

**SKRIPSI**

**STUDI *FACIES* PENGENDAPAN MENGGUNAKAN  
METODE *ELECTROFACIES* AREA PIT *SOUTH* PINANG,  
FORMASI BALIKPAPAN, PT. KALTIM PRIMA COAL**

**Disusun dan diajukan oleh**

**INDRI ANGGRENI  
D061 19 1044**



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



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## SKRIPSI

# STUDI *FACIES* PENGENDAPAN MENGGUNAKAN METODE *ELECTROFACIES AREA PIT SOUTH PINANG*, FORMASI BALIKPAPAN, PT. KALTIM PRIMA COAL

Disusun dan diajukan oleh

**INDRI ANGGRENI**  
**D061 19 1044**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Srata (S1) pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin*

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



## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### STUDI *FACIES* PENGENDAPAN MENGGUNAKAN METODE *ELECTROFACIES* AREA PIT *SOUTH* PINANG, FORMASI BALIKPAPAN, PT. KALTIM PRIMA COAL

Disusun dan diajukan oleh :

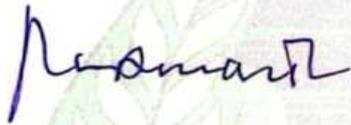
**INDRI ANGGRENI**  
**D061 19 1044**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 23 Februari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

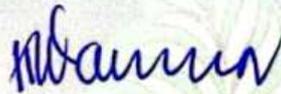
Pembimbing Utama

Menyetujui,

Pembimbing Pendamping



**Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M. T**  
NIP. 19611231 198903 1 019



**Prof. Dr. rar.nat. Ir. A. M. Imran**  
NIP. 119630605 1989031 005

Ketua Departemen Teknik Geologi  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Dr. Eng Hendra Pachri, S.T., M.Eng.**  
NIP. 197712142005011002



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Indri Anggreni  
NIM : D061191044  
Program Studi : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

***Studi Facies Pengendapan Menggunakan Metode Electrofacies Area PIT  
South Pinang, Formasi Balikpapan, PT. Kaltim Prima Coal***

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

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

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

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 1 Maret 2024



Yang Menyatakan



10000  
SEPULUH RIBU RUPIAH  
METERAI  
TEMPEK  
71FAKX029316025  
Indri Anggreni

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami ucapkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkah dan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Studi Facies Menggunakan Metode *Electrofacies* Area Pit South Pinang, Formasi Balikpapan, PT. Kaltim Prima Coal**”

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini di antaranya:

1. Bapak Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M. T sebagai dosen pembimbing kami yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan baik dalam proses pengambilan dan pengolahan data, serta penulisan laporan. Semoga Allah lancarkan dan memudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
2. Bapak Prof. Dr. rer. nat. Ir. A. M. Imran sebagai dosen pembimbing kami yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan baik dalam proses pengambilan dan pengolahan data, serta penulisan laporan. Semoga Allah lancarkan dan memudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
3. Bapak Dr. Ir. M. Fauzi Arifin, M. Si sebagai dosen penguji kami yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan. Semoga Allah lancarkan dan memudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
4. Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, ST, MT sebagai dosen penguji kami yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan. Semoga Allah lancarkan dan memudahkan urusan – urusan ibu yang akan datang.
5. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Semoga Allah lancarkan dan memudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
6. Bapak Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan perkuliahan. Semoga Allah lancarkan dan memudahkan urusan – urusan Bapak dan Ibu yang akan datang.
7. Bapak M. Munir Zein Damar selaku *Manager* di *Geology Department*, PT. Kaltim Prima Coal. Semoga Allah lancarkan dan memudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.



