBARA TERHADAP PEMBENTUKAN KLINKER
PADA FORMASI LATIH
KABUPATEN BERAU, PROVINSI KALIMANTAN
TIMUR**

*Coal Geometry And Quality Effects On Clinker Deformation In
Latih Formation, Berau District, East Kalimantan Province*

**YOKI DWI ASMORO
D062211004**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

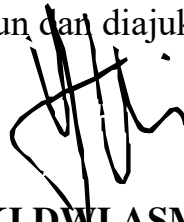


PENGAJUAN TESIS

**PENGARUH GEOMETRI DAN KUALITAS
BATUBARA TERHADAP PEMBENTUKAN KLINKER
DI FORMASI LATIH
KABUPATEN BERAU, KALIMANTAN TIMUR**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Geologi

Disusun dan diajukan oleh



YOKI DWI ASMORO
D062211004

Kepada

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023



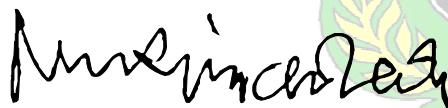
TESIS

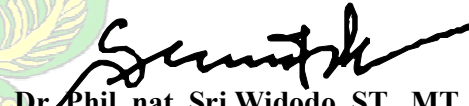
**PENGARUH GEOMETRI DAN KUALITAS
BATUBARA TERHADAP PEMBENTUKAN KLINKER
DI FORMASI LATIH
KABUPATEN BERAU, KALIMANTAN TIMUR**

**YOKI DWI ASMORO
D062211004**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 13 November 2023.
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing Utama Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Musri Ma'waleda, MT.
NIP. 196112311989031019


Dr. Phil. nat. Sri Widodo, ST., MT.
NIP. 197101012010121001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Muhammad Isran Ramli,
ST., MT.
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Geologi



Dr. Eng. Meutia Farida, ST., MT.
NIP. 197310032000122001



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yoki Dwi Asmoro
Nomor mahasiswa : D062211004
Program studi : Magister Teknik Geologi

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul **“Pengaruh Geometri Dan Kualitas Batubara Terhadap Pembentukan Klinker Di Formasi Latih, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur”** adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Bapak Dr. Ir. Musri Ma'waleda, MT. selaku Pembimbing Utama Penulis dan Bapak Dr. Phil. Nat. Sri Widodo, ST., MT selaku Pembimbing Pendamping Penulis). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (Yoki Dwi Asmoro, Musri Ma'waleda, Sri Widodo, vol. 2 no. 2 (2022), <https://doi.org/10.55324/ijoms.v2i2.280>) sebagai artikel dengan judul **“Clinker Volume On Seam H's Distribution And Estimation Based On Coal Mine's Drill Data”** dan Prosiding (Yoki Dwi Asmoro, Musri Ma'waleda, Sri Widodo, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, DOI:10.1088/1755-1315/1272/1/012017) sebagai artikel dengan judul **“Coal Quality Effect Analysis on Clinker Deformation in The Binungan Area, Berau Regency, East Kalimantan Province, Indonesia”**.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 13 November 2023

Yang menyatakan,



Yoki Dwi Asmoro



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas berkat Rahmat, Taufik dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis dengan judul **“Pengaruh Geometri Dan Kualitas Batubara Terhadap Pembentukan Klinker Di Formasi Latih, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur”**. Sholawat dan salam kepada Rasulullah *Sholallahu Alaihi Wassalam* yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia. Laporan Tesis ini disusun sebagai syarat untuk mencapai derajat Magister Teknik Geologi pada program studi Magister di Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari dalam penyusunan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya dengan mengharapkan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada :

1. Ayah *rahimahullah*, Ibu, Istri, anak-anak, dan saudara-saudara penulis atas do'a dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Dr. Ir. Musri Ma'waleda, MT. selaku Dosen Pembimbing Utama
3. Bapak Dr. Phil. nat. Sri Widodo, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Pendamping
4. Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin

8. Segenap Dosen Program Studi Magister Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin.
9. Keluarga besar Pasca Sarjana, Universitas Hasanuddin, khususnya teman-teman seperjuangan penulis di Program Studi Magister Departemen Teknik Geologi atas semua dukungan, semangat serta kerjasamanya selama ini.

Terimakasih penulis juga haturkan untuk semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis berharap saran dan kritik yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan penelitian tesis ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga hasil penelitian tesis ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan khususnya dalam bidang geologi batubara. Semoga Allah senantiasa melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kita semua.

Penulis,

Yoki Dwi Asmoro



ABSTRAK

YOKI DWI ASMORO. Pengaruh Geometri Dan Kualitas Batubara Terhadap Pembentukan Klinker Di Formasi Latih Daerah Kabupaten Berau, Kalimantan Timur (dibimbing oleh **Musri Ma'waleda, Sri Widodo**)

Kehadiran klinker yang tidak teridentifikasi dalam penambangan batubara mengakibatkan hilangnya cadangan. Klinker terbentuk pada batubara dengan karakteristik kualitas dan ketebalan tertentu.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dampak geometri dan nilai proksimat batubara terhadap terbentuknya klinker, sebab tidak semua seam di daerah penelitian terbentuk klinker. Penelitian dilakukan di Formasi Latih, daerah Tambang Binungan dan Tambang Sambarata, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, Indonesia. Sampel kualitas diperoleh dari 71 titik bor dengan jumlah 24 seam yang memiliki tebal > 1.61 m dan terdistribusi secara lateral dan vertikal. Parameter kualitas proksimat batubara terdiri dari Inherent Moisture (M), Ash Content (AC), Volatile Matter (VM), dan Fixed Carbon (FC). Sampel diklasifikasikan ke dalam kelompok seam klinker dan non klinker. Masing-masing kualitas dibandingkan dengan ketebalan (T) batubara dalam grafik scatter plot.

Dari penelitian ini dihasilkan bahwa kecenderungan karakteristik batubara yang dapat membentuk klinker memiliki ketebalan minimum 1.6 m pada kualitas proksimat dengan komposisi nilai $M < 13.62\%$, $VM > 40.69\%$, dan $FC > 42.93\%$, sedangkan Ash tidak mempengaruhi potensi klinker pada batubara Formasi Latih. Moisture memiliki peran paling besar sebagai penghambat proses oksidasi pada batubara di permukaan. Hubungan Moisture terhadap ketebalan batubara yang berpotensi membentuk klinker ditunjukkan melalui persamaan $M = 0.5155T + 12.799$

Kata kunci : Klinker, Batubara, Proksimat, Geometri, Kualitas



ABSTRACT

YOKI DWI ASMORO. Coal Geometry and Quality Effect on Clinker Deformation in Latih Formation, Berau Regency, East Kalimantan Province, Indonesia (supervised by **Musri Ma'waleda, Sri Widodo**)

Unidentified Clinker causes a loss of reserve in mine activity. Clinker is created by in situ coal heating and has certain quality and thickness characteristics.

This research investigated the coal geometry and quality effects on clinker deformation in the Latih Formation. This research is located in Binungan and Sambarata Mine Areas, Berau Regency, East Kalimantan Province, Indonesia. A coal sample was derived from 71 drillholes, consisting of 24 seams with a thickness > 1.61 m and distributed laterally and vertically. Coal quality parameters consist of Inherent Moisture (M), Ash Content (AC), Volatile Matter (VM), and Fixed Carbon (FC). The coal geometry and quality sample are classified into the clinker seam group and the non-clinker seam group. Each quality parameter is compared with seam thickness in a scatter graph.

The results of this research show that the coal that causes changes in rock to become clinker has a minimum thickness of 1.61 m and whose proximate composition consists of $M < 13.62 \%$, $VM > 40.69 \%$, dan $FC > 42.93 \%$, whereas Ash has no impact on clinker potential in the Latih Formation. Moisture has the biggest impact on the oxidation process in coal on the surface. The relationship between Moisture and Thickness of coal shows this equation : $M = 0.5155T + 12.799$.

