

**ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN KUALITAS  
LAPISAN BATUBARA M2 PADA FORMASI MUARA ENIM  
PIT SJS PT.BUKIT ASAM Tbk., SUMATERA SELATAN**  
(Skripsi)

Oleh

**Trias Annisa Fara**  
**1955051007**



**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA**  
**UNIVERSITAS LAMPUNG**  
**2023**

**ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN KUALITAS LAPISAN  
BATUBARA M2 PADA FORMASI MUARA ENIM PIT SJS PT.BUKIT  
ASAM Tbk., SUMATERA SELATAN**

**Oleh  
TRIAS ANNISA FARA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada  
Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2023**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN KUALITAS LAPISAN BATUBARA M2 PADA FORMASI MUARA ENIM PIT SJS PT.BUKIT ASAM Tbk., SUMATERA SELATAN**

**Oleh :**

**Trias Annisa Fara**

Batubara merupakan salah satu jenis fosil yang terbentuk selama ratusan juta tahun. dan berasal dari endapan organik pada eksplorasi batubara. Metode well *logging* merupakan salah satu metode yang tepat untuk digunakan, karena metode ini mampu memperkirakan kondisi struktur bawah permukaan. Analisis elektrofases merupakan suatu motif atau pola *log* terutama pola *log gamma ray* yang bertujuan untuk menentukan fasies pengendapan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kualitas batubara berdasarkan nilai proksimat pada setiap seam, mengetahui karakteristik batubara pada daerah penelitian berdasarkan nilai TPI dan GI, serta mengetahui lingkungan pengendapan lapisan batubara berdasarkan analisa elektrofases pada setiap sumur. Penelitian ini menggunakan 4 data sumur bor dan memiliki 3 jenis seam yaitu, Seam B2, Seam C, dan Seam D. Penentuan lingkungan pengendapan divalidasi dengan melihat lapisan litologi dan perhitungan nilai TPI dan GI sebagai data pendukung sehingga disimpulkan bahwa batubara daerah penelitian terletak pada 2 lingkungan pengendapan yaitu, *Lower Delta Plain* dan *Transitional Lower Delta Plain* dengan peringkat seam *Subbituminous A*.

Kata Kunci : Batubara, Elektrofases, Lingkungan Pengendapan, *Well Logging*.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF DEPOSIT ENVIRONMENT AND COAL SEED QUALITY IN MUARA ENIM PIT SJS PT. BUKIT ASAM Tbk., SUMATERA SELATAN**

**By :**

**Trias Annisa Fara**

The fossilized material known as coal was created from biological deposits over the course of hundreds of millions of years. In coal exploration, the well logging method is one of the appropriate methods to use, because this method can estimate the condition of the subsurface structure. Electrofacies analysis is a log motif or pattern, especially the gamma-ray log pattern which aims to determine the depositional facies. This research was conducted to determine the quality of coal based on the proximate value of each seam, the characteristics of coal in the study area based on TPI and GI values, and the depositional environment of the coal seams based on electrofacies analysis in each well. This study used 4 drilled wells and had 3 types of seams, including Seam B2, Seam C, and Seam D. The determination of the depositional environment was validated by looking at the lithology layer and calculating the TPI and GI values as supporting data, thus The Lower Delta Plain and Transitional Lower Delta Plain were determined to be the two depositional environments where the coal of the research area was found, with a Subbituminous seam rating of A.

**Keywords:** Coal, Electrofacies, Precipitation Environment, Well Logging.

Judul Skripsi

: **ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN KUALITAS LAPISAN BATUBARA M2 PADA FORMASI MUARA ENIM PIT SJS PT.BUKIT ASAM Tbk., SUMATERA SELATAN**

Nama Mahasiswa

: **Trias Annisa Fara**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1955051007**

Program Studi

: **Teknik Geofisika**

Fakultas

: **Teknik**



Pembimbing I

Pembimbing II

**Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.**

**NIP 19661222 199603 1 001**

**Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU.**

**NIP 19711210 199702 1 001**

**2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika**

**Karyanto, S.Si., M.T.**

**NIP 19691230 199802 1 001**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.**



**Sekretaris : Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., IPU.**



**Anggota : Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. )**  
**NIP.19750928 200112 1 002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Agustus 2023**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul **“Analisis Lingkungan Pengendapan dan Kualitas Lapisan Batubara M2 Pada Formasi Muara Enim PIT SJS PT.Bukit Asam., Sumatera Selatan”** merupakan hasil karya sendiri tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Agustus 2023



**Trias Annisa Fara**  
NPM.1955051007

## RIWAYAT HIDUP



Trias Annisa Fara lahir di Kota Tangerang pada tanggal 10 September 2001, sebagai anak terakhir dari tiga bersaudara dari Bapak Serma (Purn) Suranto dan Ibu Darwati. Penulis menyelesaikan pendidikan formalnya di Taman kanak-kanak (TK) Baitul Jannah pada tahun 2007. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Dasar (SD) Hingga tahun 2013 di SD Negeri Pakulonan 03. Lalu, menempuh pendidikan Madrasah Tsanawiyah (MTs) Daarul Mukhlisin hingga tahun 2016 dan dilanjutkan ke jenjang Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 2 Kota Tangerang hingga tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik jurusan Teknik Geofisika pada Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN-Barat 2019 hingga 04 Agustus 2023.

Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Geofisika Unila, penulis aktif mengikuti beberapa organisasi kemahasiswaan dan aktif di berbagai kegiatan mahasiswa. Diantaranya pada Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana sebagai Anggota Biro KRT (2021-2022), Seksi Mahasiswa Ikatan Ahli Geologi (SM-IAGI) sebagai anggota divisi Edukasi (2022), Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) sebagai staff ahli Aksi Propaganda (AKSPRO) (2021).

Dalam pengaplikasian ilmu di bidang geofisika, pada Maret 2022 penulis melakukan Kerja Praktek di PT.Bukit Asam Tbk., Sumatera Selatan dengan tema **“Karakterisasi Lapisan Batubara Berdasarkan Interpretasi Data Log dan**



**Kualitas Batubara Pada Tambang Banko Barat PT.Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan”** lalu pada bulan Januari-Maret 2023, penulis memulai Penelitian Tugas Akhir di satuan kerja Eksplorasi, Geoteknik, dan Pemetaan, PT.Bukit Asam Tbk., Sumatera Selatan. Hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada 04 Agustus 2023 dengan skripsi yang berjudul “**Analisis Lingkungan Pengendapan dan Kualitas Lapisan Batubara M2 pada Formasi Muara Enim PIT SJS PT.Bukit Asam., Sumatera Selatan**”.

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil'alamin, aku persembahkan skripsi ini kepada :  
*Allah Subhannahu Wa Ta'ala*

Dzat Maha Kuasa yang telah memberikan berkah, ilmu dan nikmat nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan lancar.

*Kedua Orang Tua Tersayang dan Tercinta,  
Mamah Darwati dan Bapak Serma (Purn) Suranto*

Atas segala jerih payah, perjuangan, keringat, tangis, dan do'a yang telah kalian berikan kepada anak terakhir mu selama ini, sehingga aku dapat menyelesaikan pendidikan sarjana ini dengan lancar tanpa ada keterbatasan biaya, izin, serta support dalam menuntut ilmu. Terimakasih Mah, Pak, semoga perjuangan kalian sampai aku saat ini takkan sia-sia, do'a kan selalu anakmu ini agar sukses selalu sehingga bisa bermanfaat ilmu nya dan membahagiakan kalian, Aamiin.

Kakak-kakak ku tersayang,  
*Bripka Eko Hariyanto, S.H.  
Mufiedah Harun  
Rezki Dwi Astuti  
Sertu Artawan*

Terimakasih atas segala semua dukungan dan do'a yang telah kalian berikan padaku. Semoga kebersamaan kita sebagai saudara tak lekang oleh waktu dan akan terus saling menyanyangi hingga akhir hayat, Aamiin.

Angkatanku yang paling ku sayangi,

*Teknik Geofisika Universitas Lampung 2019  
(Makkou Tanding)*

Terima kasih karena telah hadir menjadi bagian paling istimewa dalam kehidupan penulis. Penulis sangat bersyukur karena menjadi bagian dari kalian, terima kasih untuk segala dukungan, penerimaan, ketulusanya selama ini. Kalian menjadi keluarga sekaligus tempat pulang yang paling aku sayangi.

## **MOTTO**

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.”

**(QS. Ar-Ra’d: 11)**

“Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan.”

**(Imam Syafi’i)**

“Meskipun Anda merasa hanyalah orang biasa, namun yakinlah bahwa Anda akan bertumbuh menjadi luar biasa”

**– Merry Riana**

“Don't forget, beautiful sunsets needs cloudy skies”

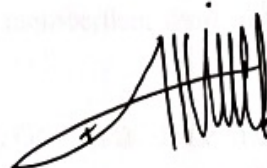
**– Paulo Coelho**

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas berkat, rahmat serta karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul "**Analisis Lingkungan Pengendapan dan Kualitas Lapisan Batubara M2 pada Formasi Muara Enim PIT SJS PT.Bukit Asam., Sumatera Selatan**". Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Jurusan Teknik Geofisika pada Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan Penulis. Sehingga Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga di kemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Bandar Lampung, 15 Agustus 2023

Penulis



**Trias Annisa Fara**  
NPM.1955051007

## SANWACANA

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan kesempatannya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN KUALITAS LAPISAN BATUBARA M2 PADA FORMASI MUARA ENIM PIT SJS PT.BUKIT ASAM Tbk., SUMATERA SELATAN”** ini dapat terselesaikan dengan baik.

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada semua pihak yang selalu membimbing dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir, di antaranya:

1. Allah SWT.
2. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I, Bapak Dr. Ir. Muh. Sarkowi, S.Si., M. Si., IPU. selaku dosen pembimbing II, Bapak Dr. Alimudin, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji dan Bapak Sandri Erfani, S.Si., M.Eng. selaku Pembimbing Akademik saya yang telah berkontribusi selama penyusunan skripsi saya hingga selesai.
3. Pak Dwiki, Mas Dimas, dan Mas Wiwit selaku pembimbing saya selama Tugas Akhir di PT.Bukit Asam Tbk. yang memberikan ilmu, arahan, dan bimbingan selama penelitian Tugas Akhir.
4. Seluruh staf Satuan Kerja Eksplorasi, Geoteknik, dan Pemboran Terkhusus Mas Arga, Mas Andika, Mas Ahmad, Pak Misdi, Mas Hendra, Mas Yudi, Mas Wiwit, Mas Riski, Mas Ito, Mas Apri, Mas Fajrin, dan Mba Faris yang telah memberikan ilmu-ilmu, pengalaman, dan kekeluargaan yang luar biasa selama Tugas Akhir.

5. Kedua orang tua saya yang saya sangat banggakan dan sayangi Mamah dan Bapak serta Mas.Eko, Mba.Kiki, Om.Wenk, Mba.Fida, Alike, Cantiga, Cessie, Cakra, Adriana, dan sepupu saya kembaran dari kecil Dian Kharisma yang selalu mendukung, menghibur, dan menyemangati hari-hari saya selama penelitian dan penyusunan skripsi dan yang selalu mendoakan saya hingga bisa lulus tepat waktu.
6. Jodoh penulis kelak kamu adalah salah satu alasan penulis menyelesaikan skripsi ini, meskipun saat ini penulis tidak tahu keberadaanmu entah di bumi bagian mana dan menggenggam tangan siapa. Seperti kata Bj Habibie "Kalau memang dia dilahirkan untuk saya, kamu jungkir balik pun saya yang dapat"
7. Seluruh Temen-Temen Magang selama 2 bulan yaitu Nadia, Irene, Alya, Hafiz, Cikal, Heza, Adit, Muslim, Rifqi, Jiya, Ican, Vito, Grace, Sabrina, Fira, dan Faat yang telah menemani saya selama menjalankan Tugas Akhir di PTBA.
8. Temen-Temen MAK KOU TANDING Teknik Geofisika Universitas Lampung Angkatan 2019 yang saya cintai.

Akhirnya, Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini semoga segala amal dan kebajikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari Allah SWT, Aamiin.

Bandar Lampung. 15 Agustus 2023



**Trias Annisa Fara**

NPM.1955051007

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>x</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Lokasi Penelitian.....	4

2.2 Geologi Regional .....	5
2.3 Fisiografi .....	5
2.4 Stratigrafi .....	6
2.4.1 Kelompok Telisa .....	7
2.4.2 Kelompok Palembang .....	8
2.5 Stratigrafi Daerah Penelitian .....	10
2.6 Struktur Geologi.....	12
<b>III. TEORI DASAR.....</b>	<b>14</b>
3.1 Batubara .....	14
3.2 Proses Pembentukan Batubara .....	14
3.3 Jenis <i>Log</i> yang digunakan .....	18
3.4 Kualitas Batubara.....	21
3.5 Klasifikasi Batubara dengan ASTM .....	23
3.6 Elektrofases.....	24
3.7 Lingkungan Pengendapan .....	26
3.8 Maseral pada Batubara.....	30
3.9 Perhitungan Nilai TPI dan GI .....	32
<b>IV. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Tempat .....	34
4.2 Alat dan Bahan.....	35
4.3 Prosedur Penelitian .....	35
4.4 Diagram Alir .....	38
<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
5.1 Data Pengamatan .....	39
5.2 Pembahasan.....	40

## **VII. KESIMPULAN DAN SARAN**

## **DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth Pro 2023).....	4
2. <i>Geologi</i> regional daerah penelitian (PT. Bukit Asam, 2007 dengan modifikasi).....	6
3. Stratigrafi cekungan Sumatera Selatan (Bishop, dkk, 2001) .....	8
4. Stratigrafi dan <i>litologi</i> daerah penelitian (PT. Bukit Asam Tbk., 2023) .....	10
5. Proses Pembentukan Batubara (Cook, 1982).....	15
6. Pengambilan dan Tahap Pembatubaraan serta faktor yang mempengaruhinya (Kentucky, 2012). .....	17
7. Respon <i>log gamma ray</i> terhadap berbagai <i>litologi</i> (Rider, 1996).....	19
8. Respon <i>log densitas</i> terhadap berbagai <i>litologi</i> (Rider, 1996) .....	20
9. Hubungan Antara Satuan CPS dan gr/cc .....	21
10. Classification of Coal Rank ASTM standards (ASTM, 2002).....	23
11. Model elektrofases (Putri et all, 2018) .....	25
12. Model lingkungan pengendapan batubara pada lingkungan delta (Diesel, 1992).....	27
13. Penampang Lingkungan Pengendapan bagian Transitional Lower Delta Plain (Diesel, 1992) .....	28
14. Penampang Lingkungan Pengendapan bagian Lower Delta Plain (Diesel, 1992) .....	29
15. Diagram Alir .....	38
16. Peta <i>Geologi</i> Regional dan Titik Sumur Daerah Penelitian.....	39
17. Peta Sayatan Sumur Daerah Penelitian .....	40
18. Korelasi <i>Litologi</i> TAF_65 dengan TAF_66.....	47
19. Korelasi <i>Litologi</i> TAF_72 dengan TAF_03.....	48
20. Grafik Hubungan Nilai Densitas dengan <i>Volatile Matter</i> (VM) .....	51
21. Grafik Hubungan Nilai Densitas dengan <i>Calorific Value</i> (CV).....	52
22. Grafik Hubungan Nilai Densitas dengan <i>Total Moisture</i> (TM) .....	53
23. Grafik Hubungan Nilai Densitas dengan <i>Ash Content</i> .....	54