8. Bapak Eko Nurtanto selaku *Superintendent di Mine Geo Section, Geology Department*, PT. Kaltim Prima Coal. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
9. Bapak Todo Hutagalung dan bapak Moh. Erwin Marqy selaku pembimbing di PT. Kaltim Prima Coal, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, kritik, dan saran selama proses penyusunan skripsi ini. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
10. *Engineer* serta karyawan *Geology Department* di PT. Kaltim Prima Coal atas bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
11. Kepada para tenaga pendidik dan staf Teknik Geologi yang selalu membantu kami di Departemen Teknik Geologi.
12. Kepada Kedua Orangtua kami, Muh. Yunus dan Hasmawati yang senantiasa mengiringi do'a kepada penulis demi dapat menjadi orang yang membanggakan bagi keluarga.
13. Kepada kakak kami, Yuyun Wulandari, Yuspita Hapsari, dan Asmar yang senantiasa mengiringi do'a kepada penulis agar dilancarkan dan dimudahkan urusan-urusannya.
14. Saudara Ferdi Irfan yang telah membantu dalam pengolahan data serta menjadi ruang diskusi bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini.
15. Umi Mukaromah dan Virginia Grace Thesia YL sebagai teman seperjuangan TA di PT. Kaltim Prima Coal yang telah memberikan motivasi, bantuan, ilmu, dan berjuang bersama.
16. Teman-teman Jaeger (Teknik Geologi Angkatan 2019) yang selalu menjadi penyemangat penulis dalam pengerjaan laporan.
17. Kakak-kakak dan adik-adik di Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu menjadi teman diskusi penulis dalam bidang apapun.

BarokAllahu Fiikum Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan karena hanya Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang Maha Sempurna sesuai dengan sifat-sifat-Nya, oleh karenanya saran dan masukan sangat diharapkan oleh penulis demi perbaikan skripsi ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan dapat dijadikan referensi pembaca dalam kegiatan penelitian selanjutnya.

Gowa, Januari 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>3</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>4</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>14</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>15</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>5</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>7</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>9</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>10</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>13</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian .....	4
2.1.1 Geomorfologi Regional Daerah Penelitian.....	5
2.1.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian .....	6
2.1.3 Struktur Geologi daerah Penelitian.....	8
2.2 Pengertian Batubara.....	11
2.3 Genesa Batubara.....	11
2.3.1 Pengambilan ( <i>Peatification</i> ) .....	12
2.3.2 Pembatubaraan ( <i>Coalification</i> ).....	13
2.4 Lingkungan Pengendapan Batubara .....	14
2.4.1 Model pengendapan.....	15
2.5 Tahap Eksplorasi Rinci Batubara .....	25
2.5.1 Pengeboran.....	25
2.5.2 Pencontoran.....	26
2.5.3 <i>Logging</i> Geofisika.....	26
2.6 <i>Electrofacies</i> dan <i>Lithofacies</i> .....	26
<i>Electrofacies</i> .....	27
<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>34</b>
Waktu dan Lokasi Penelitian.....	34
Variabel Penelitian .....	35



3.3.	Bahan Uji dan Alat .....	35
3.4	Metode Pengambilan dan Analisis Data.....	36
3.5	Tahapan Penelitian .....	36
3.5.1	Tahap Persiapan.....	37
3.5.2	Tahap Pengumpulan Data.....	37
3.5.3	Tahap Interpretasi dan Pengolahan Data .....	38
3.5.4	Tahap Penyusunan Laporan Akhir .....	39
3.6	Diagram Alir.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>42</b>
4.1.	Geologi Daerah Penelitian .....	42
4.1.1	Geomorfologi Daerah Penelitian.....	42
4.1.2	Stratigrafi Daerah Penelitian .....	43
4.2.	Analisis <i>Facies</i> Menggunakan Data <i>Log Gamma Ray (Electrofacies)</i> ..	45
4.2.1.	Zona A, <i>Borehole F37468 Section I</i> .....	45
4.2.2.	Zona C, <i>Borehole R37209 Section 2</i> .....	49
4.3.	Kontrol <i>Measuring Section</i> Terhadap Analisis <i>Electrofacies</i> .....	52
4.3.1.	Zona A, <i>Borehole F37468 Section 1</i> .....	53
4.3.2.	Zona C, <i>Borehole R37209 Section 2</i> .....	59
4.4.	<i>Facies</i> Pengendapan .....	66
4.4.1.	Zona A <i>Borehole F37468 Section I</i> .....	66
4.4.2.	Zona C <i>Borehole R37209 Section II</i> .....	68
<b>BAB IV PENUTUP .....</b>		<b>70</b>
5.1	Kesimpulan.....	70
5.2	Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>71</b>
<b>LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Stratigrafi regional Cekungan Kutai bagian bawah (modifikasi dari Sukardi dkk, 1995 dan Satyana dkk, 1999) .....	6
<b>Tabel 2.</b> Perbedaan antara gambut dan batubara .....	13
<b>Tabel 3.</b> Kriteria penentuan lingkungan pengendapan .....	16
<b>Tabel 4.</b> Pola respon dari <i>Log Gamma Ray</i> secara umum terhadap variasi ukuran butir .....	27