Keywords : Clinker, Coal, Proximate, Geometry, Quality



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii

BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Kegunaan Penelitian	3
I.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Geologi Daerah Penelitian	5
II.2 Struktur Geologi	11
II.3 Geologi Batubara	14
II.3.1 Pembentukan Batubara	16
II.3.2 Jenis dan Klasifikasi Batubara	18
II.3.3 Kualitas Batubara	22
II.3.4 Pembakaran Batubara	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29



III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	29
III.2 Rancangan Penelitian	33
III.3 Populasi dan Teknik Sampel	34

III.4 Instrumen Pengumpul Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
IV.1 Data Penelitian	37
IV.1.1 Perencanaan Data	38
IV.1.2 Pemilahan Data	38
IV.1.3 Penyusunan Data	42
IV.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian	42
IV.2.1 Aspek Geomorfologi	44
IV.2.2 Aspek Struktur Geologi	46
IV.2.3 Aspek Sedimentasi	47
IV.3 Batubara di Daerah Penelitian.....	47
IV.3.1 Litotipe Batubara	48
IV.3.2 Kualitas Batubara	51
IV.4 Klinker di Daerah Penelitian.....	52
IV.4.1 Karakteristik Klinker	52
IV.4.2 Pola Sebaran Klinker	55
IV.4.3 Mekanisme Pembentukan Klinker	57
IV.6 Hasil Analisis Data	58
IV.6.1 Klasifikasi Batubara	58
IV.6.2 Proksimat dan Ketebalan.....	60
IV.7 Hubungan Antar Variabel	62
IV.7.1 Korelasi Ketebalan dan Kadar Kelembapan	62
IV.7.2 Korelasi Ketebalan dan Volatile Matter	64
IV.7.3 Korelasi Ketebalan dan Fixed Carbon	65
IV.7.4 Korelasi Ketebalan dan Ash	66
IV.8 Batasan Potensi Klinker	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
V.1 Kesimpulan	70
V.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Cekungan Pembawa Batubara Utama di Pulau Kalimantan	6
Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Tarakan	7
Gambar 3. Peta Geologi Regional Daerah Berau	10
Gambar 4. Kolom Stratigrafi Daerah Berau	10
Gambar 5. Struktur Regional Cekungan Tarakan	12
Gambar 6. Proses Pembentukan Batubara	17
Gambar 7. Singkapan Paralava dan Klinker	28
Gambar 8. Diagram Alir Rencana Penelitian	32
Gambar 9. Lokasi Daerah Penelitian Yang Terletak di wilayah kabupaten berau ...	33
Gambar 10. Lokasi Pengambilan Data Penelitian	37
Gambar 11. Sebaran Data Penelitian dan penampang di daerah Tambang Sambarata	39
Gambar 12. Sebaran Data Penelitian dan penampang di daerah Tambang Binungan	40
Gambar 13. Lokasi penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb dan Muara Lasan	42
Gambar 14. Morfologi daerah penelitian	44
Gambar 15. Model struktur geologi daerah penelitian	45
Gambar 16. Diagram TPI vs GI (Diessel, 1965, 1986; Kalkruth dkk., 1989) menunjukkan Lingkungan Pengendapan batubara area Berau	49
Gambar 17. Penampakan klinker pada singkapan seam T daerah Tambang Sambarata memotong lapisan batubara secara horisontal	51
Gambar 18. Penampakan core klinker kontak dengan batubara di daerah Binungan.	52
Gambar 19. Tekstur vesikular paralava pada klinker	52
Gambar 20. Klinker pada upper zone yang memperlihatkan warna kekuningan	53
Gambar 21. Komposisi kimia mudstone, klinker, dan paralava (Graves, 2009)	55
Gambar 22. Penampang 2D pola sebaran klinker seam H daerah Sambarata	56
23. Model 3D klinker pada seam H di daerah Sambarata	56
24. Segitiga api	57
25. Mekanisme pembentukan klinker	58



Gambar 26. Tipikal proksimat pada seam klinker	62
Gambar 27. Tipikal proksimat pada seam non-klunker	62
Gambar 28. <i>Trendline</i> yang menunjukkan pengaruh moisture pada seam penelitian	63
Gambar 29. <i>Trendline</i> yang menunjukkan pengaruh <i>volatile matter</i> pada seam penelitian	64
Gambar 30. <i>Trendline</i> yang menunjukkan pengaruh <i>fixed carbon</i> pada seam penelitian	65
Gambar 31. <i>Trendline</i> yang menunjukkan pengaruh <i>Ash</i> pada seam penelitian	66
Gambar 32. <i>Trendline</i> batas zona potensi klinker dan non klinker berdasarkan komposisi <i>Moisture</i>	67
Gambar 33. Hubungan <i>Moisture</i> dengan parameter FC dan VM (A) serta <i>Ash</i> (B) ..	64
Gambar 34. Hubungan batas komposisi proksimat batubara terhadap ketebalan batubara yang berpotensi klinker	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Batubara Menurut ASTM	20
Tabel 2. Fuel Ratio Berbagai Jenis Batubara	24
Tabel 3. Komposisi Abu Dalam Batubara	26
Tabel 4. Kriteria Data yang digunakan dari hasil pemilahan data	39
Tabel 5. Pembagian satuan Geomorfologi	44
Tabel 6. Sebaran morfologi di area penelitian	45
Tabel 7. Kondisi Geologi Daerah Penelitian	47
Tabel 8. Litotipe batubara daerah penelitian	48
Tabel 9. Karakteristik Kualitas Batubara Daerah Penelitian	51
Tabel 10. Klasifikasi Peringkat Batubara (ASTM D388-05, 1996)	60
Tipikal Proksimat per seam pada kelompok seam klinker	60
Tipikal Proksimat per seam pada kelompok seam non-klunker	61



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Berau Coal adalah salah satu dari 5 (lima) besar tambang batubara di Indonesia yang dioperasikan menggunakan sistem penambangan tambang terbuka (*open pit*). Batubara di daerah penelitian memiliki karakteristik geologi yang cukup kompleks khususnya apabila dilihat dari karakteristik lapisan batubara yang multi seam yang sebagian besar berupa split seam. Berdasarkan data laporan tahunan hasil kegiatan eksplorasi dan estimasi sumberdaya PT Berau Coal tahun 2022, terdapat lebih dari 100 lapisan dan sub lapisan batubara yang terdapat di setiap blok di dalam konsesi PT Berau Coal.

Dalam upaya optimalisasi cadangan batubara yang merupakan salah satu upaya implementasi konservasi sumberdaya alam, mengharuskan kajian yang lebih detil terkait potensi-potensi bukaan tambang, baik bukaan di area baru maupun bukaan di area bekas tambang yang dianggap masih ekonomis. Dalam penambangan batubara, deviasi signifikan antara model geologi terhadap aktual bukaan tambang tidak diharapkan. Meskipun demikian, permasalahan deviasi model adalah hal yang umum terjadi sebagaimana perkataan Box (1976), seorang ahli statistik dari Inggris, "*All Models are wrong, but some are useful*". Diantara deviasi yang kerap terjadi adalah kehadiran *washout* yang salah satunya disebabkan oleh batubara yang sudah terubah menjadi klinker namun belum teridentifikasi dalam model batubara. Untuk menghasilkan model batubara yang akurat khususnya dalam hal pemodelan klinker, diperlukan metode eksplorasi yang efektif dan efisien dan hal tersebut tidak bisa dilakukan apabila tidak didasarkan pada pengetahuan dan pemahaman mengenai bagaimana karakteristik klinker terbentuk.



embentukan klinker dalam keilmuan geologi batubara adalah hal yang adi pada batubara, sebab dari sekian banyak lapisan batubara hanya lapisan batubara saja yang menjadi klinker. Tentu hal ini ditentukan oleh

banyak faktor, baik faktor kandungan mineral, faktor geometri, faktor kualitas, dan bahkan faktor lingkungan sebagai faktor eksternal turut mempengaruhi proses pembentukan klinker. Proses pembentukan klinker mirip kejadiannya dengan proses *spontaneous combustion* dimana batubara sama-sama disebabkan proses *self heating* yang akhirnya terjadi pembakaran. Batubara jenis *low rank* memiliki potensi terjadi *spontaneous combustion* yang lebih besar (Blazak, 2005). Termasuk *low rank coal* adalah batubara lignit dan sub bituminus. Berdasarkan data ESDM Minerba, jenis batubara yang paling banyak terdapat di Indonesia adalah jenis batubara kelas sub-bituminus - bituminus, sehingga potensi terbentuknya klinker akan besar terjadi pada batubara di Indonesia.