24. Grafik Hubungan Nilai Densitas dengan <i>Total Sulphure</i> (TS) .....	55
25. Grafik Hubungan Nilai Densitas dengan <i>Fixed Carbon</i> (FC).....	55
26. Hasil plot TPI-GI pada diagram ( <i>Diesel</i> , 1986) .....	60
27. Penampang lingkungan pengendapan sumur TAF_03.....	63
28. Penampang lingkungan pengendapan sumur TAF_72.....	64
29. Penampang lingkungan pengendapan seam B2 Sumur TAF_66.....	65
30. Penampang lingkungan pengendapan seam C Sumur TAF_66 .....	66
31. Penampang lingkungan pengendapan sumur TAF_65.....	67
32. Lingkungan Pengendapan Delta pada daerah penelitian .....	68

## DIAGRAM TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Maseral pada Batubara (Widodo dan Antika, 2012) .....	32
2. Time Schedule Kegiatan Tugas Akhir .....	34
3. <i>Litologi</i> sumur TAF_03 .....	41
4. Nilai Respon Radioaktif Sumur TAF_03.....	42
5. <i>Litologi</i> sumur TAF_65 .....	43
6. Nilai Respon Radioaktif Sumur TAF_65.....	43
7. <i>Litologi</i> sumur TAF_66 .....	44
8. Nilai Respon Radioaktif Sumur TAF_66.....	44
9. <i>Litologi</i> sumur TAF_72 .....	45
10. Nilai Respon Radioaktif Sumur TAF_72.....	46
11. Hasil Analisis Kualitas Batubara Seam B2 dengan Adb .....	50
12. Hasil Analisis Kualitas Batubara Seam C dengan Adb .....	50
13. Hasil Analisis Kualitas Batubara Seam D dengan Adb .....	50
14. Hasil Akhir Kualitas Batubara dengan Adb.....	51
15. Data Sumur TAF_03 berbasis ADB ( <i>Air Dried Basis</i> ).....	56
16. Data Sumur TAF_65 berbasis ADB ( <i>Air Dried Basis</i> ).....	56
17. Data Sumur TAF_66 berbasis ADB ( <i>Air Dried Basis</i> ).....	57
18. Data Sumur TAF_72 berbasis ADB ( <i>Air Dried Basis</i> ).....	57
19. Hasil Klasifikasi Peringkat Batubara dan nilai rata-rata .....	57
20. Nilai Maseral .....	59
21. Nilai Total TPI dan GI.....	59

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan bahan galian yang berperan penting sebagai sumberdaya energi nasional yang bernilai ekonomis. Informasi mengenai sumber daya yang tersebar serta besar cadangan nya menjadikan target dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional. Indonesia memiliki beberapa tempat dengan kondisi *geologi* yang khusus agar batubara dapat terbentuk. Pulau-pulau yang memiliki sumber daya batubara yang sangat besar di Indonesia salah satu nya adalah pulau Kalimantan dan Sumatera. Cekungan Sumatera Selatan dapat menghasilkan berbagai macam batubara. dimulai dari tipe antrasit. gambut. bituminus hingga antrasit (Arista, 2017).

Menurut Adrian dan Mulyatno (2020) salah satu metode geofisika yang dapat memperkirakan kondisi bawah permukaan meliputi struktur batuan adalah metode *well logging*. *Well logging* merupakan metode untuk memperoleh data *geologi* batubara bawah permukaan dengan cepat dan akurat. *Logging* adalah suatu metode untuk mendukung data sumur sehingga dapat diperoleh catatan *log* detail mengenai formasi *geologi* dalam lubang bor yang dihasilkan dapat dikorelasikan dengan benar. Interpretasi kondisi bawah permukaan didasarkan pada data *log* geofisika dan data *geologi*.

Pada penelitian ini parameter *log* geofisika yang digunakan pada proses ini yaitu *log gamma ray* dan *log densitas*. *Log densitas* adalah *log* porositas yang mengukur densitas elektron suatu batuan yang mana nilai yang didapatkan merupakan hasil pengukuran berdasarkan besarnya densitas matriks batuan. densitas kandungan

yang ada dalam pori-pori batuan dan porositas batuan. Sedangkan *log gamma ray* adalah *log* yang merekam nilai radioaktivitas alami batuan berupa unsur uranium (U), potassium (K), dan thorium (TH) yang terdapat pada batuan (Ardinata et al., 2022).

Pengendapan batubara di Cekungan Sumatera Selatan (Purnama, 2018) diawali dengan pengendapan batubara pada Formasi Talang Akar bagian atas (Oligosen Akhir – Miosen Awal) yang berhubungan dengan pengendapan batubara *paleogene post-rift transgression* yang menghasilkan batubara dengan nilai kalori tinggi (>6.000 kal/gr)/kadar abu rendah (1%). Sedangkan pengendapan pada Formasi Muara Enim (Miosen-Pliosen) dan *neogene syn-orogenic regressive* yang menghasilkan lapisan batubara dengan ketebalan sekitar 20 meter yaitu Batubara Suban.

Berdasarkan penelitian terdahulu, lingkungan pengendapan batubara pada Formasi Muara Enim Cekungan Sumatera Selatan umumnya diinterpretasi dari pemercontoh batubara yang berasal dari daerah Muara Enim/Bukit Asam yang merupakan bagian dari Sub cekungan Palembang Bagian Selatan. Cekungan Sumatera Selatan. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa lingkungan pengendapan batubara di daerah ini berada pada daerah lembah aluvial dan delta (Monita, 2021).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka diperlukan pemahaman yang baik mengenai konsepsi proses-proses *geologi* yang bekerja pada suatu endapan batubara. Salah satu caranya adalah dengan pendekatan lingkungan pengendapan. Hal inilah yang mendasari dilakukannya penelitian tugas akhir mengenai Interpretasi Lingkungan Pengendapan Batubara terhadap Terbentuknya Parting dan Pengaruhnya Pada Kualitas Batubara PIT Banko Tengah Selatan PT. Bukit Asam Tbk.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini. sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik batubara pada daerah penelitian berdasarkan proksimat dan material organik.
2. Bagaimana kualitas batubara batubara berdasarkan data proksimat pada setiap *seam*.
3. Bagaimana lingkungan pengendapan lapisan batubara dengan Analisis Elektrofases pada setiap sumur.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini. sebagai berikut :

1. Menentukan kualitas batubara batubara berdasarkan nilai proksimat pada setiap *seam*.
2. Mengetahui karakteristik batubara pada daerah penelitian berdasarkan nilai TPI dan GI.
3. Mengetahui lingkungan pengendapan lapisan batubara berdasarkan analisa Elektrofases pada setiap sumur.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini. sebagai berikut :

1. Daerah penelitian dilakukan di PIT SJS PT.Bukit Asam. Tbk.
2. Penelitian ini hanya menggunakan 4 data sumur bor (TAF\_03, TAF\_65, TAF\_66, dan TAF\_72).
3. Penentuan Elektrofases berdasarkan nilai *Gamma ray*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

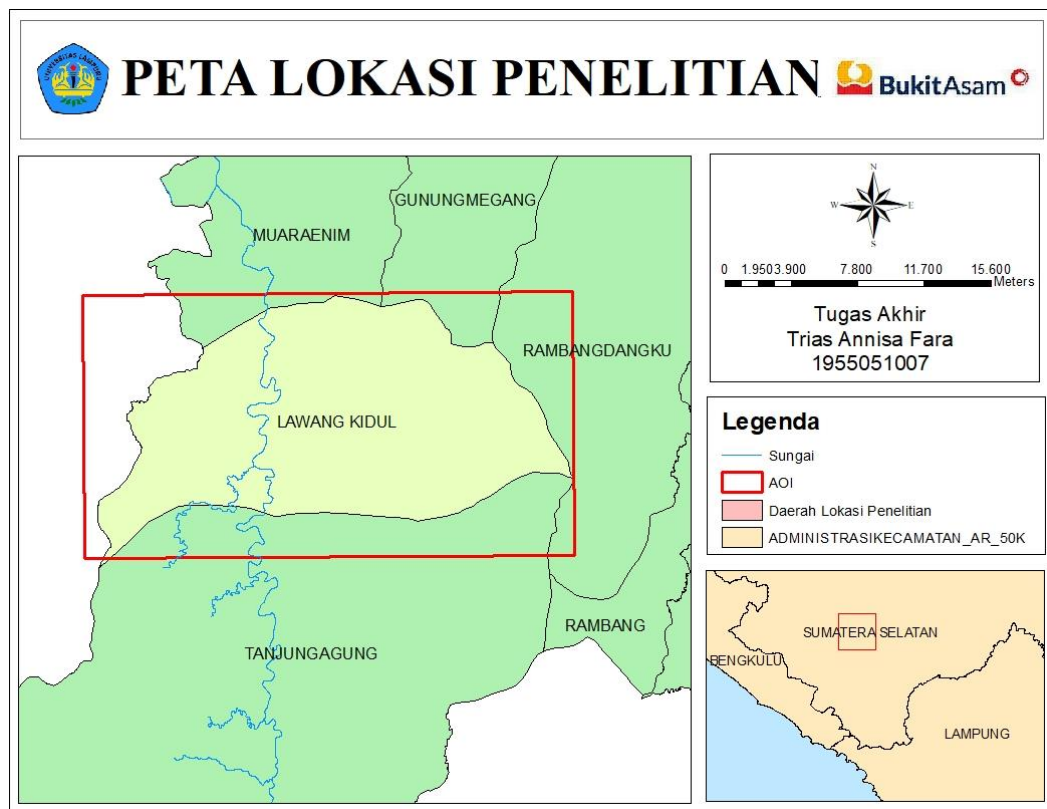
Adapun manfaat pada penelitian ini. sebagai berikut :

1. Mengetahui jenis lapisan *litologi* pada sumur daerah penelitian.
2. Manfaat pada bidang keilmuan dapat mengetahui lingkungan pengendapan dari batubara pada formasi Muara Enim di daerah penelitian.
3. Manfaat penelitian bagi perusahaan adalah memberikan dan menambah informasi *geologi* terkait penelitian ini.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan dimulai dari tanggal 09 Januari 2023 hingga 10 Maret 2023 pada satuan kerja Eksplorasi, Geoteknik, dan Pemboran PT. Bukit Asam Tbk. Lokasi penelitian berada di wilayah Tanjung Enim. Lawang Kidul, Sumatera Selatan yaitu di daerah Blok Tambang Batubara Banko Tengah Selatan PIT SJS.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian (Sumber : Indonesia Geospasial Portal)

## 2.2 Geologi Regional

Cekungan Sumatera Selatan merupakan product kegiatan tektonik yang berkaitan erat dengan penunjaman Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara hingga timur laut terhadap Lempeng Eurasia yang relatif diam. Beberapa lempeng kecil (*micro-plate*) yang berada di antara zona interaksi tersebut turut bergerak dan menghasilkan zona konvergensi dalam berbagai bentuk dan arah. Penunjaman lempeng Indo-Australia tersebut dapat mempengaruhi keadaan batuan, morfologi, tektonik dan struktur di Sumatera Selatan. Tumbukan tektonik lempeng di Pulau Sumatera menghasilkan jalur busur depan, magmatik, dan busur belakang (Bishop, 2001). Cekungan Sumatera Selatan termasuk ke dalam cekungan busur belakang (*Back Arc Basin*) yang terbentuk akibat interaksi antara lempeng Indo-Australia dengan lempeng mikro-sunda. Cekungan ini dibagi menjadi 4 (empat) sub cekungan yaitu:

1. Sub Cekungan Jambi
2. Sub Cekungan Palembang Utara
3. Sub Cekungan Palembang Selatan
4. Sub Cekungan Palembang Tengah

Cekungan ini terdiri dari sedimen Tersier yang terletak tidak selaras (*unconformity*) di atas permukaan metamorf dan batuan beku Pra-Tersier.

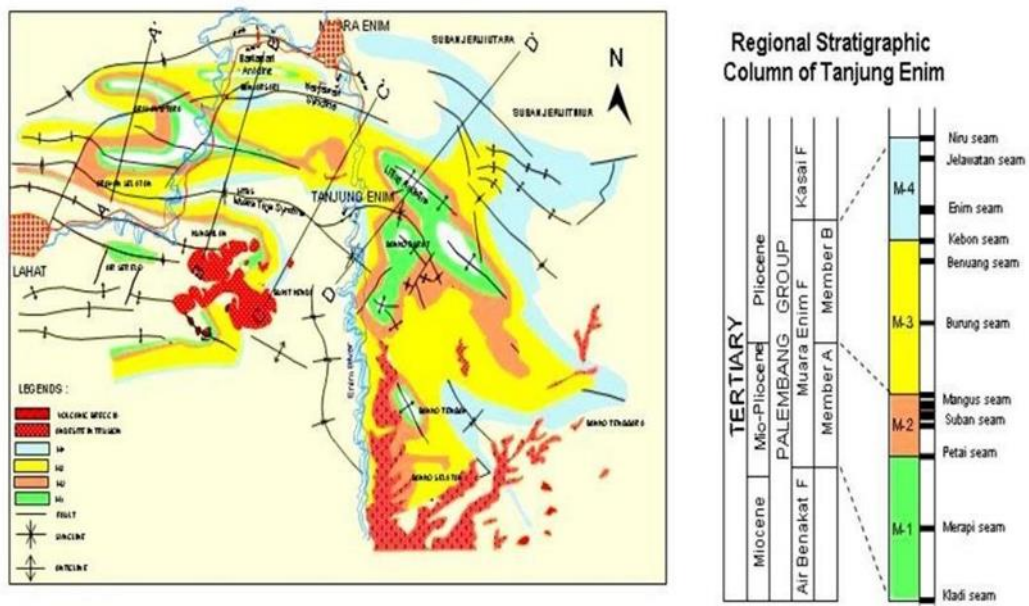
## 2.3 Fisiografi

Secara fisiografis menurut Purnama (2018) cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan Tersier berarah barat laut-tenggara. yang dibatasi Sesar Semangko dan Bukit Barisan di sebelah barat daya. Paparan Sunda di sebelah timur laut. Tinggian Lampung di sebelah tenggara yang memisahkan cekungan tersebut dengan Cekungan Sunda. serta pegunungan dua belas dan Pegunungan Tiga Puluh di sebelah barat laut yang memisahkan Cekungan Sumatera Selatan dengan Cekungan Sumatera Tengah. Daerah Cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan busur belakang berumur tersier yang terbentuk sebagai akibat adanya interaksi antara Paparan Sunda (sebagai bagian dari lempeng kontinen Asia) dan lempeng Samudera India. Menurut Adrian dan Mulyatno (2020).