Berbagai kasus *washout* batubara akibat klinker yang kerap terjadi di lokasi tambang terbuka di area penelitian menjadi dasar utama penelitian ini dilakukan. Ketersediaan data bor dan kualitas dengan spasi bor yang sudah ditahap detil dapat dimanfaatkan untuk mendukung dalam analisis karakteristik batubara pembentuk klinker. Selain itu penulis berharap pengetahuan klinker ini dapat menjadi referensi bagi keilmuan geologi batubara agar eksplorasi dapat dilakukan efektif dan efisien untuk mengidentifikasi potensi-potensi anomali batubara di bawah permukaan agar tidak menimbulkan kerugian ketika dilakukan penambangan.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab batubara dapat menjadi klinker melalui pendekatan karakteristik geometri dan kualitas batubara.

Berdasarkan hal di atas, diharapkan hasil penelitian ini memberikan kejelasan terhadap beberapa hal berikut :

1. Bagaimana karakteristik geometri batubara dan komposisi kualitas proksimat batubara terhadap potensi terbentuknya klinker ?



Bagaimana hubungan geometri dan kualitas batubara terhadap terbentuknya klinker ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis data geometri dan kualitas batubara dari hasil pengeboran pada bukaan tambang yang terdapat kasus-kasus klinker. Analisis dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor sifat fisik batubara dan keadaan lingkungan batubara itu berada yang dapat memicu terbentuknya klinker.

Mengetahui karakteristik batubara yang berpotensi menghasilkan klinker adalah hal yang sangat penting untuk menunjang kegiatan eksplorasi yang efektif dan efisien, sehingga dapat menghasilkan model klinker yang akurat untuk dapat membantu perencanaan tambang yang lebih baik. Klinker juga dapat menjadi aset yang dapat dimanfaatkan untuk infrastruktur seperti pengerasan jalan dan lain-lain, sehingga dengan mengetahui potensi-potensi sumberdaya klinker secara kuantitas dan kualitas maka dapat berguna untuk meminimalisir biaya yang harus dikeluarkan untuk infrastruktur tambang.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis mengenai karakteristik geometri dan komposisi proksimat batubara terhadap potensi terbentuknya klinker
2. Analisis mengenai hubungan kualitas dan geometri batubara terhadap potensi terbentuk klinker

1.4 Kegunaan Penelitian

Bagi industri tambang batubara, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam memahami potensi klinker di daerah penyelidikan khususnya di wilayah Indonesia yang memiliki keumuman jenis batubara sub bituminus – bituminus, sehingga identifikasi potensi klinker pada tahap kegiatan eksplorasi dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Selain itu, klinker yang telah teridentifikasi pada tahap eksplorasi dapat mencegah timbulnya kerugian akibat *loss reserve* (kehilangan cadangan) batubara saat penambangan.



Bagi ilmu geologi secara umum, hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi ahli geologi batubara dalam melakukan studi tentang pembentukan dan formasi pembawa batubara.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian mencakup wilayah konsesi PT Berau Coal dan dianggap mewakili karakteristik batubara Formasi Latih. Parameter kualitas batubara yang diamati dalam pengaruhnya terhadap potensi terbentuknya klinker adalah komposisi proksimat batubara yang terdiri dari *Moisture (M)*, *Volatile Matter (VM)*, *Fixed Carbon (FC)*, dan *Ash Content (AC)*. Adapun geometri yang diamati adalah karakteristik fisik dan ketebalan batubara.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Daerah Penelitian

Area PT. Berau Coal terletak di Sub-Cekungan Berau (*Berau Sub-Basin*) yang merupakan anak Cekungan Tarakan (*Tarakan Basin*). Cekungan Tarakan merupakan salah satu dari tiga cekungan besar yang membangun kondisi geologi daerah Kalimantan Timur bagian Utara. Adapun sebaran ketiga cekungan utama tersebut dari Utara ke Selatan adalah : Cekungan Tarakan, Cekungan Kutai, dan Cekungan Barito (Gambar 1).

Menurut Situmorang dan Burhan (1995), secara fisiografis Cekungan Tarakan dibagian barat dibatasi oleh lapisan sedimen Pra Tersier Tinggian Kuching dan dipisahkan dari Cekungan Kutai oleh kelurusan timur – barat Tinggian Mangkalihat. Cekungan Tarakan berupa depresi berbentuk busur yang terbuka kearah timur ke arah Selat Makasar/Laut Sulawesi yang meluas ke Utara Sabah dan berhenti pada zona subduksi di Tinggian Samporna dan merupakan cekungan paling Utara di Kalimantan, sedangkan batas Selatannya adalah Pegunungan Suikerbrood dan tinggian Mangkalihat. Cekungan pembawa batubara tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.





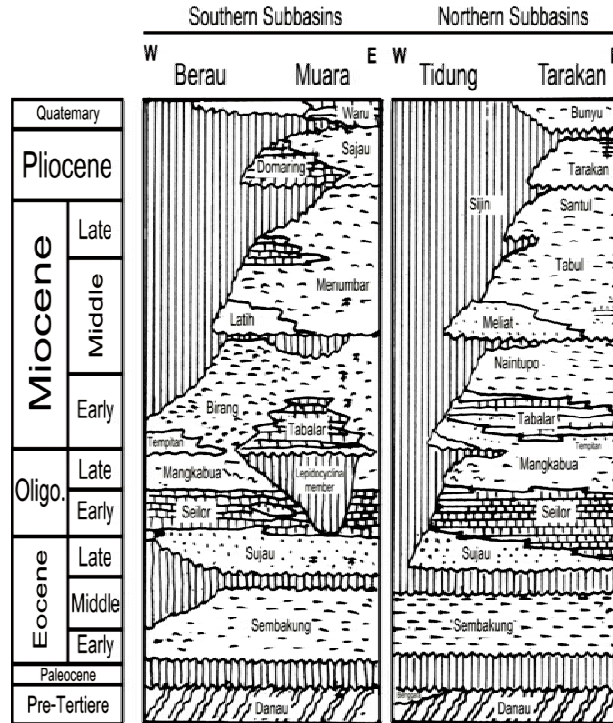
Gambar 1. Cekungan Pembawa Batubara Utama di Pulau Kalimantan (Ott, 1987)

Lingkungan pengendapan Cekungan Tarakan dimulai dari proses pengangkatan (*uplift*) yang diperkirakan terjadi pada kala Eosen sampai dengan Miosen awal bersamaan dengan terjadinya proses pengangkatan gradual pada tinggian Kuching dari barat ke timur. Pada kala Miosen Tengah terjadi penurunan (*subsidence*) pada Cekungan Tarakan, yang dilanjutkan dengan terjadi pengendapan progradasi ke arah timur dan membentuk endapan delta, yang menutupi endapan prodelta dan bathial. Cekungan Tarakan mengalami proses penurunan secara lebih aktif lagi pada kala Miosen sampai Pliosen. Proses sedimentasi delta yang tebal dengan pusat cekungan (*deposentris*) dan relatif rak ke arah timur terus berlanjut searah selaras dengan waktu.



Susunan stratigrafi Cekungan Tarakan dapat dilihat pada Gambar 2. Menurut Pertamina BPPKA (1996), ditinjau dari fasies dan lingkungan pengendapannya, Cekungan Tarakan terbagi menjadi empat Sub-Cekungan yaitu :

1. Sub-Cekungan Tidung, ini terletak paling Utara, meluas ke Sabah dan berkembang pada kala Eosen Akhir sampai Miosen Tengah. Dipisahkan dari anak Cekungan Berau disebelah Selatannya oleh Punggungan Latong.
2. Sub-Cekungan Tarakan, berkembang terutama pada daerah lepas pantai dan terisi oleh sekuen tebal sedimen darat Akhir Miosen yang tidak selaras dengan lapisan dan struktur sebelumnya.
3. Sub-Cekungan Muara, terletak di lepas pantai Tinggian Mangkaliat. Terutama mengandung terumbu dan sedimen karbonat.
4. Sub-Cekungan Berau, terletak dibagian paling Selatan Cekungan Tarakan yang berkembang dari Eosen sampai Miosen dan mempunyai sejarah pengendapan yang sama dengan Sub-Cekungan Tidung.



Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Tarakan (Achmad dan Samuel, 1984; Lentini dan Darman, 1996).



Berdasarkan Peta Geologi keluaran Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), oleh Situmorang dan Burhan (1995), Bandung pada lembar Tanjung Redeb (lembar 1918), secara regional daerah anak cekungan terdiri dari batuan sedimen, batuan gunung api dan batuan beku dengan kisaran umur dari zaman PraTersier (Kapur) hingga Kuartar. Anak Cekungan Berau dari yang tua ke muda terdiri dari Formasi Banggara (Kbs), Formasi Sambakung (Tes), Formasi Tabalar (Teot), Formasi Birang (Tomb), Formasi Latih (Tml), Formasi Tabul (Tmt), Formasi Labanan (Tmpl), Formasi Domaring (Tmpd), Formasi Sinjin (Tps), Formasi Sajau (TQps) dan Endapan aluvial (Qa). Susunan stratigrafi Cekungan Tarakan dapat dilihat pada Gambar 2, adapun peta geologi regional dan stratigrafi penyusun formasi di daerah penelitian diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

1. Formasi Bangara (Kbs) : Perselingan batulempung malih, batulempung terkersikkan, batulempung hitam bersisipan serpih dan laminasi tuff, mengandung radiolaria, satuan batuan merupakan endapan flysh. Umurnya Kapur.
2. Formasi Sembakung (Tes) : Batulempung, batulanau, dan batupasir dibagian bawah ; Batupasir kuarsa, batugamping pasiran, rijang dan tuf dibagian atas ; mengandung fosil *nummulites sp*, *Discocyclina sp*, *Operculina sp*, *Globigerina sp*, *Reusela sp*, *Nodosaria sp*, *Planulina sp*, *Amphistegina sp* dan *Borelis sp* ; Tebal satuan batuan lebih dari 1000 m, diendapkan dalam lingkungan laut, berumur Eosen.
3. Formasi Tabalar (Toet) : Napal abu – abu, batupasir, serpih, sisipan batugamping dan konglomerat alas dibagian bawah, batugamping dolomite, kalkarenit dan sisipan napal dibagian atas ; diendapkan dalam lingkungan fluviatil - laut dangkal; tebal satuan mencapai 1000 m. Umurnya Eosen – Oligosen .



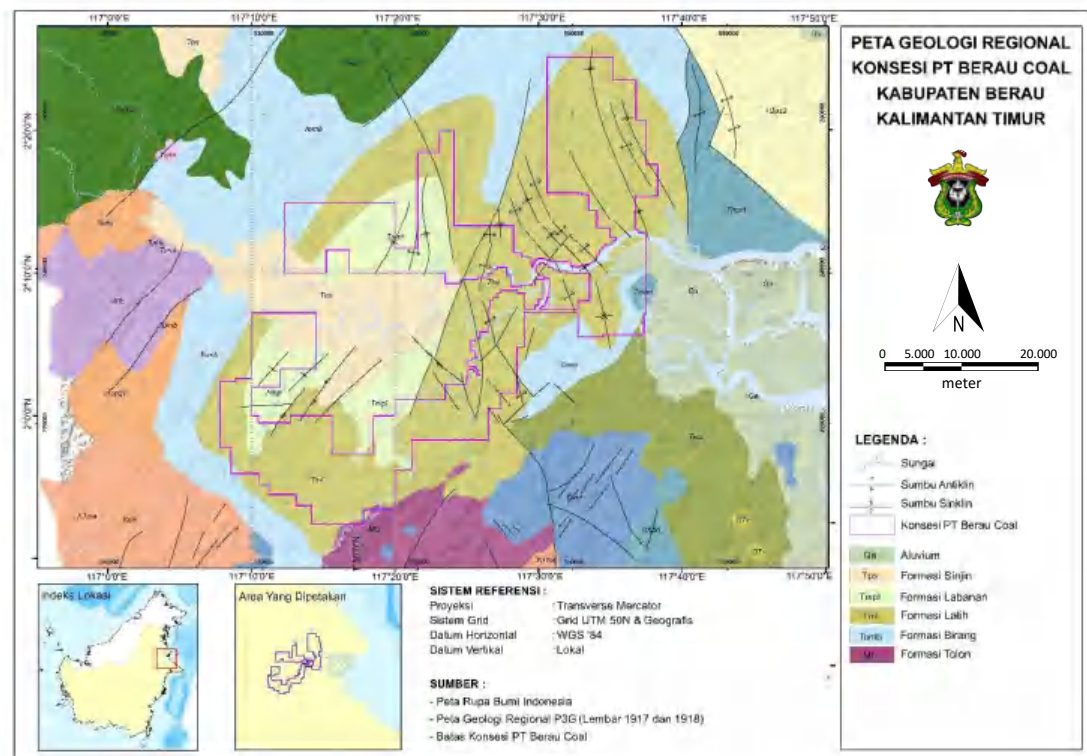
iasi Birang (Tomb) : Perselingan napal, batugamping dan tuff dibagian dan perselingan rijang, napal, konglomerat, batupasir kuarsa dan gamping dibagian bawah ; Tebal satuan batuan lebih dari 1100 m ;

mengandung fosil antara lain : *Lepidocyline ephicides*, *Spiroclypeus sp*, *Miogyopsina sp*, *Margionopora vertebralis*, *Operculina sp*, *Globigerina tripartita*, *Globoquadrina altispira*, *Globorotalia mayeri*, *Globorotalia peripheronda*, *Globigerinoides immaturus*, *Globigerinoides sacculifer*, *Pra Orbulina transitoria*, *Uvigerina sp*, *Cassidulina sp*. Kisaran Umur Oligosen – Miosen.

5. Formasi Latih (Tml) : Batupasir kuarsa, batulempung, batulanau, dan batubara dibagian atas; bersisipan serpih pasiran dan batugamping dibagian bawah. Lapisan batubara (0,2 – 5,5 m), berwarna hitam, coklat; tebal satuan batuan kurang lebih 800 m, diendapkan dalam lingkungan delta, estuarin dan laut dangkal; mengandung fosil antara lain : *Pra Orbulina glomerosa*, *Pra Orbulina transitoria*; berumur Miosen Awal – Miosen Tengah.
6. Formasi Tabul (Tmt) : Terdiri dari batupasir, batulempung konglomerat dan sisipan batubara ; mengandung *Operculina sp*, tebal satuan kurang lebih 1050 m. Satuan batuan merupakan endapan regresif delta. Umurnya Miosen Akhir.
7. Formasi Labanan (Tmpl) : Perselingan konglomerat aneka bahan, batupasir, batulanau, batulempung disisipi batugamping dan batubara. Lapisan batubara (0,2 – 1,5 m) berwarna hitam, coklat. Tebal satuan lebih kurang 450 m, diendapkan dalam lingkungan fluviatil. Umurnya Miosen Akhir – Pliosen.
8. Formasi Domaring (TmPd) : Batugamping terumbu, batugamping kapuran, napal dan sisipan batubara muda ; diendapkan dalam lingkungan rawa litoral. Tebalnya mencapai 1000 m, berumur Miosen Akhir – Pliosen.
9. Formasi Sinjin (Tps) : Perselingan tuf, aglomerat, lapili, lava andesit piroksen, tuf terkersikan, batulempung tufaan dan kaolin, mengandung lignit, kuarsa, feldspar, dan mineral hitam. Tebal satuan batuan lebih dari 500m.
10. Formasi Sajau (TQps) : Perselingan batulempung, batulanau, batupasir, konglomerat, disisipi batubara, mengandung moluska, kuarsit dan mika ; menunjukkan struktur silang siur dan laminasi. Lapisan batubara (0,2 – 1 m) berwarna hitam, coklat. Tebal satuan batuan lebih kurang 775 m. Diendapkan dalam lingkungan fluviatil dan delta.



11. Endapan Aluvial (Qa) : Lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan gambut berwarna kelabu sampai kehitaman, tebalnya lebih dari 40 m.