Pembagian fisiografi Sumatera Selatan dibagi menjadi 4 bagian, yaitu :

1. Cekungan Sumatera Selatan
2. Bukit Barisan dan Tinggian Lampung
3. Cekungan Bengkulu, meliputi lepas pantai antara daratan Sumatera dan rangkaian pulau-pulau di sebelah Barat Pulau Sumatera
4. Rangkaian kepulauan (*forearc ridge*) di sebelah barat Sumatera yang membentuk suatu busur tak bergunung api



**Gambar 2.** Geologi regional dan Fisiografi daerah penelitian (PT. Bukit Asam, 2016)

## 2.4 Stratigrafi

Menurut Pratiknyo (2018) mengemukakan bahwa sedimentasi di Cekungan Sumatera Selatan berlangsung menerus selama zaman Tersier disertai dengan penurunan dasar cekungan hingga ketebalan sedimen mencapai 600 meter. Pada **Gambar 2.** menjelaskan mengenai tatanan stratigrafi pada wilayah Sumatera. Siklus pengendapan di Cekungan Sumatera Selatan terbagi dalam 2 fase, yaitu:

1. Fase Transgresi, menghasilkan endapan kelompok Telisa yang terdiri dari Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja dan Formasi Gumai. Kelompok Telisa ini diendapkan tidak selaras diatas batuan dasar berumur pra Tersier.

2. Fase Regresi, menghasilkan endapan kelompok Palembang yang terdiri dari Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai. Berikut ini adalah formasi-formasi yang terbentuk di kelompok Telisa dan kelompok Palembang

#### **2.4.1 Kelompok Telisa**

1. Formasi Lahat

Formasi Lahat merupakan suatu rangkaian breksi vulkanik yang tebal *tuff*. endapan lahar dan aliran lava. serta dicirikan dengan sisipan batu pasir kuarsa. Anggota Formasi Lahat dari tua ke muda adalah kikum Bawah. anggota batu pasir kuarsa. kikum atas. Formasi Lahat diendapkan pada lingkungan darat. serta berumur *Eosen-Oligosen* Awal.

2. Formasi Talang Akar

Setelah pengendapan Formasi Lahat, terjadi proses erosi secara regional. Bukti erosi ini ditandai oleh dengan formasi Talang akar yang diendapkan secara tidak selaras diatas Formasi Lahat. Variasi lingkungan pengendapannya berkisar dari lingkungan sungai teranyam dan sungai bermedane yang berubah menjadi lingkungan *delta front* dan lingkungan prodelta.

3. Formasi Baturaja

lingkungan laut. berumur Miosen awal. Bagian dasarnya yang berupa sedimen vulkaniklastik dan lempung akustrin.

4. Formasi Lemat.

Formasi Lemat merupakan fasies distal dari Formasi Lahat atau dapat dikatakan juga sebagai unit yang lebih muda dan kaya akan material jatuhan dari Formasi Lahat.

5. Formasi Baturaja

Formasi Baturaja dicirikan dengan kehadiran batugamping yang berada di sekitar bagian dasar Formasi Telisa. Formasi Baturaja in masuk ke dalam rentang umur yang ekuivalen dengan foraminifera planktonic dengan kisaran umur N5-N6 atau Miosen Awal.

6. Formasi Gumai

Puncak transgresi pada Cekungan Sumatera Selatan dicapai pada waktu pengendapan Formasi Gumai. Formasi ini diendapkan selaras diatas Formasi Baturaja dan anggota transistor Talang Akar. Dicurikan dengan adanya serangkaian batu lempung tebal berwarna abu-abu gelap.

2.4.2 Kelompok Palembang

AGE	FORMATION	LITHOLOGY	THICKNESS ( M )	DESCRIPTION	ENVIRONMENT				
					TERRESTRIAL	LITTORAL	NERETIC	DEEP	
PLEISTOCENE	KASAI (KAF)	V V V V V V V	200	Tuff, tuffaceous sandstone and clay					
PLIOCENE	MUARAENIM (MEF)	Claystone intercalation with sandstone coal and siltstone	250 - 800	Claystone intercalation with sandstone and siltstone					
	AIRBENAKAT (ABF)	Claystone intercalation with sandstone and siltstone	300 - 600	Claystone intercalation with sandstone and siltstone					
	MIDDLE	GUMAI (GUF)	Claystone intercalation with sandstone and siltstone	150 - 1500	Calcareous shale intercalation with limestone, marl and siltstone				
			BATURAJA			Limestone	50 - 200		
LOWER	TALANGAKAR (TAF)	Interbedded sandstone and shale	100 - 300	Coarse to very coarse sandstone intercalation with shale and coal					
	LAHAT (LAF)	Tuffaceous, shale, siltstone Tuff, sandstone, agglomerate, breccia	200 - 760						
PRE TERTIARY	BASEMENT (BSM)	Granite, quartzite, phyllite, slate							

Gambar 3. Stratigrafi cekungan Sumatera Selatan (Bishop, 2001).

Daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Muara Enim dimana terdapat 4 sub bagian. yaitu M1, M2, M3, dan M4 yang ditunjukkan oleh **Gambar 3**.

#### 1. Formasi Muara Enim

Formasi ini memiliki ketebalan antara 450 m hingga 1200 m. diendapkan di laut dangkal, dataran delta, dan non marine yang berlangsung pada umur Miosen Akhir hingga Pliosen. Formasi ini terendakan selaras di atas Formasi Air Benakat. Batuan penyusun formasi ini adalah batu pasir, batu lanau, batu lempung, dan batubara. *Litologi* batubara pada formasi ini dapat dibedakan menjadi 4 anggota. dari tua ke muda **Gambar 3**. yaitu:

- Anggota M1

Anggota formasi ini terdiri dari batu pasir, batu lanau, batu lempung berwarna coklat dan abu-abu dengan sedikit glaukonitan. Lapisan batubara pada anggota formasi ini yaitu *seam* batubara keladi dan *seam* batubara merapi. Formasi ini memiliki ketebalan 100 m-250 m.

- Anggota M2

Anggota formasi ini terdiri dari perulangan batu lempung coklat sampai coklat keabu-abuan. batu lempung pasir. batu pasir halus hingga kasar berwarna coklat. abu-abu di bagian bawah berwarna hijau keabu-abu, serta batubara. Lapisan batubara yang terdapat di anggota ini terdiri dari *seam* Petai, Suban, dan Mangus dengan penyebarannya tidak menerus. Formasi ini memiliki ketebalan 40 m-120 m.

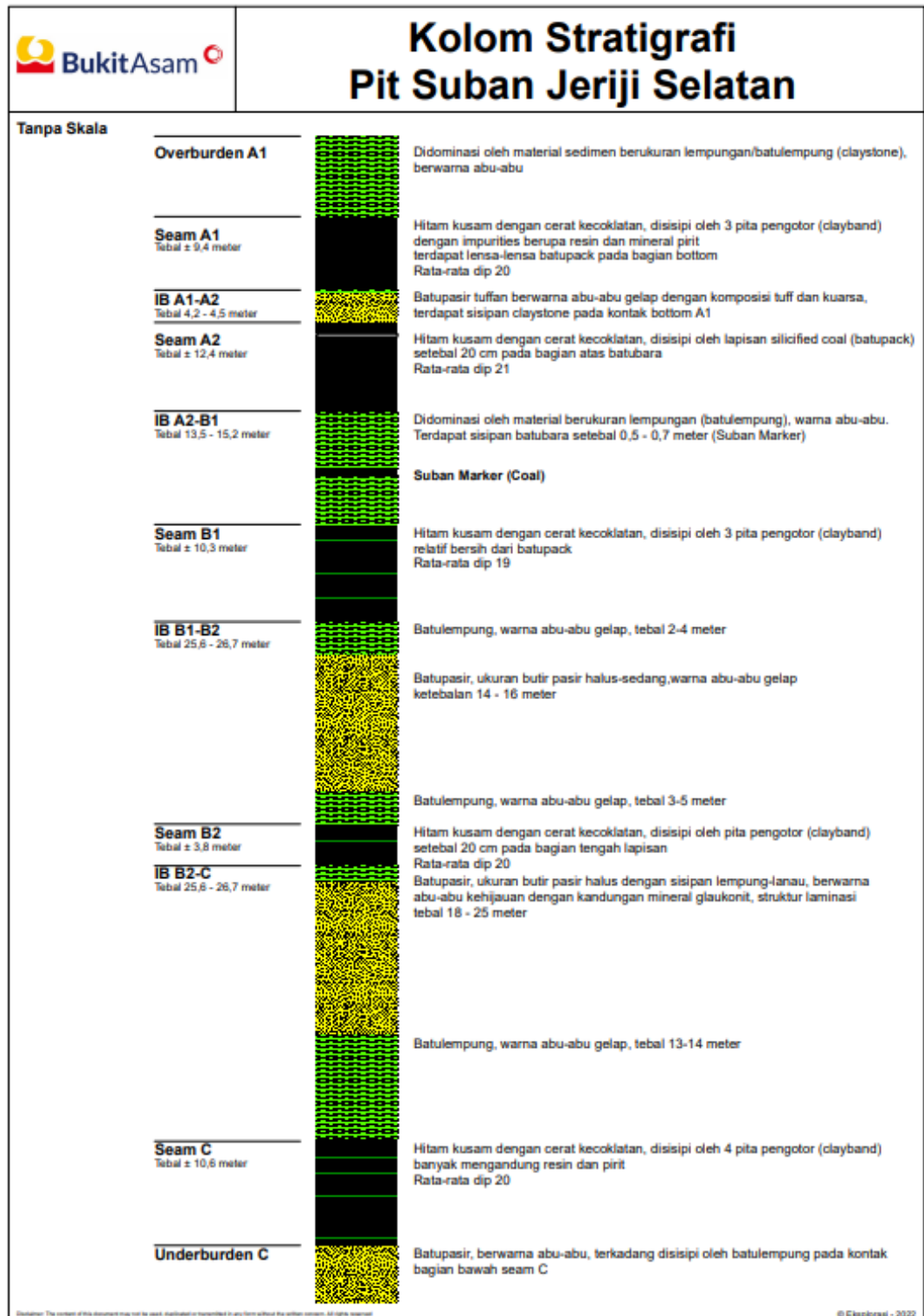
- Anggota M3

Anggota formasi ini terdiri dari perselingan batu pasir dan batu lanau berwarna biru hijau, batu lempung abu-abu hijau dan coklat, horizon pasir 3 m-6 m yang terletak 40 meter di atas *seam Maneus*. Batu pasir dalam anggota ini dicirikan oleh kehadiran nodul-nodul *ironstone* kalsitan Lapisan batubara dari anggota ini terdiri dari *seam* batubara Benuang dan Burung. Formasi ini memiliki ketebalan 40 m-20 m.

- Anggota M4

Anggota formasi ini disusun oleh batu pasir, batu lempung, dan beberapa lapisan batubara. Lapisan batubara terdiri dari *seam* Kebon, Enim, Jelawatan, dan Niru.

## 2.5 Stratigrafi Daerah Penelitian



**Gambar 4.** Stratigrafi dan litologi daerah penelitian (PT. Bukit Asam Tbk., 2023)

Stratigrafi dari daerah penelitian PT. Bukit Asam Tbk. sebagai acuan dalam interpretasi litologi dan urutan *seam* batubara ditunjukkan oleh **Gambar 4**. antara lain:

1. Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*)  
Didominasi oleh material sedimen berukuran lempungan/batu lempung (*claystone*) dengan warna cenderung berwarna abu-abu.
2. Coal *seam* A1  
Dicirikan dengan adanya 2-3 lapis clayband dan terkadang pada bagian base ditemukan lensa-lensa batu lanau. Memiliki tebal berkisar 9.4 meter. *Clayband* berupa *tuffaceous claystone* memiliki tebal 1-15 cm. dengan impurities berupa pirit dan terdapat lensa-lensa *batupack* pada bagian bottom.
3. Lapisan Interburden A1 – A2  
Terdapat material *tuffaceous sandstone* berwarna abu-abu gelap dengan komposisi *tuff* dan kuarsa. Terdapat sisipan *claystone* pada kontak bottom A1.
4. Coal *seam* A2 (Mangus bawah)  
Berwarna Hitam Kusam dengan cerat kecoklatan, disisipi oleh lapisan *silicified coal (batupack)* setebal 20 cm pada bagian atas batubara.
5. Lapisan Interburden A2 – B  
Didominasi oleh material berukuran lempungan (batu lempung) berwarna abu-abu dan memiliki sisipan batubara tipis (*suban marker*).
6. Coal *seam* B1  
Berwarna Hitam Kusam dengan cerat kecoklatan disisipi oleh 3 pita pengotor (*clayband*) relatif bersih dari batupack .
7. Lapisan *Interburden* B1 – B2  
Terdapat perlapisan batu lempung pada bagian atas dan bawah *interburden* dengan ketebalan yang cukup tipis yaitu 2-5 meter dan batu pasir yang cukup tebal yaitu 14-16 meter dengan ukuran butir halus-sedang dengan warna abu-abu gelap.
8. Lapisan Batubara B2  
Pada lapisan batubara ini memiliki warna hitam kusam dengan cerat kecoklatan yang disisipi oleh pita pengotor (*clayband*) setebal 20 cm pada bagian tengah lapisan.

9. Lapisan *Interburden B2 – C*

Terdapat peralihan lapisan batu lempung pada bagian atas dan bawah *interburden* dengan ketebalan yang cukup tebal yaitu 13-14 meter dan batu pasir yang cukup tebal yaitu 18-25 meter dengan ukuran butir halus-sedang dengan warna abu-abu gelap yang disisipi oleh batu lempung dengan kehijauan karena adanya kandungan glaukonit dan terdapat struktur laminasi.

10. Lapisan Batubara C

Pada lapisan batubara ini memiliki warna hitam kusam dengan cerat kecoklatan yang disisipi oleh 4 pita pengotor (*clayband*), pada semesta ini memiliki penciri khusus yaitu memiliki resin dan terdapat pirit.

11. Lapisan *Underburden C*

Terdapat batu pasir berwarna abu-abu, terkadang disisipi oleh batu lempung pada kontak bagian bawah seam C.

## 2.6 Struktur Geologi

Pada Cekungan Sumatera Selatan terdapat tiga tahap tektonik yang berpengaruh dalam perkembangan struktur sebagai berikut (Pratiwi et al., 2013).

1. Fase *Syn-Rift* Pada fase ekstensi ini, terjadi rifting dari Eosen hingga Oligosen. Pada tahap ini terbentuk horst dan sejumlah graben yang dipengaruhi oleh sifat heterogen batuan dasar. Secara stratigrafi, fase ini membentuk endapan fluvial hingga *lacustrine*.
2. Fase *Post-Rift* Fase ini terjadi pada Oligosen hingga Miosen. cekungan berada dalam kondisi yang lebih stabil dimana intensitas aktivitas tektonik mulai menurun. Secara stratigrafi, fase ini mendanakan awal transgresi yang dicirikan pada bagian bawah terdapat endapan meandering fluvial yang diikuti delta dan endapan laut dangkal. Perubahan laju akomodasi serta meningkatnya suplai sedimen menyebabkan terjadinya awal regresi setelah fase transgresi maksimum dicapai.
3. Fase *Syn-Orogenic/Inversi* Tahap ini terjadi sejak Pliosen hingga Pleistosen yang ditandai terbentuknya orogenesis Bukit Barisan dan reaktivasi sesar normal menjadi sesar-sesar naik yang terbentuk selama umur Paleogen. Pola struktur *Plio – Pleistosen* ini dibentuk oleh unsur – unsur berikut:

- Semangko *Wrench Fault* yang merupakan akibat dari Lempeng Indo-Australia mengalami subduksi oblique terhadap Kontinen Sunda yang menimbulkan gerak rotasi searah jarum jam.
- Lipatan dengan arah barat laut – tenggara sebagai hasil dari Semangko *Wrenching*.
- Patahan yang berhubungan dengan perlipatan peremajaan sesar-sesar Pra-Tersier.

Struktur *geologi* yang terdapat di Cekungan Sumatera Selatan berupa struktur lipatan dan sesar. Terdapat tiga antiklinorium besar yang merupakan hasil dari lipatan yang terbentuk di Cekungan Sumatera Selatan dikarenakan orogenesis *Plio-Pleistosen*. yaitu *Antiklinorium* Muara Enim. *Antiklinorium* Pendopo. *Antiklinorium* Palembang. *Antiklinorium* Muara Enim. adalah suatu antiklin yang merepresentasikan permukaan yang kuat dan terdapat singkapan batuan dasar Pra Tersier. Di bagian timur Lahat. terdapat banyak lapisan batubara pada sisi utara yang memiliki kemiringan yang curam dan ditemui sesar yang jumlahnya lebih banyak dari pada sisi selatan.



### III. TEORI DASAR

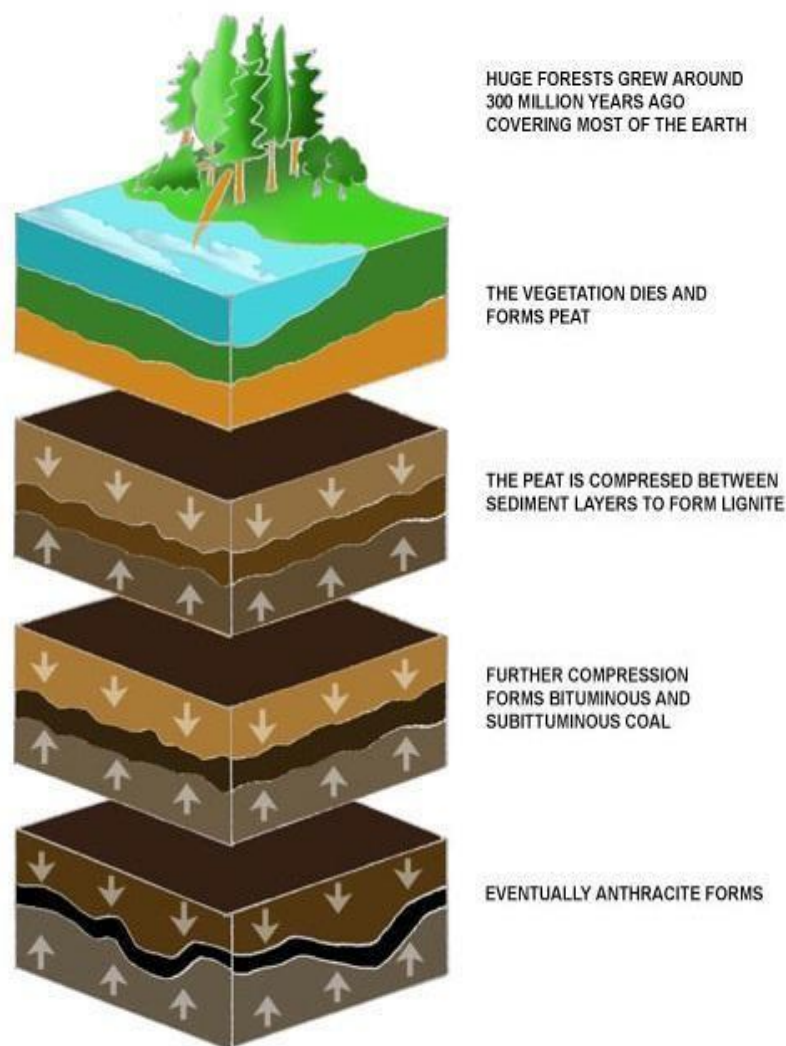
#### 3.1 Batubara

Batubara adalah sisa tumbuhan yang sudah jadi fosil yang mudah dibakar serta memiliki faktor-unsur yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen serta sulfur dengan karakteristiknya bercorak hitam, padat, serta terbakar (Sukandarrumidi, 2009). Batubara terbentuk karena adanya proses *coalification* yang nantinya akan menciptakan batubara dalam berbagai tingkatan kematangan material organiknya mulai dari lignit, Sub bituminous, bituminous, semi antrasit, antrasit hingga meta antrasit. proses pembentukan batubara diawali semenjak era batubara awal (*carboniferous period*/ periode pembuatan karbon ataupun batubara), yang berlangsung antara 360 juta hingga 290 juta tahun yang kemudian.

#### 3.2 Proses Pembentukan Batubara

Batubara berasal dari tanaman yang diakibatkan sebab terdapatnya proses- proses geologi, setelah itu berupa endapan batubara yang diketahui saat ini ini. Bahan-bahan tanaman memiliki komposisi utama yang terdiri dari karbon dan hidrogen. Tidak hanya itu, ada isi mineral nitrogen. Substansi utamanya merupakan *cellulose* yang adalah bagian dari selaput sel tanaman yang memiliki karbohidrat yang tahan terhadap pergantian kimiawi. Pembusukan dari bahan tanaman adalah proses yang terjalin tanpa terdapatnya oksigen, setelah itu berlangsung di dasar air yang diiringi aksi dari kuman, sehingga terbentuklah arang kayu. Tidak terdapatnya oksigen menimbulkan hidrogen lepas dalam wujud karbondioksida ataupun karbonmonoksida serta sebagian dari keduanya berganti jadi metan. Vegetasi pada area tersebut mati kemudian terbentuklah peat ( gambut). Setelah itu gambut tersebut hadapi kompresi dan pengendapan di antara susunan sedimen serta pula

hadapi peningkatan temperatur akibat geothermal gradient. Sebab banyaknya faktor oksigen serta hidrogen yang terlepas hingga faktor karbon relatif meningkat yang menyebabkan terjadinya lignit (*brown coal*). Setelah itu dengan terdapatnya kompresi yang terus menerus serta peningkatan temperatur hingga terbentuklah batubara subbituminus serta bituminus dengan tingkatan kalori yang lebih besar dibanding dengan brown coal (Cook, 1992). Bumi tidak sempat menyudahi. oleh sebab itu kompresi terus berlangsung diiringi bertambahnya temperatur sehingga moisture sangat sedikit dan faktor karbon yang banyak merubah batubara tadinya ke tingkatan yang lebih besar. yaitu antrasit yang adalah kasta paling tinggi pada batubara . Proses pembentukan batubara sendiri dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Proses Pembentukan Batubara (Cook, 1992)

Berdasarkan cara pembentukannya yang terbentuk akibat tekanan, suhu, dan waktu, batubara dibagi ke dalam lima jenis yang dapat dilihat pada **Gambar 5.** :

a. Antrasit

Merupakan kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (luster) metalik, mengandung antara 86-98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%. Nilai yang dihasilkan hampir 15.000 BTU per pon.

b. Bituminus

Bituminus mengandung 68-86% unsur karbon (C) serta kadar air 8 -10% dari beratnya, nilai panas yang dihasilkan antara 10.500-15.500 BTU per pon.

c. Sub – Bituminus

Sub – Bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan Bituminus, dengan kandungan karbon 3-45% dan menghasilkan nilai panas antara 8.300 hingga 13.000 BTU per pon.

d. Lignit

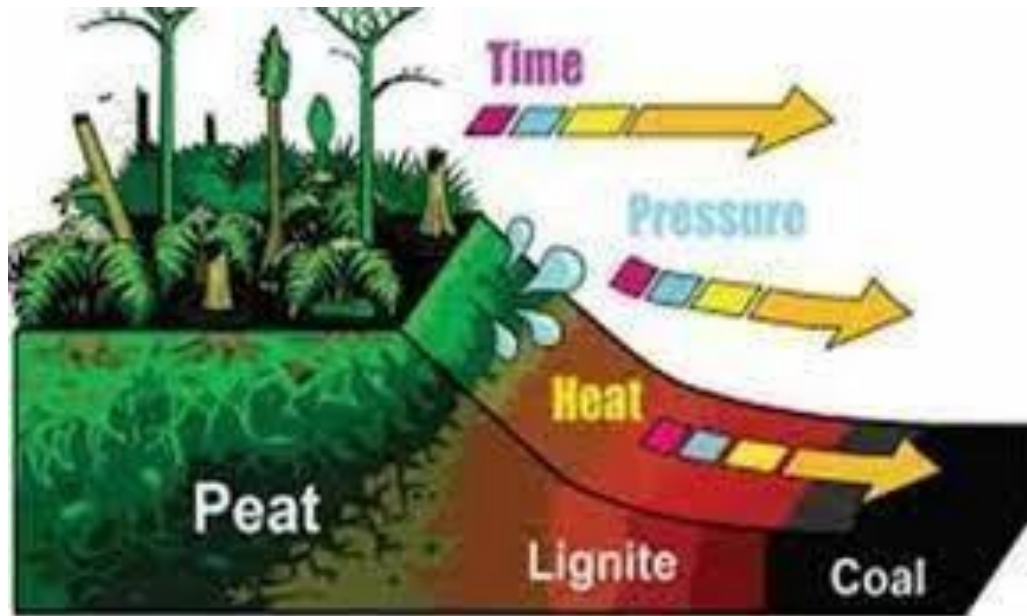
Lignit bisa disebut juga dengan brown coal adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya. Lignit merupakan batubara geologis muda yang memiliki kandungan karbon terendah, 25-35%. Nilai panas yang dihasilkan berkisar antara 4.000 hingga 8.300 BTU per pon.

e. Gambut

Gambut berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

Menurut para ahli geologi, Zaman Batubara (*Coal Age*) di dunia mulai terbentuk pada Zaman Pra-tercier (345 - 280 juta tahun lalu) yang dikenal sebagai Zaman Karbon kemudian terjadi lagi zaman terbentuknya batubara kedua yaitu pada Era Eosen-Miosen (100 - 45 juta tahun yang lalu). Pada zaman tersebut, bumi sedang memiliki iklim tropis sehingga berbagai jenis tumbuhan hidup subur. Tumbuhan yang mati lama kelamaan menumpuk serta tertimbun di daerah rawa, kemudian timbunan itu semakin tebal dan terjadi penurunan dasar rawa seiring dengan tekanan dari timbunan tumbuhan tersebut. Akumulasi tumbuhan mati pun selanjutnya akan diuraikan oleh bakteri secara anaerob melalui proses humifikasi

menjadi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dan asam humin ( $\text{C}_9\text{H}_0\text{NO}_6$ ) atau keseluruhan material disebut sebagai gambut seperti yang dijelaskan dalam **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Penggambutan dan Tahap Pembatubaraan serta faktor yang Mempengaruhinya (Cook, 1992)

Dalam mempelajari lokasi terbentuknya batubara, dikenal 2 teori yaitu teori in-situ dan teori drift. Teori in-situ menjelaskan bahwa tempat batubara saat ini sama dengan tempat terjadinya proses pembatubaraan dan tumbuhan berkembang sebelumnya. Ciri utama bahwa suatu batubara merupakan batubara in-situ adalah dengan ditemukannya harz dan imprint tulang daun. Harz adalah getah tumbuhan yang telah mengeras atau dikenal dengan istilah gdanarukeum. Warnanya kuning tua hingga kuning kehitaman dan lebih lunak apabila dibandingkan dengan kuku manusia. Sedangkan imprint adalah jejak tulang daun pada lapisan sedimen yang menutupinya. Hal ini terjadi karena pada saat tumbuhan tumbang, sering kali daun masih terdapat bersama kayunya. Teori drift menjelaskan bahwa endapan batubara yang terdapat pada cekungan sedimen saat ini berasal dari tempat lain. Bahan pembentuk batubara telah mengalami proses transportasi, sortasi, dan selanjutnya terakumulasi di sebuah cekungan sedimen. Pada saat arus air kuat, material

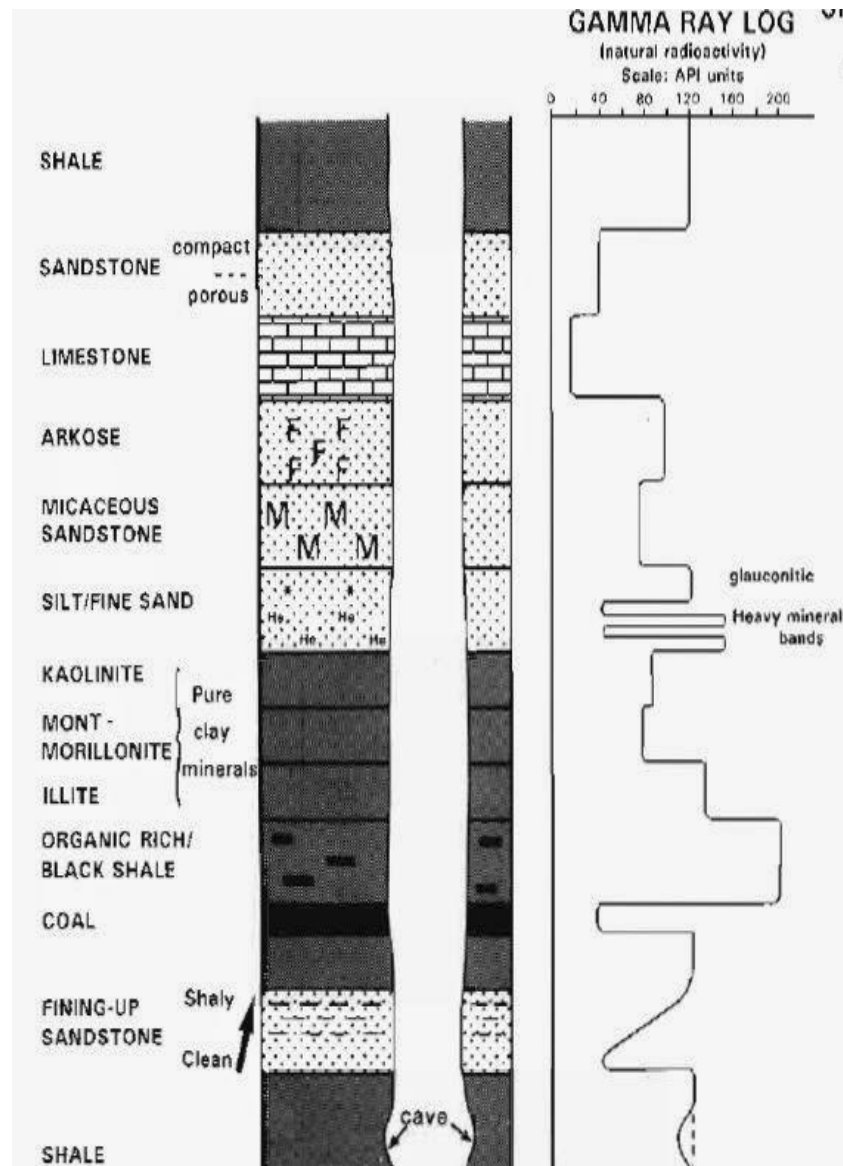
tumbuhan yang terangkut dapat berupa pokok pohon yang besar. Namun apabila arus kecil. yang dapat terangkut hanya ranting-ranting pohon dan dedaunan (Sukandarrumidi, 2009).