Gambar 3. Peta Geologi Regional Daerah Berau Lembar 1917 dan 1918 P3G
(Situmorang & Burhan, 1995)

MASA	ZAMAN	KALA	UMUR (Milyun tahun)	ENDAPAN PERMUKAAN	BATUAN SEDIMEN	BATUAN GUNUNG API	BATUAN TEROBOSAN
KENOZOIKUM	KUATER	Holosen		Qa	Qi		
			0.01				
		PLEISTOSEN			Taps		
		Akhir					
	TERSIER	Tengah					
		Awal					
		PLIOSEN	1.6			Tps	
			5.3				
		MIOSEN	11		Tmt, Tmpl, Tmpd		
		Tengah	16.2				
		Awal	23		Tmi		Toni
		OLIGOSEN	36		Tomb		
MESOZOIKUM	KAPUR	EOSEN	53		Teot	Tonj	
		PALEOSEN	85		Tes		
					Kbs		
		Akhir	95				
		Awal	135				

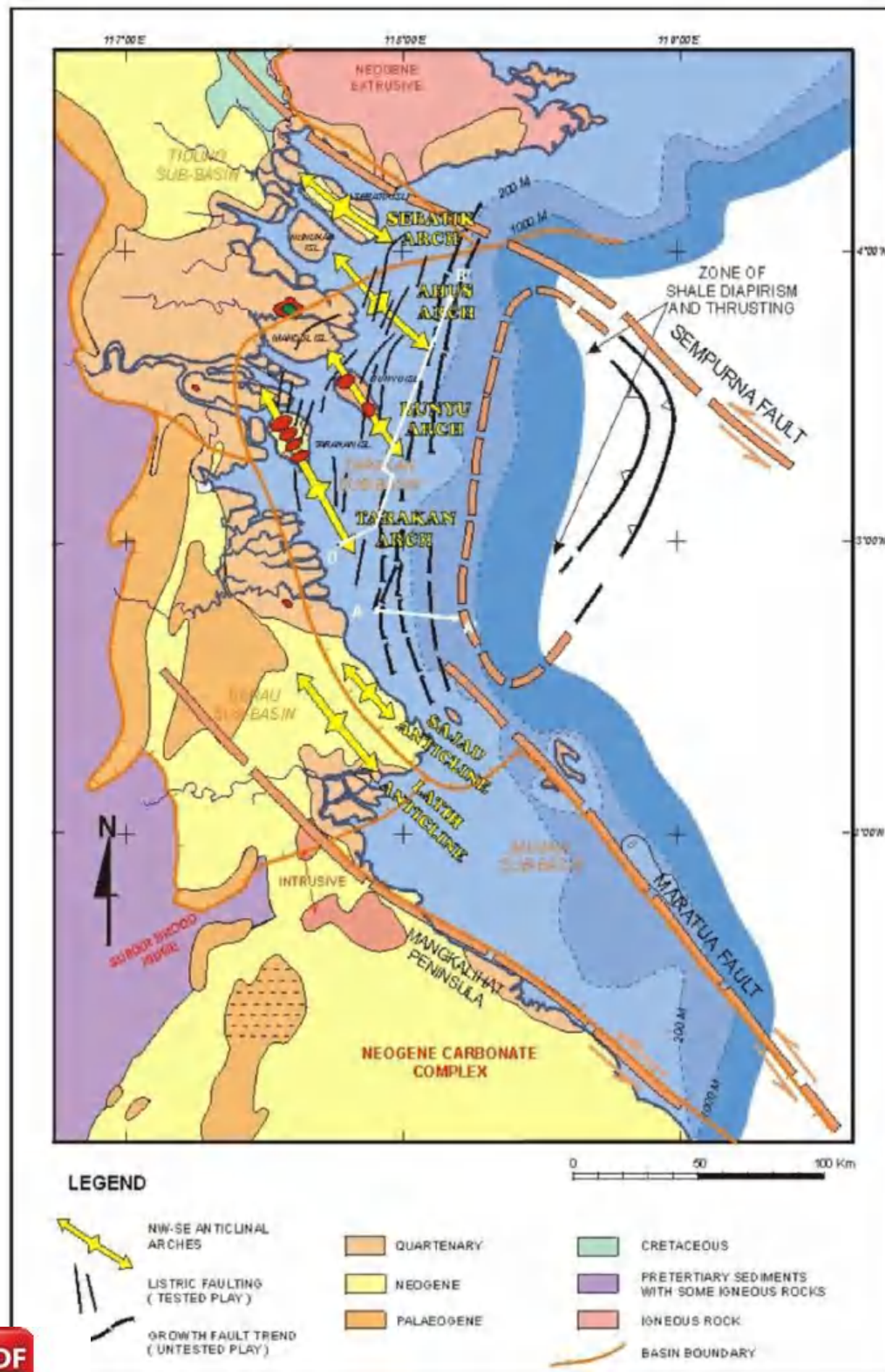


bar 4. Kolom Stratigrafi Daerah Berau (Situmorang & Burhan, 1995)

2.2 Struktur Geologi

Struktur utama di Cekungan Tarakan adalah lipatan dan sesar yang umumnya berarah Baratlaut-Tenggara dan Timurlaut-Baratdaya. Terdapat pola deformasi struktur yang meningkat terutama sebelum Miosen Tengah bergerak ke bagian Utara cekungan. Struktur-struktur di Sub-Cekungan Muara dan Berau mengalami sedikit deformasi, sementara di Sub-Cekungan Tarakan dan Tidung lebih intensif terganggu (Ahmad & Samuel, 1984). Sub-Cekungan Berau dan Muara didominasi oleh struktur struktur regangan yang terbentuk oleh aktifitas tektonik semasa Paleogen, sementara intensitas struktur di Sub-Cekungan Tarakan dan Tidung berkembang oleh pengaruh berhentinya peregangan di Laut Sulawesi yang diikuti oleh aktifitas sesar-sesar mendatar di fasa akhir tektonik Tarakan (Fraser & Ichram, 1999). Struktur Regional Cekungan Tarakan diperlihatkan pada Gambar 5.





Bar 5. Struktur regional Cekungan Tarakan (Pertamina BEICIP, 1992; Netherwood & Weight, 1993; Situmorang & Buchan, 1992)



Di Cekungan Tarakan terdapat 3 *synistral wrench fault* yang saling sejajar dan berarah Baratlaut-Tenggara, yaitu:

1. Sesar Semporna yaitu sesar mendatar yang berada di bagian paling Utara, memisahkan kompleks vulkanik Semenanjung Semporna dengan sedimen neogen di Pulau Sebatik.
2. Sesar Maratua sebagai zona kompleks transpresional membentuk batas Sub-Cekungan Tarakan dan Muara.
3. Sesar Mangkalihat Peninsula, yang merupakan batas sebelah Selatan Sub-Cekungan Muara bertepatan dengan garis pantai Utara Semenanjung Mangkalihat dan merupakan kemenerusan dari Sesar Palu-Koro di Sulawesi

Struktur sesar tumbuh (*growth fault*) paling umum terdapat di Sub-Cekungan Tarakan dengan arah Utara-Baratlaut (di Selatan) dan Timurlaut (di Utara) dengan perubahan trend yang diperlihatkan oleh perubahan orientasi garis pantai pada mulut Sungai Sesayap, dari Utara-Baratlaut di Selatan Pulau Tarakan ke arah Timurlaut di Utara Pulau Bunyu (Wight et al, 1993). Kelompok sesar yang berarah Utara lebih menerus dan mempunyai *offset* terbesar.

Di daerah daratan (*onshore*), yang melingkupi sub-Sub-Cekungan Tidung, Berau, dan Tarakan, peta geologi permukaan menunjukkan adanya 2 rejim struktur yang berbeda antara daerah Sekatak-Bengara (Sub-Cekungan Berau) dengan daerah Simenggaris (Sub-Cekungan Tarakan). Di Sekatak-Bengara sesar-sesar turun dan mendatar berarah Utara dan Baratlaut mendominasi terutama karena yang tersingkap di permukaan umumnya adalah endapan-endapan paleogen. Sementara di daerah Simenggaris sesar-sesar turun dan mendatar berarah Timurlaut mendominasi permukaan geologi yang ditempati oleh endapan-endapan Neogen.

Di sebelah timur Pulau Tarakan terdapat trend struktur sesar tumbuh yang berarah Utara-Selatan dan makin ke timur lagi terdapat zone shale diapir dan

Jalur seismik regional yang menerus sampai ke lepas pantai hatkan tipe struktur dari rejim ekstensional dan sistem sesar Utara-ersebut. Progradasi delta ke arah timur dan forced-regression selama



turunnya muka laut mengendapkan batuan reservoir di daerah lereng kontinental dalam suatu rejim Sesar-Anjak di muka delta (*toe-thrusting system*).