### **3.2 Jenis *Log* yang digunakan**

Dalam eksplorasi batubara. kombinasi *log* yang terdiri dari *Log Gamma ray*. *Log Caliper*. *Log Long Spaced Densitas*. dan *Log Short Spaced Densitas* digunakan untuk mengetahui secara langsung keadaan di bawah permukaan dengan memasukkan kombinasi alat *log* tersebut ke dalam sumur bor yang pengukurannya berdasarkan sifat-sifat fisik batuan dengan target yaitu mencari lapisan batubara.

#### **a. *Log Gamma ray***

*Log gamma ray* mempunyai satuan API (*American Petroleum Institute*). *Log gamma ray* digunakan buat membedakan lapisan- lapisan shale dan non shale pada sumur- sumur open hole ataupun cased hole serta pula pada keadaan ada lumpur ataupun tidak. Cahaya *gamma* sangat efisien dalam membedakan lapisan permeabel serta non-permeabel sebab unsur- unsur radioaktif cenderung berpusat di dalam serpih yang non- permeabel serta tidak banyak ada dalam batuan karbonat ataupun pasir yang secara universal bersifat permeabel. Pada interpretasi susunan batubara. nilai *gamma ray*nya memperlihatkan harga yang sangat rendah. sebab batubara sangat sedikit memiliki faktor Kalium. Reaksi *gamma* dengan harga yang lebih besar daripada batubara diperlihatkan oleh reaksi susunan keras yang banyak memiliki silica. serta setelah itu oleh reaksi batu pasir. Reaksi *gamma* yang besar diperlihatkan oleh batu lanau dan batu lempung.

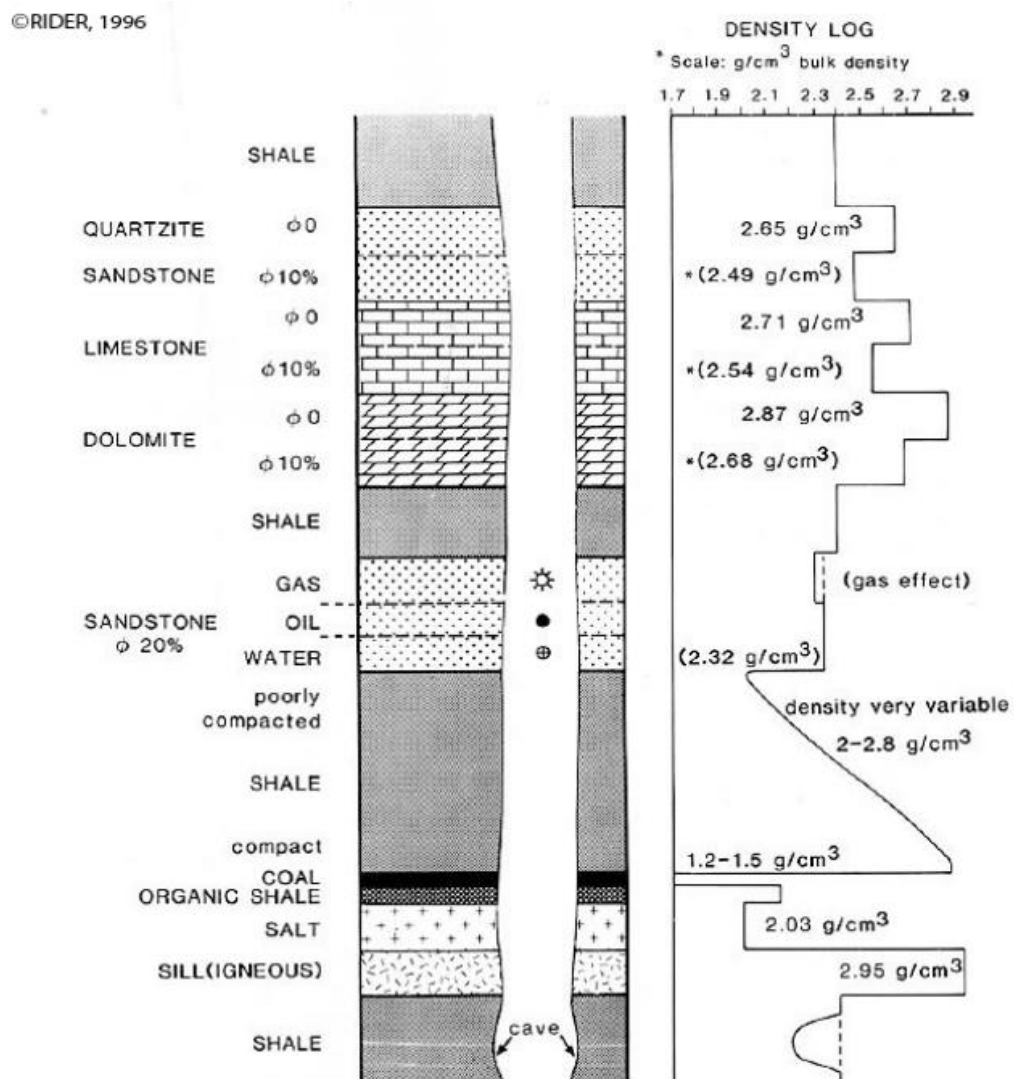


**Gambar 7.** Respon log gamma ray terhadap berbagai litologi (Rider, 1996)

b. Log densitas

Log densitas adalah sesuatu jenis log porositas yang mengukur densitas elektron sesuatu formasi. Prinsip pencatatan dari log densitas merupakan sesuatu sumber radioaktif yang dimasukkan ke dalam lubang bor mengemisikan cahaya gamma ke dalam formasi. Pada tiap tabrakan cahaya gamm hendak menurun energinya. Log densitas adalah log yang sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi batubara. Berdasarkan **Gambar 7.** log ini batubara mempunyai harga densitas yang rendah sebab batubara

mempunyai densitas matrix yang rendah. Perihal tersebut dapat menimbulkan porositas semu batubara hendak menyusut sebaliknya densitas batubara hendak bertambah (Rider, 1996).



**Gambar 8.** Respon *log* densitas terhadap beberapa litologi (Rider, 1996)

Kurva *log* densitas pada **Gambar 8.** dinyatakan dalam satuan  $\text{g/cm}^3$  karena energi yang diterima oleh deflektor dipengaruhi oleh matriks batuan dan kandungankandungan di dalam pori batuan. *Log* densitas juga dapat dinyatakan dalam satuan *counts per second* (CPS). namun untuk mempermudah perhitungan. satuan CPS harus diubah ke  $\text{gr/cc}$  karena nilai CPS berbanding terbalik dengan nilai  $\text{gr/cc}$ . apabila CPS tinggi. maka dalam satuan  $\text{gr/cc}$  menunjukkan nilai yang rendah sehingga rapat massa batuan pun rendah (Dwi Putro, 2014).

Batubara bisaanya diklasifikasikan berdasarkan sifat kimiawi dari batubara yang berhubungan dengan kegunaan batubara dalam perindustrian. Terdapat beberapa klasifikasi batubara yang digunakan dalam perindustrian. sistem klasifikasi yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah klasifikasi ASTM (*American Society for Testing dan Materials*). Konversi satuan CPS dan gr/cc juga dapat diperoleh menggunakan persamaan (1) untuk gr/cc ke CPS maupun persamaan (2) untuk konversi CPS ke gr/cc seperti pada **Gambar 9**.

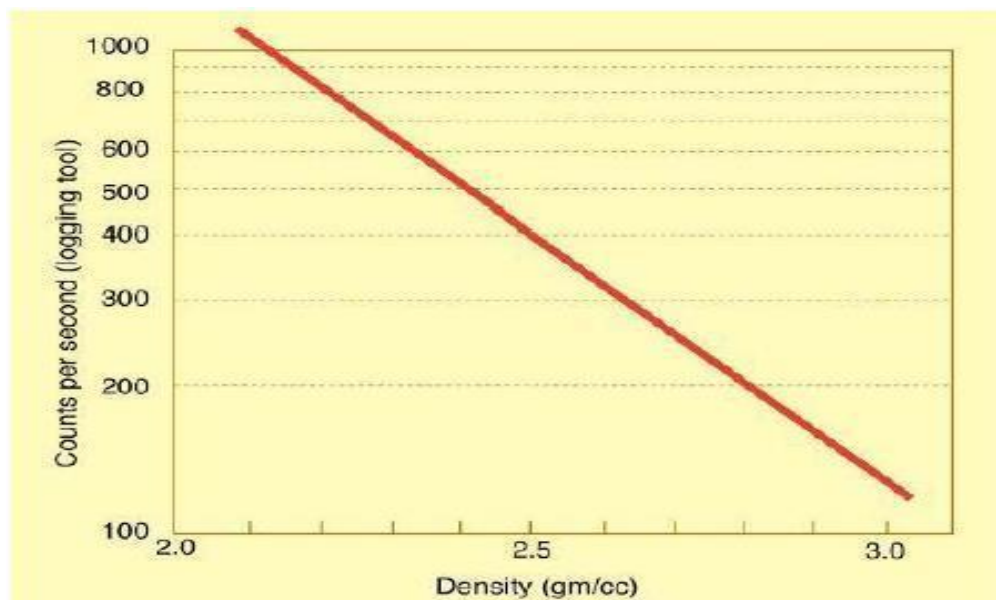
$$Y = 177598 e^{-24325X} \quad (1)$$

$$X = \frac{\ln(Y) - \ln(74510)}{-2.4325} \quad (2)$$

Keterangan :

Y : Nilai densitas (CPS)

X : Nilai densitas (gr/cc)



**Gambar 9.** Hubungan Antara Satuan CPS dan gr/cc

### 3.3 Kualitas batubara

Kualitas batubara adalah sifat kimia dan fisika dari batubara yang mempengaruhi manfaat potensial penggunaan dari batubara tersebut. Umumnya, untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisa kimia pada batubara yang di



antaranya berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan jumlah air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*) (Dwi Putro, 2014)

- **Zat terbang (*Volatile Matter* atau VM)**

Bahan yang mudah menguap dalam batubara adalah metan, hidrokarbon, hidrogen, 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 di dalam batubara. kandungan bahan yang mudah menguap berkisar antara 20 hingga 35%.

- **Kadar abu (*Ash content*, satuan persen berat)**

Abu merupakan kotoran yang tidak akan terbakar. kandungan nya akan terbawa bersama gas pembakaran melalui ruang bakar dan daerah konversi dalam bentuk abu terbang (*fly ash*) yang jumlahnya mencapai 80 persen dan abu dasar sebanyak 20 persen. Semakin tinggi kadar abu, secara umum akan mempengaruhi tingkat pengotoran (*fouling*), keausan, dan korosi peralatan yang dilalui.

- **Kadar karbon (*Fixed Carbon* atau FC)**

Nilai kadar karbon diperoleh melalui pengurangan angka 100 dengan jumlah kadar air (kelembaban), kadar abu, dan jumlah zat terbang. Nilai ini semakin bertambah seiring dengan tingkat pembatubaraan. Kadar karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai fuel ratio sebagaimana dijelaskan di atas.

- **Kadar sulfur (*Sulfur content*)**

Kandungan sulfur dalam batubara terbagi dalam pyritic sulfur, sulfat sulfur, dan organik sulfur. Namun secara umum, penilaian kandungan sulfur dalam batubara dinyatakan dalam Total Sulfur (TS). kandungan sulfur berpengaruh terhadap tingkat korosi sisi dingin yang terjadi pada elemen pemanas udara, terutama apabila suhu kerja lebih rendah dari pada titik embun sulfur, di samping berpengaruh terhadap efektivitas penangkapan abu pada peralatan *electrostatic precipitator*.

### 3.4 Klasifikasi Batubara dengan ASTM

Classification of coals by the American Society for Testing and Materials									
rank and group	fixed carbon percentage (dry, mineral-matter-free basis)		volatile matter percentage (dry, mineral-matter-free basis)		caloric value (moist, mineral-matter-free basis)*				agglomerating character
	equal to or greater than	less than	greater than	equal to or less than	British thermal units per pound		megajoules per kilogram		
					equal to or greater than	less than	equal to or greater than	less than	
<b>Anthracitic</b>									
meta-anthracite	98	+++	+++	2	+++	+++	+++	+++	nonagglomerating
anthracite	92	98	2	8	+++	+++	+++	+++	
semianthracite †	86	92	8	14	+++	+++	+++	+++	
<b>Bituminous</b>									
low-volatile bituminous	78	86	14	22	+++	+++	+++	+++	commonly agglomerating ‡
medium-volatile bituminous	69	78	22	31	+++	+++	+++	+++	
high-volatile A bituminous	+++	69	31	+++	14,000 ‡	...	32.6	...	
high-volatile B bituminous	+++	+++	+++	+++	13,000 ‡	14,000	30.2	32.6	
high-volatile C bituminous	+++	+++	+++	+++	11,500	13,000	26.7	30.2	agglomerating
<b>Subbituminous</b>									
subbituminous A	+++	+++	+++	+++	10,500	11,500	24.4	26.7	nonagglomerating
subbituminous B	+++	+++	+++	+++	9,500	10,500	22.1	24.4	
subbituminous C	+++	+++	+++	+++	8,300	9,500	19.3	22.1	
<b>Lignitic</b>									
lignite A	+++	+++	+++	+++	6,300	8,300	14.7	19.3	nonagglomerating
lignite B	+++	+++	+++	+++	+++	6,300	+++	14.7	

\* Moist coal contains natural inherent moisture but does not include visible water on the surface. † If agglomerating, classify in low-volatile group of the bituminous rank. ‡ Coals having 69 percent or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis are classified by fixed carbon, regardless of calorific value. § There may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous rank; there are also notable exceptions in the high-volatile C bituminous group.

**Gambar 10.** Classification of Coal Rank ASTM standards (ASTM, 2002)

Data sekunder kualitas batubara yang didapatkan merupakan data berbasis ADB (*Air Dried Basis*). untuk mengetahui peringkat batubara maka data berbasis ADB (*Air Dried Basis*) dilakukan konversi menjadi data yang berbasis dmmf (*Dried Mineral Matter Free*). berikut merupakan formula yang digunakan dalam melakukan konversi data berbasis ADB (*Air Dried Basis*) menjadi dmmf (*Dried Mineral Matter Free*):

$$\text{Fixed Carbon dmmf} = \frac{FC \text{ adb} - (0.15 * TS \text{ adb})}{100 - [IM + (1.08 * AC \text{ adb}) + (0.55 * TS \text{ adb})]} * 100 \quad (3)$$

$$\text{Volatile Matter dmmf} = 100 - \text{FC dmmf} \quad (4)$$

$$\text{Calorific Value dmmf (btu/lb)} = \frac{[(CV \text{ adb} * 1.8) - (50 * TS \text{ adb})]}{100 - (1.08 * Ash \text{ adb}) + (0.55 * TS \text{ adb})} * 100\% \quad (5)$$

$$\text{Calorific Value dmmf (MJ/kg)} = \text{Calorific Value dmmf (btu/lb} * 0.002326) \quad (6)$$

Keterangan :

FC : Fixed Carbon

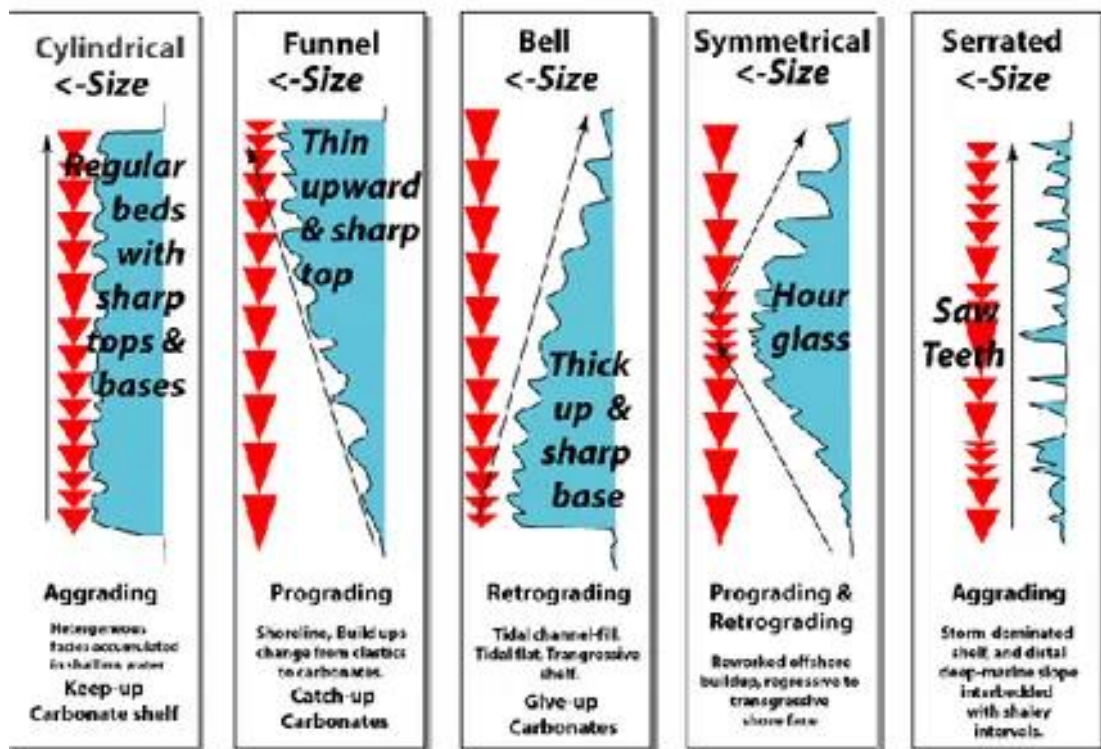
TS : *Total Sulphur*  
IM : *Inherent Moisture*  
Ash : *Ash Content*  
CV : *Calorific Value*  
VM : *Volatile Matter*  
Adb : *Air Dried Basis*  
Dmmf : *Dried Mineral Matter Free*

### 3.5 Elektrofasis

Konsep motif *log* adalah suatu metode yang mengkorelasikan bentuk pola *log* yang sama (Zaenudin, 2014). pola-pola *log* menunjukkan energi pengendapan yang berubah. yakni berkisar dari energi tingkat tinggi sampai rendah.

Dalam interpretasi geologi, suatu lompatan (*looping*) dilakukan dari energi pengendapan sampai lingkungan pengendapan, pola-pola *log* selalu diamati pada kurva *gamma ray* atau spontaneous potential, tetapi kesimpulan yang sama juga dapat didukung dari *log Neutron-Densitas*. *Log* sumur memiliki bentuk dasar yang bisa mencirikan karakteristik suatu lingkungan pengendapan. Bentuk-bentuk dasar tersebut dapat berupa *cylindrical, serrated, bell, funnel dan symmetrical*.

Elektrofasis dianalisis dari pola kurva *log gamma ray* (GR). *Log gamma ray* mencerminkan variasi dalam satu suksesi ukuran besar butir. Suatu suksesi ukuran besar butir tersebut menunjukkan perubahan energi pengendapan. Tiap-tiap lingkungan pengendapan menghasilkan pola energi pengendapan yang berbeda. **Gambar 12.** menunjukkan lima pola bentuk dasar dari kurva *log GR* sebagai respons terhadap proses pengendapan.



Gambar 11. Model elektrofases karbonat (Putri et al., 2018)

Beberapa bentuk dasar *Log* sumur yang bisa mencirikan karakteristik suatu lingkungan pengendapan yaitu *Cylindrical*, *Irregular*, *Bell*, *Funnel*, dan *Symmetrical* Gambar 11.

- *Cylindrical*

Bentuk *cylindrical* diasosiasikan dengan akumulasi fasies yang heterogen pada lingkungan *shallow water*. Kondisi respon pertumbuhan *reef* terhadap kenaikan muka air laut relatif yaitu *keep up carbonates shelf*.

- *Serrated*

Bentuk *serrated* di asosiasikan dengan endapan strom dominated shelf, dan distal deep-marine slope yang umumnya mengindikasikan lapisan tipis silang siur (*thin interbedded*) dengan *shale*.

- *Bell shaped*

*Trend* menghalus ke arah atas memperlihatkan penurunan nilai rekaman kadar sinar *gamma* ke arah atas suatu paket batuan. Bentuk *bell* ini selalu diasosiasikan sebagai *fining upward*. Bentuk *bell* merupakan rekaman dari endapan tidal-

channel fill, tidal flat, transgressive shelf. Kondisi respon pertumbuhan reef terhadap kenaikan muka air laut relatif yaitu give up carbonates shel.

- *Funnel shaped*

Bentuk *funnel* merupakan kebalikan dari bentuk bell dengan dampak ketidaksesuaian batas geologi dan tata waktu/tuntunannya. dan selalu diasosiasikan sebagai *coarsening upward*. Bentuk dari *log gamma ray* memperlihatkan peningkatan rekaman kadar sinar *gamma ray* ke arah atas dalam suatu paket batuan. Bentuk *funnel* merupakan hasil dari *shoreline*. perubahan berkembangnya dari endapan *clastic* ke *carbonates*. Kondisi respon pertumbuhan reef terhadap kenaikan muka air laut relatif yaitu *catch-up carbonates shelf*.

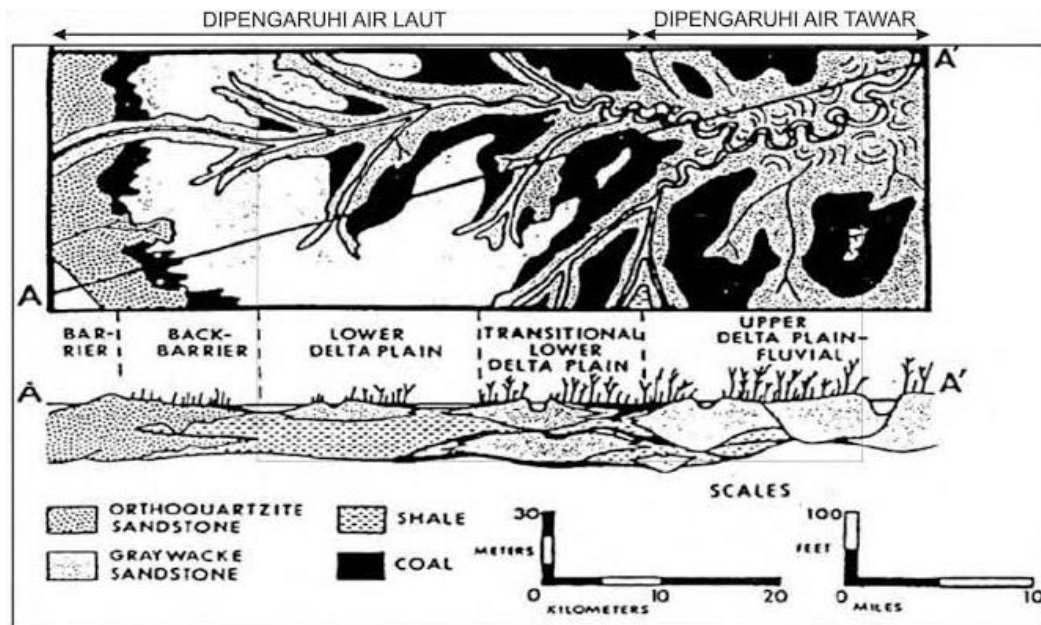
- *Symmetrical shaped*

Bentuk *symmetrical* merupakan keserasian kombinasi bentuk *bell-funnel* yaitu merupakan kombinasi *coarsening fining upward*. Bentuk *symmetrical* merupakan hasil dari *reworked offshore buildup*. dari regresif ke transgresif *shoreface*.

### 3.6 Lingkungan Pengendapan

Menurut (Diesel. 1992). lingkungan pengendapan adalah tempat atau wadah terendapkannya sedimen dalam suatu kondisi fisik, kimia, dan *biologi* tertentu. Lingkungan pengendapan merupakan keseluruhan dari kondisi fisik, kimia dan *biologi* pada tempat dimana material sedimen terakumulasi. Lingkungan pengendapan bisa ditentukan berdasarkan struktur sedimennya. Lingkungan pengendapan sebagai lingkungan tempat terakumulasinya sedimen yang dipengaruhi oleh aspek fisik, kimia dan *biologi* yang dapat mempengaruhi karakteristik sedimen yang dihasilkan. Identifikasi lingkungan pengendapan dapat dilakukan dengan mendiagnosis kondisi batas seperti geometri, materi, energy. Parameter *biologi* dari lingkungan pengendapan, seperti pertumbuhan tanaman. Dan kehadiran dari sisa organisme disebut sebagai material pengendapan seperti klastik dan nonklastik (krumbein dan sloss). Lingkungan pengendapan batubara pada **Gambar 13**. menerangkan hubungan antara genesa batubara dan batuan

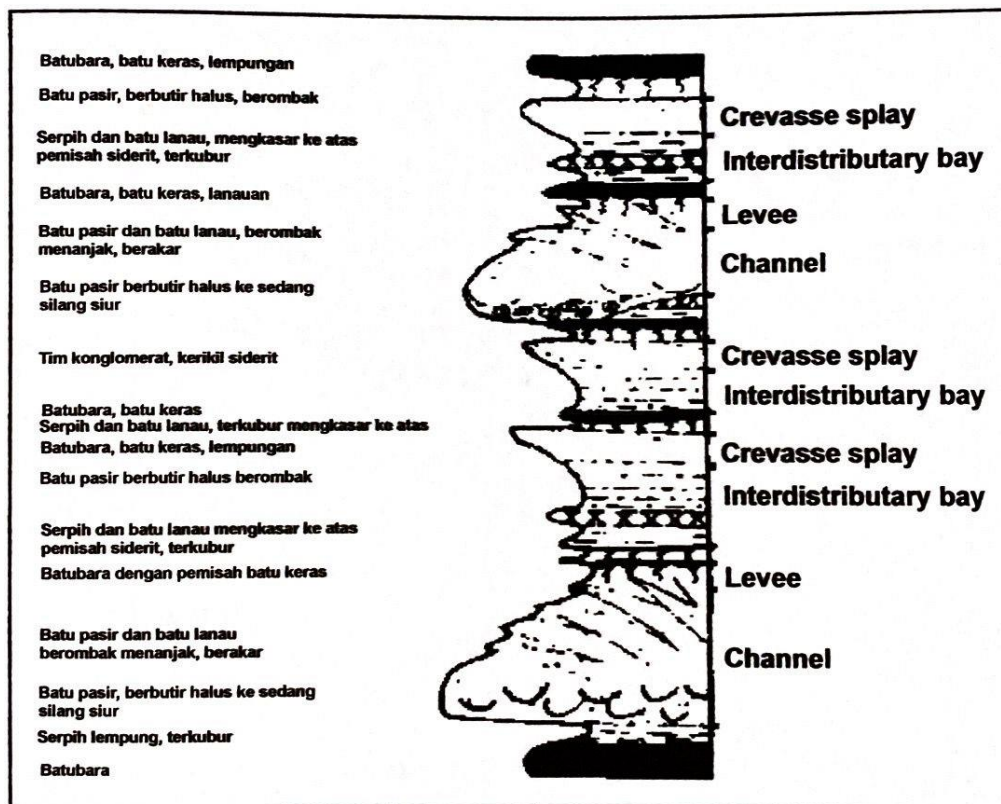
sekitarnya baik secara vertikal maupun lateral pada suatu cekungan pengendapan dalam kurva waktu tertentu.