Selain struktur sesar, di Cekungan Tarakan berkembang 5 buah arch (busur) atau antiklin besar terutama di bagian barat. Dari Utara ke Selatan busur-busur tersebut dinamakan Busur Sebatik, Ahus, Bunyu, Tarakan dan Latih. Busur-busur tersebut sebenarnya adalah tekukan menunjam (*plunging flexure*) yang besar berarah Tenggara dibentuk oleh transpresi Timurlaut-Baratdaya dan berorientasi Utara Baratlaut – Selatan Tenggara. Umur dari kompresi makin muda ke arah Utara. Intensitas lipatan juga meningkat ke arah Utara dimana busur yang makin besar di lepas pantai menghasilkan lipatan yang tajam dan sempit di daratan, yaitu di daerah Simenggaris.

Busur Latih dan antiklin-antiklin kecil yang berkembang di bagian Selatan dari Cekungan Tarakan (Sub-Cekungan Muara) juga mempunyai orientasi Baratlaut Tenggara. Antiklin-antiklin minor di Selatan ini merupakan struktur inversi, dimana di bagian intinya ditempati oleh lempung laut dalam Eosen sampai Miosen Akhir dan batugamping turbidit yang ketat (Wight et al, 1992).

2.3 Geologi Batubara

Batubara adalah bagian dari batuan sedimen. Batubara terbentuk dari hasil akumulasi tumbuh-tumbuhan di suatu lingkungan pengendapan tertentu. Akumulasi tersebut dipengaruhi oleh proses *syn sedimentasi* dan *post sedimentasi* sehingga menghasilkan batubara dengan peringkat yang berbeda dan tingkat kompleksitas struktural yang berbeda dan kedua faktor tersebut memiliki kaitan yang erat.

Sukandarrumidi (1995) mengatakan bahwa batubara merupakan bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari proses penggabutan dan pembatubaraan di dalam suatu cekungan (daerah rawa) dalam jangka waktu geologi yang meliputi aktivitas bio-geokimia terhadap akumulasi flora di alam yang mengandung selulosa dan lignin. Proses pembatubaraan juga dibantu oleh tekanan (berhubungan dengan kedalaman), dan suhu (berhubungan dengan kadar air dalam batubara).



Batubara dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas di dalam bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras (Mutasim, 2010).

Batubara dikenal juga sebagai “emas” hitam sebagaimana yang dikutip oleh Irwandy (2014). Masyarakat mengenalnya sebagai batu hitam yang bisa terbakar. Hal itu tidak salah karena tampilan dilapangan menunjukkan perbedaan kontras antara batubara dan batuan sekitarnya. Batubara didefinisikan oleh beberapa ahli dan memiliki banyak pengertian di berbagai buku atau referensi. Di komunitas industri, definisi ini lebih spesifik lagi, yaitu batuan yang pada tingkat kualitas tertentu memiliki nilai ekonomi.

Elliot (1981) yang merupakan ahli geokimia batubara, berpendapat bahwa batubara merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Zat lain, yaitu senyawa anorganik pembentuk *Ash* (debu), tersebar sebagai partikel zat mineral yang terpisah di seluruh senyawa batubara. Secara ringkas, batubara bisa didefinisikan sebagai batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna cokelat tua sampai hitam, dapat terbakar, yang terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisik.

Menurut Miller (2005), batubara ditemukan dalam endapan yang disebut lapisan yang berasal dari akumulasi vegetasi yang telah mengalami perubahan fisik dan kimia. Perubahan-perubahan ini termasuk pembusukan vegetasi, pengendapan dan penguburan oleh sedimentasi, pemadatan, dan transformasi sisa-sisa menjadi batuan organik yang ditemukan saat ini. Batubara memiliki stik yang berbeda-beda di seluruh dunia dalam jenis bahan tanaman yang



disimpan (jenis batubara), dalam tingkat metamorfisme atau batubara (peringkat batubara), dan dalam kisaran kotoran yang termasuk (kadar batubara).

2.3.1 Pembentukan Batubara

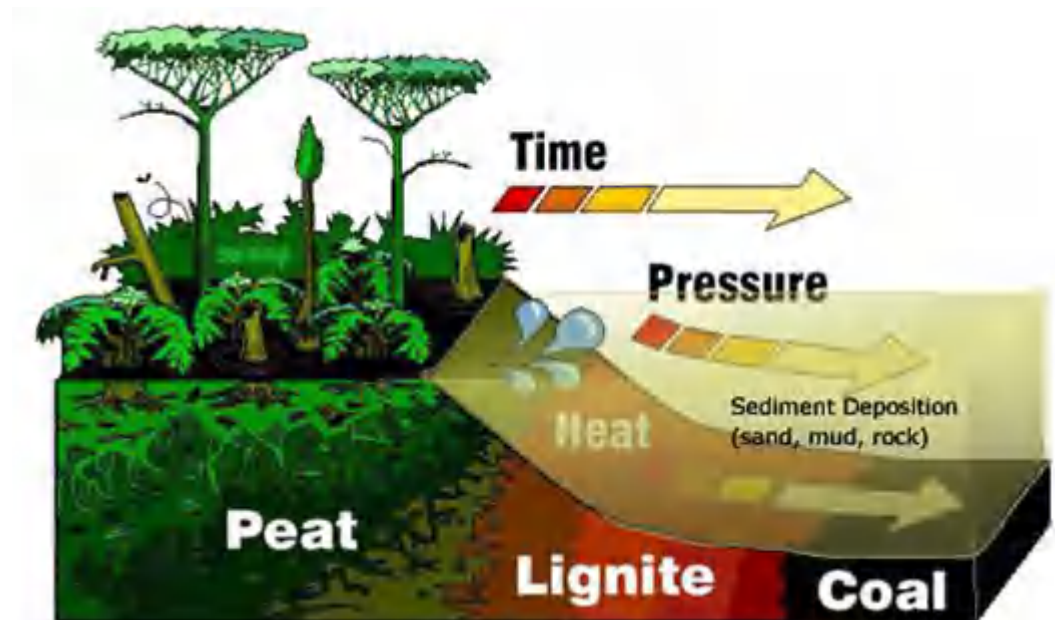
Menurut Sukandarrumidi (2018), batubara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang sudah mati, dengan komposisi terdiri dari cellulose. Proses pembentukan batubara, dikenal sebagai proses pembatubaraan atau coalification. Faktor fisika dan kimia yang ada di alam akan mengubah cellulose menjadi lignit, subbituminus, bituminus, atau antrasit. Senyawa gas metan (CH_4) pada lignit jumlahnya relative lebih sedikit dibandingkan dengan pada bitumina, semakin banyak CH_4 lignit semakin baik kualitasnya

Proses pembentukan batubara dari gambut hingga menjadi batubara dapat dilihat pada Gambar 6. Proses pembentukan batubara terdiri atas dua tahap, yaitu:

1. Tahap biokimia (penggambutan) adalah tahap ketika sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (anaeorobik) didaerah rawa dengan sistem penisiran (*drainage system*) yang buruk dan selalu tergenang air beberapa inci dari permukaan air rawa. Material tumbuhan yang busuk tersebut melepaskan unsur H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO_2 , H_2O dan NH_3 untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobic dan fungi, material tumbuhan itu diubah menjadi gambut. (Stach, 1982, opcit. Susilawati 1992).
2. Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan proses diagenesis terhadap komponen organik dari gambut yang menimbulkan peningkatan temperatur dan tekanan sebagai gabungan proses biokimia, kimia dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan sedimen yang menutupinya dalam kurun waktu geologi. Pada tahap tersebut, persentase karbon akan meningkat, sedangkan persentase hidrogen dan oksigen akan berkurang sehingga menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat aturitas material organikya (Susilawati, 1992). Teori yang menerangkan rjadinya batubara yaitu :



- a. Teori In-situ yaitu Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan ditempat dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di hutan basah dan berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati dan roboh, langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut dan sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami pembusukan secara sempurna dan akhirnya menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik.
- b. Teori Drift yaitu Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan ditempat dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di delta mempunyai ciri-ciri lapisannya yaitu tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*), banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi).