**Gambar 12.** Model lingkungan pengendapan batubara pada lingkungan delta (Diesel. 1992).

Identifikasi dari macam-macam lingkungan pengendapan seperti **Gambar 12.** Lebih dari 90% batubara diendapkan pada lingkungan rawa-rawa yang berdekatan dengan pantai atau disebut juga lingkungan paralik. Daerah seperti itu dapat dijumpai di dataran Pantai, lagunal, deltaic, maupun fluvial. Ada enam lingkungan pengendapan utama batubara menurut Diesel (1992). Antara lain *gravelly braid plain*, *sdany braid plain*, *alluvial valley*, dan *upper delta plain*, *lower delta plain*, *back barrier strandplain*, serta *estuary*. Tiap lingkungan pengendapan memiliki asosiasi yang berbeda dan menghasilkan karakter batubara yang berbeda namun pada daerah penelitian berada pada daerah *transitional lower delta plain*. sebagai berikut :

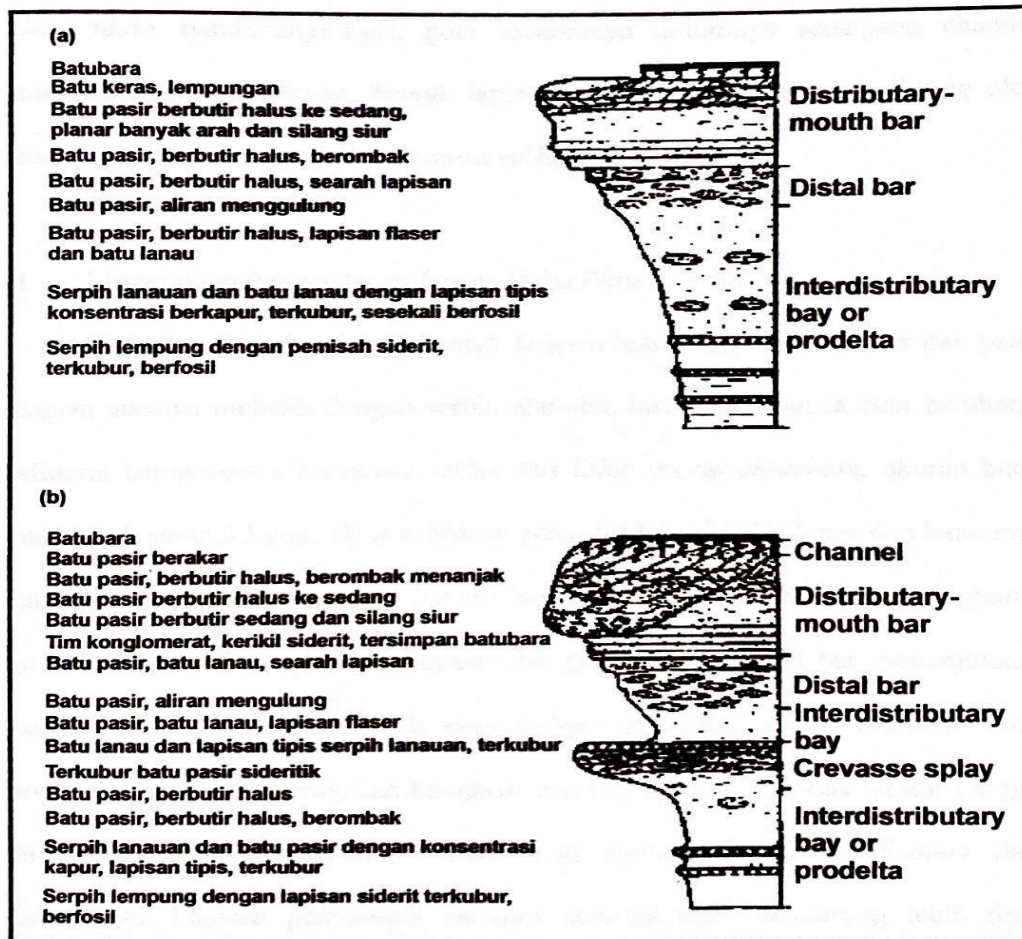
- Lingkungan Pengendapan *Transitional Lower Delta Plain*



**Gambar 13.** Penampang Lingkungan Pengendapan bagian *Transitional Lower Delta Plain* Diesel (1992).

Zona di antara *lower* dan *upper delta plain* dijumpai zona transisi yang mengandung karakteristik litofasies dari kedua skuen tersebut seperti **Gambar 13**. *Channel* pada *transitional delta plain* ini berbutir halus daripada di *upper delta plain*, dan migrasi lateralnya hanya satu arah, *Levee* berasosiasi dengan *channel* yang menebal dan menembus akar secara melas daripada *lower delta plain*. Batu pasir tipis *crevasse splay* umum terdapat pada endapan ini, tetapi lebih sedikit banyak daripada di *lower delta plain* namun tidak sebanyak di *upper delta plain*. Lingkungan *transitional lower delta plain* batubaranya tebal dapat lebih dari 10 m tersebar meluas cenderung memanjang jurus pengendapan. tetapi kemenerusan secara lateral sering terpotong *channel*. bentuk lapisan batubara ditandai *splitting* akibat *channel* kontemporer dan *washout* oleh *channel subsekuen* dankandungannya sulfurnya agak rendah.

- Lingkungan Pengendapan *Lower Delta Plain*



**Gambar 14.** Penampang Lingkungan Pengendapan bagian *Lower Delta Plain* (Claus F. K. Diessel, 1992).

Endapan yang mendominasi adalah serpis dan batulanau yang mengkasar ke atas. Pada bagian bawah dari teluk terisi oleh urutan lempung-serpis abu-abu gelap sampai hitam, kadang-kadang terdapat *mudstone* siderit yang penyebarannya tidak teratur. Pada bagian atas dari skuen ini terdapat batupasir dengan struktur ripples dan struktur lain yang ada hubungannya dengan arus. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 14**, menunjukkan bertambahnya energi pada perairan dangkal ketika teluk terisi endapan yang mengakibatkan terbentuk permukaan dimana tanaman menancapkan akarnya, sehingga batubara dapat terbentuk. Lingkungan *lower delta plain*: batubaranya tipis, pola sebarannya umumnya sepanjang channel atau jurus pengendapan, bentuk lapisan ditandai



oleh hadirnya *splitting* oleh endapan *crevasse splay* dan kandungan sulfurya agak tinggi.

### 3.7 Maseral pada Batubara

Secara optik bahan-bahan organik pembentuk batubara disebut maseral (*maceral*). Maseral pada batubara *analog* dengan mineral pada batuan atau bagian terkecil dari batubara yang bisa teramati dengan mikroskop. Maseral-maseral ini dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama yaitu kelompok vitrinit, liptinit (eksinit), dan inertinit. Pengelompokkan ini didasarkan pada bentuk, morfologi, ukuran, relief, struktur (*internal structure*), kesamaan komposisi kimia, warna pantulan, dan intensitas refleksi serta tingkat pematubaraan (*degree of coalification*) (Widodo & Antika, 2012) Ketiga grup maseral tersebut mencerminkan komposisi kimia dan sifat fisik. Pembentuk maseral berasal dari sisa-sisa tumbuhan selama tahap awal akumulasi gambut yang tergantung pada tipe dari komunitas tumbuhan, iklim, dan kontrol ekologi serta kondisi lingkungan pengendapan.

- Kelompok Vitrinit

Kelompok ini berasal dari tumbuhan yang mengandung serat kayu (*woody tissues*) seperti batang, dahan, akar, dan serat-serat daun. Vitrinit adalah bahan utama penyusun batubara (bisaanya lebih dari 50%) kecuali untuk batubara Gondwana (Qadaryati, 2019). Pengamatan dengan mikroskop sinar langsung (*transmitted light microscope*) kelompok vitrinit menunjukkan warna coklat kemerahan sampai gelap, tergantung dari tingkat ubahan (metamorfosa) batubara itu. Semakin tinggi tingkatan suatu batubara semakin gelap terlihatnya maseral tersebut di bawah mikroskop dan demikian pula sebaliknya. Kelompok vitrinit mengandung unsur hidrogen dan zat terbang yang persentasenya berada di antara kelompok inertinit dan liptinit (eksinit). Klasifikasi maseral pada batubara diperlihatkan pada **Tabel 1**.

Menurut (Hower, 2002), sedikitnya kandungan vitrinit dapat memberikan petunjuk bahwa lapisan batubara tersebut relatif berada di bagian atas, sedangkan banyaknya vitrinit menunjukkan lapisan batubara tersebut berada di bagian bawah. Pada lingkungan *lower delta plain* (laut dangkal) umumnya

kandungan vitrinit banyak. sedangkan sebaliknya pada lingkungan *upper delta plain* (laut dalam) dan *meandering fluvial*. bila vitrinit banyak. maka ditafsirkan kecepatan penurunan cekungan berjalan cepat. artinya muka air tinggi. sedangkan jika kandungan vitrinit sedikit ditafsirkan kecepatan penurunan berjalan pelan. artinya muka air rendah. *Telocollinit* akan banyak terbentuk di bawah kondisi air tawar. sedangkan *desmocollinit* akan banyak terbentuk di bawah kondisi *marine*.

- Kelompok Liptinit (Ekstinit)

Kelompok ini sering juga disebut ekstinit (*extinite*) berasal dari jenis tanaman yang relatif rendah tingkatannya seperti spora (*spores*). ganggang (*algae*). kulit luar (*cuticles*). getah tanaman (resin). dan serbuk sari (*pollen*). Kelompok ekstinit ini terlihat sebagai maseral yang berwarna terang. kuning sampai kuning tua di bawah sinar langsung. sedangkan di bawah sinar pantul kelompok ekstinit menunjukkan pantulan berwarna abu-abu sampai gelap. Kelompok ekstinit mengandung unsur hidrogen yang paling banyak di antara maseral lainnya.

- Kelompok Inertinit

Kelompok inertinit diduga berasal dari tumbuhan yang sudah terbakar (*charcoal*) dan sebagian lagi diperkirakan berasal dari maseral lainnya yang telah mengalami proses oksidasi atau proses “*decarboxylation*” yang disebabkan oleh jamur dan bakteri (proses biokimia). Dalam proses karbonisasi. kelompok inertinit sangat lamban bereaksi (*inert*). Kelompok inertinit mengandung unsur hidrogen yang terendah di antara dua kelompok lainnya. Berdasarkan struktur. tingkat pengawetan (*preservation*). dan intensitas pembakaran. kelompok inertinit dibedakan menjadi *fusinit*. *semifusinit*. *sclerotinit*. *mikirinit*. *inertodetrinit*. dan *macrinit*.

**Tabel 1.** Klasifikasi Maseral pada Batubara (Widodo dan Antika, 2012)

Grup Maseral	Subgrup Maseral	Maseral
<i>Vitrinite</i> ( <i>Huminite</i> )	<i>Telo-vinite</i>	<i>Textinite</i> <i>Texto-ulminite</i> <i>Eu-ulminite</i> <i>Telecolinite</i>
	<i>Detro-vinite</i>	<i>Atinite</i> <i>Desinite</i> <i>Desmocolinite</i>
	<i>Gelo-vinite</i>	<i>Corpogelinite</i> <i>Pongelinite</i> <i>Eugilinite</i>
<i>Liptinite</i>		<i>Sporinite</i> <i>Qutinite</i> <i>Resinite</i> <i>Suberinite</i> <i>Fluorinite</i> <i>Liptodetrinite</i> <i>Exudatinite</i> <i>Bituminite</i>
<i>Inertinite</i>	<i>Telo-inertinite</i>	<i>Fusinite</i> <i>Semifusinite</i> <i>Sclerotinite</i>
	<i>Detro-inertinite</i>	<i>Inertodetrinite</i> <i>Micrinite</i>
	<i>Gelo-inirtenite</i>	<i>Macrinite</i>

Pembagian kelompok maseral seperti pada **Tabel 1.** umumnya dipakai untuk jenis batubara yang berderajat tinggi (*hardcoal*). sedangkan untuk batubara berderajat rendah mulai dari lignit sampai *subbituminus* (*brown coal*). demikian pula dengan maseral dan variasi maseral nya dibedakan pula sesuai dengan struktur dan morfologinya. Terminologi liptinit (*eksinit*) dan inertinit masih tetap dipertahankan pada batubara tingkat rendah karena kenampakan maseral ini di kedua tingkatan tersebut masih tetap sama.

### 3.8 Perhitungan Nilai TPI dan GI

Dalam penentuan fasies lingkungan pengendapan. Diesel menggunakan dua parameter yaitu *Tissue Preservation Index* (TPI) dan *Gelification Index* (GI). Harga TPI ditentukan dari perbandingan antara maseral-maseral yang terawetkan (tellinit.

telocollinit, fusinit, dan semifusinit) dengan maseral-maseral yang struktur selnya tidak terawetkan dengan baik (*desmocollinit*, *makrinit* dan *inertodetrinit*). Pengrusakan struktur sel oleh organisme akan sangat mudah terjadi pada tanaman yang banyak mengandung selulosa (tumbuhan perdu dan *angiospermae*), namun tanaman yang banyak mengandung lignin (tumbuhan kayu) akan sukar dihancurkan. Sehingga peningkatan harga TPI menunjukkan peningkatan prosentase kehadiran tumbuh-tumbuhan kayu (jika peningkatan harga TPI tersebut akibat banyaknya tellinit dan telocollinit). Jika harga TPI tinggi dikarenakan banyaknya fusinit atau semifusinit maka ini menunjukkan proses dekomposisi yang diakibatkan oleh proses oksidasi yang berlangsung dengan cepat (pembakaran hutan).

*Gelification Index* (GI) merupakan suatu perbandingan maseral yang terbentuk karena proses gelifikasi (vitritinit dan makrinit) terhadap maseral yang terbentuk karena proses oksidasi (fusinit, semifusinit, dan inertodetrinit). Kondisi yang baik untuk terbentuknya vitritinit dan makrinit adalah jika gambut selalu dalam kondisi basah dan suplai oksigen terbatas yaitu jika muka air tanah berada atau sedikit di atas permukaan gambut. Sehingga dari harga GI dapat diinterpretasikan muka air tanah relatif tinggi terhadap permukaan gambut. Kombinasi TPI dan GI dapat dipergunakan untuk memperkirakan derajat dekomposisi dan kecepatan akumulasi tumbuh-tumbuhan. Diagram yang menggunakan parameter TPI dan GI oleh Diesel ditentukan berdasarkan formula sebagai berikut:

$$TPI = \frac{Humotelinit + Teloinertinit}{Humodetrinit + Humokolinit + Inertodetrinit + Geloinertinit} \quad (7)$$

$$GI = \frac{Huminit - Geloinertinit}{Inertinit \text{ (Tidak termasuk Sakrinit dan makrinit)}} \quad (8)$$



## 4.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan selama Tugas Akhir ini yaitu :

1. Data Sumur (Data *Log* dan Data Core)
2. Data Kualitas (Data Proksimat dan Data Maseral)
3. *Software WellCAD*.
4. *Software Corel Draw 2021*.
5. *Software ArcGIS 10.8*.
6. *Microsoft Office 2010 (Ms. Word dan Ms. Excel)*.
7. *Personal Computer (PC)*.

## 4.3 Prosedur penelitian

Adapun langkah-langkah yang digunakan penulis dalam tugas akhir seperti berikut:

### 1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data *log* dengan format \*.LAS. data *core* berupa foto *core*, koordinat lokasi sumur berupa *easting*, *northing*, dan elevasi. serta data kualitas proksimat berupa *total moisture*, *ash content*, *fixed carbon*, *volatile matter*, *total sulphur*, dan *calorific value* dan data kualitas maseral berupa TPI (*Tissue Preservation Index*) dan GI (*Gelification Index*).

### 2. Pengolahann Data

Dalam Pengolahann data yang diberikan dalam format \*.WCL yang berisikan informasi mengenai *Log Gamma ray* dan *Log Densitas* digunakan untuk mengetahui secara langsung keadaan di bawah permukaan dengan memasukkan kombinasi alat *log* tersebut ke dalam sumur bor yang pengukurannya berdasarkan sifat-sifat fisik batuan dengan target yaitu mencari lapisan batubara.