6. Proses Pembentukan Batubara (Grab et al., 2006 dalam Flores, 2014)

2.3.2. Jenis dan Klasifikasi Batubara

Batubara terdiri dari beberapa jenis berdasarkan kualitasnya yang secara umum diklasifikasikan menjadi empat kelas utama menurut standar ASTM (Kirk-Othmer, 1979) atau lima kelas jika dimasukkan peat atau gambut sebagai jenis batubara yang paling muda (Larsen, 1978). Jenis batubara tersebut dari urutan kualitas rendah ke kualitas tinggi adalah sebagai berikut :

1. Gambut/ Peat

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

2. Lignit

Lignit sering disebut juga brown-coal karena warnanya masih kecoklatan. 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 terbatas hanya sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik pada jenis boiler tertentu saja.

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 temperatur yang tidak terlalu tinggi. Subbituminous umum digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga uap. Subbituminous juga merupakan sumber bahan baku yang penting dalam pembuatan hidrokarbon aromatis dalam industri kimia sintetis.



nus

s merupakan mineral padat, berwarna hitam dan kadang coklat tua, (ittle) dengan membentuk bongkah-bongkah prismaik berlapis dan tidak

mengeluarkan gas dan air bila dikeringkan sering digunakan untuk kepentingan transportasi dan industri 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 industri besar yang memerlukan temperatur tinggi.

Klasifikasi ini dikembangkan di Amerika oleh Bureau of Mines yang akhirnya dikenal dengan Klasifikasi menurut ASTM D388 (2005) (*American Society for Testing and Material*). Klasifikasi ini berdasarkan rank dari batubara itu atau berdasarkan derajat metamorfismenya atau perubahan selama proses coalifikasi (mulai dari lignite hingga antrasit). Untuk menentukan rank batubara diperlukan data *Fixed Carbon* (dmmf), *Volatile Matter* (dmmf) dan nilai kalor dalam Btu/lb dengan basis mmmf (moist, mmf). Cara pengklasifikasian dapat dilihat pada tabel 1.



Tabel 1. Klasifikasi batubara menurut ASTM D388-05 (1996)

Classification of coals by Rank ^A (the American Society for Testing and Materials)									
Class/Group	Fixed Carbon Limits (Dry, mineral-matter-free basis), %		Volatile Matter Limits (Dry, mineral-matter-free basis), %		Gross Caloric Value Limits (Moist ^B , Mineral-Matter-Free Basis)				Agglomerating Character
					Btu/lb		Mj/kg ^C		
	Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
Anthracitic									nonagglomerating
Meta-anthracite	98	...	...	2	...	...	...	...	
Anthracite	92	98	2	8	...	...	...	...	
Semianthracite ^D	86	92	8	14	...	...	...	...	
Bituminous									commonly agglomerating ^E
Low Volatile Bituminous Coal	78	86	14	22	...	...	...	...	
Medium Volatile Bituminous Coal	69	78	22	31	...	...	...	...	
High Volatile A Bituminous Coal	...	69	31	...	14000 ^F	...	32.6	...	
High Volatile B Bituminous Coal	...	...	...	...	13000 ^F	14000	30.2	32.6	
High Volatile C Bituminous Coal	...	...	...	...	11500	13000	26.7	30.2	agglomerating
					10500	11500	24.7	26.7	
Subbituminous									nonagglomerating
Subbituminous A Coal	...	...	...	...	10500	...	...	...	
Subbituminous B Coal	...	...	...	...	9500	...	...	...	
Subbituminous C Coal	...	...	...	...	8300	...	...	...	
Lignitic									nonagglomerating
Lignite A	...	...	...	...	6300 ^G	8300	14.7	19.3	
Lignite B	...	...	...	...	...	6300	...	14.7	

^A This classification does not apply to certain coals

^B st refers to coal containing its natural inherent but not including visible water on the surface of the coal

^C ajoules per kilogram. To convert British thermal units per pound to megajoules per kilogram, multiply by 0.002326

^D glomerating that there may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and that there are notable exceptions in the high volatile C bituminous group

^E s having 69% or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of gross caloric value

^F orial corrected



- Untuk batubara dengan kandungan VM lebih kecil dari 31% maka klasifikasi didasarkan atas FC nya, untuk ini dibagi menjadi 2 group, yaitu:
 1. Grup Antrasit, dibagi menjadi :
 - a. Meta antrasit, nilai FC lebih besar dari 98%
 - b. Antrasit, nilai FC antara 92-98%
 - c. Semiantrasit, nilai FC antara 86-92%
 2. Grup Bituminus, dibagi menjadi :
 - a. Bituminus low volatile, nilai FC antara 78-86%
 - b. Bituminus medium volatile, nilai FC antara 69-78%
- Untuk batubara dengan kandungan VM lebih besar dari 31%, maka klasifikasi didasarkan atas nilai kalornya dengan basis mmmf. Untuk ini dibagi menjadi 3 Grup, yaitu :
 1. Grup Bituminus, dibagi menjadi :
 - a. Bituminus High Volatile A, nilai CV ≥ 14.000 Btu/lb (7778 Kkal/kg)
 - b. Bituminus High Volatile B, nilai CV antara 13.000- 14.000 Btu/lb (7222 - 7778 kkal/kg)
 - c. Bituminus High Volatile C, nilai CV 10500 – 13000 Btu/lb (5800 - 7222 Kkal/kg)
 2. Grup Sub Bituminus, dibagi menjadi :
 - a. Sub Bituminus A, nilai CV ≥ 10500 Btu/lb (5800 Kkal/kg)
 - b. Sub Bituminus B, nilai CV ≥ 9500 Btu/lb (5278 Kkal/kg)
 - c. Sub Bituminus C, nilai CV ≥ 8300 Btu/lb (4611 Kkal/kg)
 3. Grup Bituminus, dibagi menjadi :
 - a. Lignit A, nilai CV 6300 – 8300 Btu/lb (3500 – 4611 Kkal/kg)
 - b. Ligit B, nilai CV < 6300 Btu/lb (3500 kkal/kg)



2.3.3 Kualitas batubara

Batubara merupakan bahan mineral yang heterogen baik secara kimia maupun fisika, yang tersusun dari unsur utama karbon, hidrogen, oksigen, sedikit kandungan sulfur dan nitrogen. Tingkat pembatubaraan secara umum dapat dihubungkan dengan mutu atau kualitas batubara. Kualitas batubara dilihat dari semakin tingginya tingkat pembatubaraan maka kadar karbon akan meningkat sedangkan kadar hydrogen, oksigen, dan sulfur akan berkurang. Karbon pada batubara membentuk lebih dari 50% berat dan 70% volume (termasuk *Moisture*). *Moisture* yang dimaksud adalah air yang terperangkap diantara partikel-partikel batubara. Batubara dengan tingkat pembatubaraan yang rendah, disebut juga batubara peringkat rendah, seperti lignit dan sub-bituminus biasanya lebih lembut dengan materi yang rapuh dan berwarna suram seperti tanah, memiliki *Moisture* yang tinggi dan kadar karbon yang rendah, sehingga memiliki kandungan energi yang rendah. Semakin tinggi peringkat batubara, umumnya akan semakin keras dan kompak, serta warnanya akan semakin hitam mengkilat. Selain itu, kelembaban batubara pun akan berkurang sedangkan kadar karbonnya akan meningkat, sehingga memiliki kandungan energi yang juga semakin besar.

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

1. *Moisture*

Kandungan *Moisture* pada batubara dapat mempengaruhi kegiatan pembatubaraan mulai dari eksplorasi, penanganan, penyimpanan, penggilingan hingga pembakaran. Berikut ini pengaruh *Moisture* pada batubara, yaitu :

- a. Kandungan *Moisture* tinggi dapat meningkatkan biaya transportasi, penanganan, dan peralatan.
 - b. Semakin tinggi air di permukaan batubara akan semakin rendah daya gerus
- ling mill yang menggerusnya.
- Kandungan *Moisture* akan mempengaruhi jumlah pemakaian udara primer. batubara dengan kandungan *Moisture* tinggi akan membutuhkan udara



primer lebih banyak untuk mengeringkan batubara tersebut pada suhu keluar mill tetap.

Kandungan *Moisture* merupakan air pada batubara yang terdapat di dalam batubara maupun yang terurai dari batubara apabila dipanaskan sampai kondisi tertentu akibat terjadinya oksidasi. *Moisture* dalam batubara berada dalam beberapa bentuk berbeda yaitu air bebas di permukaan, air yang terkondensasi di kapiler, air yang terserap, air yang terikat dengan gugus polar kation, dan air yang timbul akibat dekomposisi kimia baik material organik maupun inorganik (Suuberg et al, 1993).

2. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat Terbang atau *Volatile Matter* (VM) merupakan zat aktif yang menghasilkan energi panas apabila batubara tersebut dibakar. Umumnya terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti Hidrogen, Karbon Monoksida (CO) dan Metan (CH₄). *Volatile Matter* sangat erat kaitannya dengan rank batubara, makin tinggi kandungan VM makin rendah kelasnya. Dalam pembakaran batubara dengan VM tinggi akan mempercepat pembakaran karbon tetap (*Fixed Carbon/FC*) dan intensitas nyala api. Sebaliknya bila VM rendah mempersulit proses pembakaran. Kesempurnaan pembakaran ditentukan oleh Fuel Ratio, dimana semakin tinggi nilai fuel ratio, maka jumlah karbon yang tidak terbakar dalam batubara juga semakin banyak. Apabila perbandingan tersebut nilainya lebih dari 1,2 maka pengapiannya akan kurang bagus. Hal tersebut mengakibatkan kecepatan pembakaran akan menurun. Nisbah kandungan karbon (*Fixed Carbon*) terhadap kandungan zat terbang (fuel ratio) dari berbagai jenis batubara dapat dilihat dalam Tabel 2.



Tabel 2. Fuel Ratio Berbagai Jenis Batubara (Sukandarrumidi, 1995)

Jenis Batubara	Fuel Ratio
Coke	92
Antrasit	24
Semi Antrasit	8.6
Bitumen :	
• Low Volatile	2.8
• Medium Volatile	1.9
• High Volatile	1.3
Lignit	0.9

Zat Terbang (*Volatile Matter* atau VM) merupakan kuantitas sejumlah senyawa-senyawa yang mudah menguap. Senyawa volatile ini berperan sebagai pematik proses terbakarnya batubara. Semakin sedikitnya senyawa volatile pada batubara, maka akan semakin sulit batubara terbakar meskipun batubara tersebut memiliki *Fixed Carbon* yang besar.

3. Karbon Tetap (*Fixed Carbon/ FC*)

Fixed Carbon merupakan kandungan utama dari batubara. Hal tersebut dikarenakan kandungan *Fixed Carbon* paling berperan dalam menentukan besarnya heating value suatu batubara. Kandungan *Fixed Carbon* yang semakin banyak, maka akan memperbesar heating value-nya. Nilai kadar karbon diperoleh melalui pengurangan angka 100 dengan jumlah kadar *Moisture* (kelembaban), kadar abu, dan jumlah zat terbang. Nilai kadar karbon semakin bertambah seiring dengan tingkat pembatubaraan. Nilai kadar karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai fuel ratio.



Kadar Karbon Tetap (FC) adalah karbon yang terdapat dalam batubara tanpa zat padat/ karbon yang tertinggal sesudah penentuan nilai zat terbang melalui pengeluaran zat terbang dan kadar air, maka karbon tertambat

secara otomatis sehingga akan naik. Dengan begitu makin tinggi nilai karbonnya, maka peringkat batubara meningkat.

4. Nilai Kalor (Calorific Value/ CV)

Nilai Kalor (CV) adalah penjumlahan dari harga-harga panas pembakaran unsur-unsur pembentuk batubara. Nilai kalor sangat berpengaruh terhadap pengoperasian pulverizer/ mill pipa batubara, dan windbox, serta burner.

Nilai CV yang semakin tinggi maka aliran batubara setiap jam-nya semakin rendah sehingga kecepatan coal feeder harus disesuaikan. Sedangkan batubara dengan kadar kelembaban dan tingkat ketergerusan yang sama, maka dengan CV yang tinggi menyebabkan pulverizer akan beroperasi di bawah kapasitas normalnya atau dengan kata lain operating ratio-nya menjadi lebih rendah.

5. Kadar Abu (Ash Content, satuan persen)

Komposisi batubara bersifat heterogen yang terdiri dari zat organik (lignin-selulosa-humus) maupun anorganik (besi, silika, aluminium, magnesium, dll) yang bercampur dengan batuan sedimen lain disekitarnya selama proses pembatubaraan berlangsung. Bila dibakar, senyawa anorganik diubah menjadi senyawa oksida dalam bentuk abu.

Abu merupakan komponen yang terkandung pada batubara yang tidak dapat terbakar. Pada umumnya abu ini berupa mineral yang berasal dari dalam tanah. Kandungan abu akan terbawa bersama gas pembakaran melalui ruang bakar dan daerah konversi dalam bentuk abu terbang (*fly Ash*) yang jumlahnya mencapai 80% dan abu dasar sebanyak 20%. Kadar abu ini sangat berpengaruh terhadap tingkat pencemaran udara serta mengakibatkan terjadinya hujan asam (kontak abu yang mengandung SO_2 dengan air hujan) yang menyebabkan korosif pada peralatan (Sukandarrumidi, 2005). Senyawa abu yang dihasilkan dari pembakaran batubara tersebut antara lain SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Mn_3O_4 , CaO , Fe_2O_3 ,

O , Na_2O , P_2O , dan SO_3 , yang dimana kadar abu batubara di Indonesia sekitar 15-20%. Kadar abu untuk lignite, bitumin atau subbitumin an dalam Tabel 3.



Tabel 3. Komposisi Abu Dalam Batubara berdasarkan ASTM C618 – 92a (1994)

Komponen	Kelas Batubara		
	Lignite	Bituminous	Sub - bituminous
SiO ₂	15-45%	20-60%	40-60%
Al ₂ O ₃	10-25%	5-35%	20-30%
Fe ₂ O ₃	4-15%	10-40%	4-10%
CaO	15-40%	1-12%	5-30%
MgO	3-10%	0.1-5%	1-6%
SO ₃	0.1-10%	0.1-4%	0.1-2%
Na ₂ O	0.1-6%	0.1-4%	0.1-2%
K ₂ O	0.1-4%	0.1-3%	0.1-4%

2.3.4 Proses Pembakaran Pada Batubara

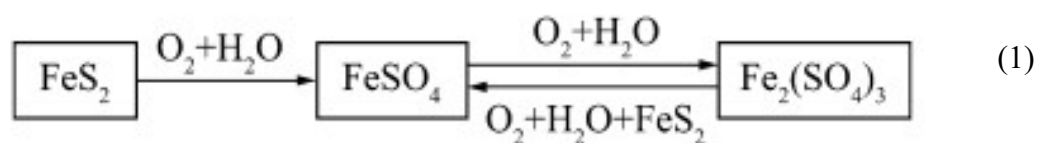
Batubara memiliki sifat *self heating*. Akibat proses *self heating* ini menyebabkan batubara bisa mengalami pembakaran baik ketika di permukaan (*spontaneous combustion*) maupun ketika masih di bawah permukaan (*insitu*). Kejadian batubara terbakar secara spontan disebut sebagai *spontaneous combustion*. *Spontaneous combustion* merupakan hal yang umum terjadi pada batubara. *Spontaneous combustion* paling umum terjadi pada batubara peringkat 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 batubara tersebut. Namun untuk terjadi *spontaneous combustion* pada batubara, maka dibutuhkan pemicu dari unsur lain, diantara yang paling umum

adalah kandungan sulfur dan *Moisture*. Menurut Singer (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 batubara (Martinez, 2009 dan Garcia, 1999). Hal ini yang menyebabkan terjadi *spontaneous combustion*. Pirit dalam batubara dapat menyerap oksigen dan melepaskan panas yang menyebabkan inflasi batubara sehingga mempercepat proses oksidasi. Selama terjadi oksidasi pirit, akan dihasilkan asam sulfat (H₂SO₄). Unsur H⁺ dalam asam sulfat dapat menyerap massa molekul O₂, membentuk film cair yang kaya oksigen (Li S., 2008). Artinya unsur H⁺ dengan konsentrasi yang sesuai dapat meningkatkan reaksi oksidasi.

Proses reaksi kimia *spontaneous combustion* adalah sebagai berikut :



Pembentukan batuan ubahan berbetuk lelehan pada batubara *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 batubara, 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 7.





Gambar 7. Singkapan Paralava dan Klinker di Sungai Kuning, Propinsi Shanxi, China (Grapes et al., 2009)