- Pada *Log Gamma ray* dapat mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur-unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan di sepanjang lubang bor. Unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan tersebut di antaranya *Uranium*, *Thorium*, *Potassium*, *Radium*, dan lain-lainnya. Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam shale dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone*, *limestone*, *dolomite*, *coal*, *gypsum*, dan lain-lainnya. Oleh karena itu shale akan memberikan respon *gamma ray* yang sangat signifikan

dibandingkan dengan batuan yang lainnya. *Log sinar gamma* sederhana memberikan rekaman kombinasi dari tiga unsur radioaktif, sedangkan spektral *gamma ray* menunjukkan masing-masing unsur radioaktif (Rider, 1996). *Log gamma ray* memiliki satuan API (*American Petroleum Institute*).

- Selanjutnya ada *Log Densitas* dimana pada *Log Densitas* merupakan suatu tipe *log* porositas yang mengukur densitas elektron suatu formasi. Prinsip pencatatan dari *log* densitas adalah suatu sumber radioaktif yang dimasukkan ke dalam lubang bor mengemisikan sinar gamma ke dalam formasi. Pada formasi tersebut sinar akan bertabrakan dengan elektron dari formasi. Pada setiap tabrakan sinar gamma akan berkurang energinya. Sinar gamma yang terhamburkan dan mencapai detektor pada suatu jarak tertentu dari sumber dihitung sebagai indikasi densitas formasi. Jumlah tabrakan merupakan fungsi langsung dari jumlah elektron didalam suatu formasi. Karena itu *log* densitas dapat mendeterminasi densitas elektron formasi dihubungkan dengan densitas bulk sesungguhnya didalam gr/cc. Harga densitas matriks batuan, porositas, dan densitas fluida pengisi formasi. *Log* densitas merupakan *log* yang sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi batubara. Pada *log* ini batubara memiliki harga densitas yang rendah karena batubara memiliki densitas matrix yang rendah. Hal tersebut dapat menyebabkan porositas semu batubara akan menurun sedangkan densitas batubara akan meningkat.

### 3. Korelasi

Korelasi merupakan suatu proses yang digunakan untuk menghubungkan titik-titik kesamaan waktu atau penghubungan satuan-satuan stratigrafi dengan memepertimbangkan kesamaan waktu. Ada tiga prinsip korelasi, yaitu:

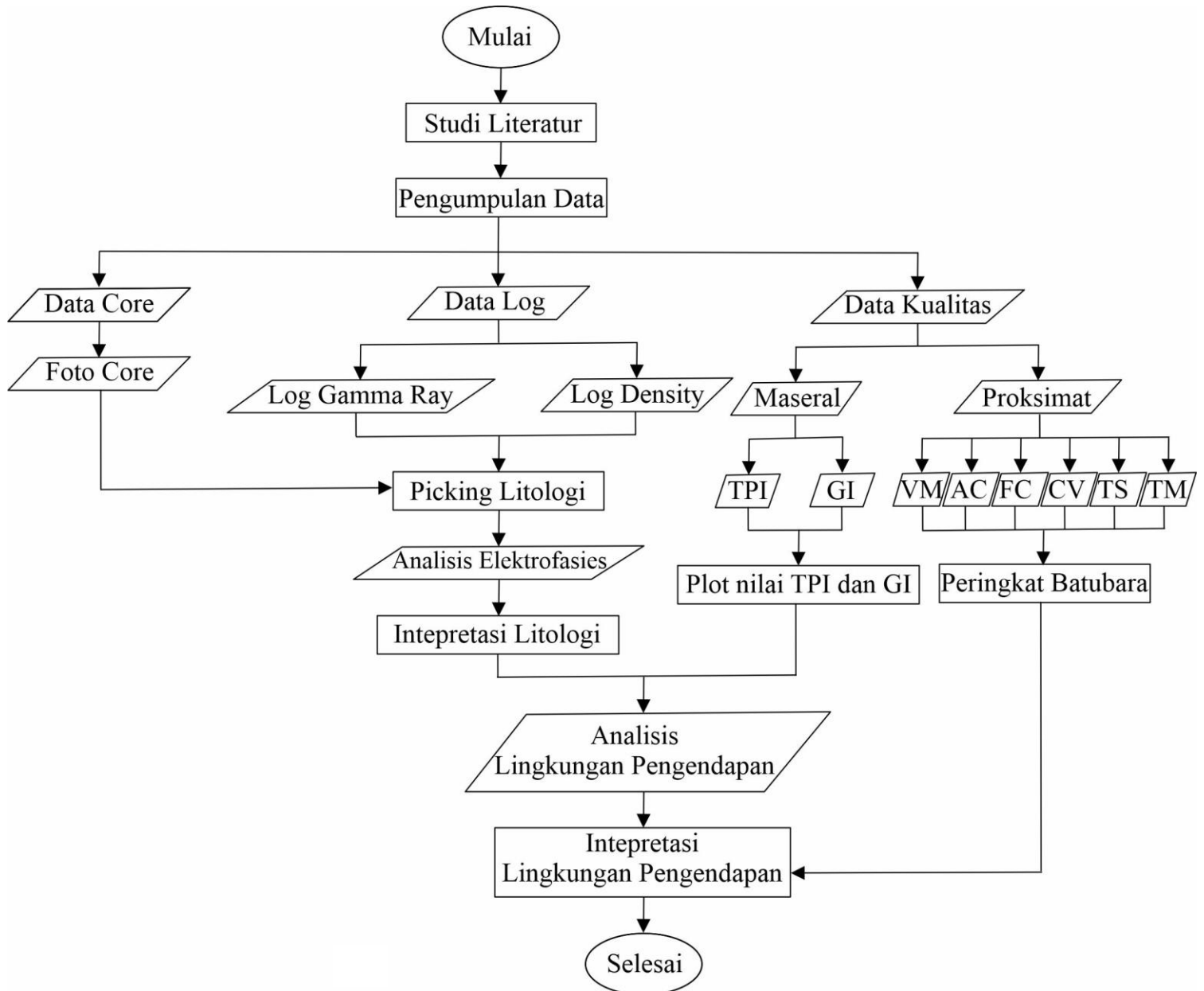
- Litokorelasi, yang menghubungkan unit yang sama pada *litologi* dan posisi stratigrafinya.
- Bio korelasi, yang secara cepat menyamakan fosil dan posisi biostratigrafinya.
- Krono korelasi, yang secara cepat menyesuaikan umur dan posisi kronostratigrafi.

#### 4. Interpretasi

Interpretasi *log* merupakan bagian dari penilaian formasi yang dilakukan untuk menentukan parameter batuan reservoir dari hasil rekaman *log*. Dari hasil interpretasi ini didapatkan parameter utama seperti ketebalan lapisan, volume pori (porositas), dan fraksi ruang pori yang dipenuhi dengan hidrokarbon (saturasi) yang diperlukan untuk menentukan besarnya cadangan hidrokarbon. Interpretasi dilakukan untuk mengetahui pola dan makna dari perlapisan batubara sesuai dengan hasil korelasi 2D dan struktur *geologi* daerah penelitian serta kondisi bawah permukaan dengan faktor-faktor yang menyebabkannya. Kemudian dilakukan perbandingan antara masing-masing respon *log gamma ray* dan *log* densitas terhadap parameter-parameter kualitas batubara agar didapatkan hubungan antara nilai *log* geofisika dengan kualitas batubara. Selain itu juga dilakukan interpretasi pengaruh intrusi anesit terhadap kualitas batubara.



## 4.4 Diagram Alir



Gambar 15. Diagram Alir

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir yang dilakukan di daerah Banko Tengah Selatan PT.Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan analisis proksimat menggunakan standart ASTM didapatkan hasil rata-rata kandungan batubara pada pit SJS yaitu . memiliki nilai rata-rata zat terbang (VM) sebesar 40.48% adb, kandungan karbot terhambat (FC) sebesar 39.61% adb, kandungan abu (Ash) sebesar 5.06% adb, kalori (CV) sebesar 579% adb atau dalam peringkat batubara dengan nilai rata-rata 10973.9 Btu/lb dan 24.4 Mj/Kg, kadar air lembab (TM) sebesar 29.17% adb, dan sulfur (TS) sebesar 0.94% adb.
2. Berdasarkan perhitungan TPI-GI yang dilakukan maka didapatkan nilai rata-rata batubara seam B2 sebesar 0.636 atau  $<1$  yang terendapkan oleh tanaman perdu atau tanaman rambat sehingga menghasilkan kalori yang cukup rendah. Pada seam C memiliki nilai rata-rata sebesar 1.044 dan pada seam D memiliki nilai rata-rata 1.099 yang mentafsirkan bahwa pada seam C dan seam D memiliki nilai  $TPI > 1$  yang menjelaskan bahwa tipe vegetasi yang dominan adalah tumbuhan berkayu dengan tingkat pengawetan jaringan yang baik. Namun untuk nilai GI pada daerah penelitian memiliki nilai  $< 10$  yang mengindikasikan proses penggabutan mengalami oksidasi yang lebih intensif atau gambut terendapkan pada kondisi langsung dengan udara atau oksigen (kering).

3. Berdasarkan hasil analisa profil penampang stratigrafi terukur memiliki 5 macam pola elektrofases yaitu *Irreguller*, *Symmetrical*, *Funnel*, *Cylindrical*, dan *Bell*. Berdasarkan pendekatan *Diesel* (1978) yang menyatakan bahwa penampang dan model lingkungan pengendapan Batubara B2 terletak pada lingkungan *Lower Delta Plain* sedangkan Batubara C dan D terletak pada lingkungan *Transitional Lower Delta Plain*. Dimana pada seam B2 terendapkan pada kondisi rawa fan dan masuk kedalam penampang *Distributary Mouth Bar*. Sedangkan pada seam C dan D terendapkan pada rawa *wet forest swamp* dan masuk kedalam penampang *Crevasse Splay*, *Interdistributary Bay*, dan *Levee*.

## **6.2 Saran**

Pada penelitian ini disarankan untuk memeriksa lebih lanjut daerah penelitian secara langsung terutama pada perlintasan menuju seam D. Sebaiknya perbanyak data sumur agar saling berhubungan antar jenis seam dan sebaiknya dilakukan pengambilan sampel pada titik yang lebih banyak yang dapat mewakili satu pit SJS. dan perbanyak data maseral yang lebih detail agar terlihat nilai pasti kandungan tumbuhan yang terendapkan pada setiap seam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, D., & Mulyatno, B. S. (2020). Identifikasi Dan Estimasi Sumber Daya Batubara Menggunakan Metode Poligon Berdasarkan Intepretasi Data Logging Pada Lapangan "Ada", Sumatera Selatan. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 4(1), 73–87. <https://doi.org/10.23960/jge.v4i1.8>
- Ahmad, Z., Mandala, T. A., & ... (2019). Identifikasi Fasies Dan Lingkungan Pengendapan Batubara Di Air Laya Utara, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. In ... dan Aplikasi (Senitia .... [http://repository.lppm.unila.ac.id/16498/%0Ahttp://repository.lppm.unila.ac.id/16498/1/Ahmad Zaenudin\\_FT\\_Unila-Senitia 2019.pdf](http://repository.lppm.unila.ac.id/16498/%0Ahttp://repository.lppm.unila.ac.id/16498/1/Ahmad%20Zaenudin_FT_Unila-Senitia%202019.pdf)
- Ardinata, S., Herniti, D., & Pranajati, A. (2022). Analisis Proksimat Batubara Menggunakan Standar Astm Pada Pt. Cahaya Bumi Perdana Kabupaten Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 22(1), 11–15. <https://doi.org/10.37412/jrl.v22i1.130>
- Arista, N. (2017). Analisis Pengaruh Produksi Pertambangan Terhadap Tingkat Degradasi Lahan Hutan di Indonesia. *Skripsi Fakultas Ekonomi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan*.
- Bishop, M. G. (2001). *USGS science for a changing world SOUTH SUMATRA BASIN PROVINCE, INDONESIA: THE LAHAT/TALANG AKAR-CENOZOIC TOTAL PETROLEUM SYSTEM*.
- Diessel, C. F. K. (1992). Coal-Bearing Depositional Systems. In *Coal-Bearing Depositional Systems*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-75668-9>
- Dwi Putro, S., Santoso, A., & Hidayat, W. (2014). Analisa Log Densitas dan Volume Shale terhadap Kalori, Ash Content dan Total Moisture pada Lapisan Batubara berdasarkan Data Well Logging Daerah Banko Pit 1 Barat, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Doctoral Dissertation, UPN Veteran Yogyakarta*.
- Hower, J. C. (2002). Coal Geology. *International Journal of Coal Geology*, 53(1), 65–67. [https://doi.org/10.1016/s0166-5162\(02\)00182-9](https://doi.org/10.1016/s0166-5162(02)00182-9)
- Malcolm Rider. (1996). *Theo Geological Intepretation of Well Logs*.

- Monita, A., Aryanto, N., & Ashari, Y. (2021). Kajian lingkungan pengendapan batubara berdasarkan analisis petrografi organik pada Formasi Muara Enim, Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 17(3), 123–133. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol17.no3.2021.1160>
- Pratiknyo, S. (2018). *Estimation of Oil and Gas Reserves Based on Petrophysical Analysis and Seismic Interpretation on Talang Akar Formation and Lemat Formation in “Rf” Field South Sumatera Basin.*
- Pratiwi, R., Nugroho, H., Widiarso, D. A., & Lesmana, R. (2013). Pengaruh Struktur Dan Tektonik Dalam Prediksi Potensi Coalbed Methane Seam Pangadang-a, Di Lapangan “Dipa”, Cekungan Sumatera Selatan, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. *Geological Engineering E-Journal*, 5(2), 417–433. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geologi/article/view/5852>
- Purnama, A. B., Salinita, S., Sudirman, S., Sendjaja, Y. A., & Muljana, B. (2018). Penentuan lingkungan pengendapan lapisan Batubara D, Formasi Muara Enim, Blok Suban Burun, Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol14.no1.2018.182>
- Putri, D. D., Mardiana, U., Firmansyah, Y., & Yoga, P. (2018). *Sebaran Fasies Pengendapan Restricted Platform- Lagoon Batuan Karbonat Kelompok Mentawa Di Lapangan “ S N ” Cekungan Banggai-Sula , Sulawesi Tengah Berdasarkan Data Core , Biostratigrafi ,.* 462–472.
- Qadaryati, N., Praditya, D. T., Hidajat, W. K., & Martiningtyas, I. (2019). Penentuan Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Karakteristik dan Maseral Batubara di PT X, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 2(3), 107. <https://doi.org/10.14710/jgt.2.3.2019.107-116>
- R. Dennis Cook. (1992). *An Introduction to Regression Graphics.*
- Sukandarrumidi. (2009). *Bahan Galian Indsutri.*
- Widodo, S., & Antika, R. (2012). *Studi fasies pengendapan Batubara berdasarkan komposisi maseral di Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan.*