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Cekungan Kutai (Allen & Chambers, 1998) .....	4
<b>Gambar 2.</b> Struktur Geologi Cekungan Kutai (Allen & Chambers, 1998) .....	9
<b>Gambar 3.</b> Peta Geologi Lembar Sangatta, Kalimantan khususnya area PT. Kaltim Prima Coal (Sumber : Peta Geologi Lembar Sangatta, Kalimantan oleh Sukardi, N.Sikumbang, I. Umar & R. Sunaryo, 1995). Dan Struktur Geologi Cekungan Kutai khususnya area PT. Kaltim Prima Coal (sumber: Dept. Geology PT. Kaltim Prima Coal (unpublished)) .....	10
<b>Gambar 4.</b> Model pengendapan lingkungan batubara (Horne et al, 1978).....	15
<b>Gambar 5.</b> Lingkungan Pengendapan <i>Barrier</i> dan <i>Back-Barrier</i> termasuk <i>Tidal Channel</i> dan <i>Flood-Tidal Delta</i> (Horne et al, 1978).....	18
<b>Gambar 6.</b> Penampang Vertikal Endapan <i>Back-Barrier</i> (Horne et al, 1978).....	18
<b>Gambar 7.</b> <i>Distributary mounth bar</i> batupasir terpapar dalam interval di bawah batubara sepanjang jalan raya A.S. 23 utara Pikeville, Kentucky. Panel samping diagram blok berdasarkan paparan lebih dari 90% paparan (Baganz et al, 1975; Horne et al, 1978).....	19
<b>Gambar 8.</b> Terpapar dalam interval di atas Elkhorn Nos. 1 dan 2 batubara sepanjang jalan raya A.S 23 dekat Betsy Layne, Kentucky. Panel samping diagram blok berdasarkan paparan lebih dari 80% (Bagans et al, 1975; Horne et al, 1978).....	20
<b>Gambar 9.</b> Penampang Vertikal Endapan <i>Lower Delta Plain</i> dengan Pola Mengkasar Keatas (Horne et al, 1978).....	20
<b>Gambar 10.</b> Penampang Vertikal Endapan <i>Lower Delta Plain</i> yang Terganggu oleh Endapan <i>Crevasse-Splay</i> (Horne et al, 1978).....	21
<b>Gambar 11.</b> Rekontruksi Lingkungan Pengendapan <i>Transitional Lower Delta Plain</i> (Horne et al, 1978).....	22
<b>Gambar 12.</b> Penampang Vertikal Lingkungan Pengendapan <i>Transitional Lower Delta Plain</i> (Horne et al, 1978).....	22
<b>Gambar 13.</b> Rekontruksi Lingkungan Pengendapan <i>Upper Delta Plain-Fluvial</i> (Horne et al, 1978) .....	24
<b>Gambar 14.</b> Penampang Vertikal Lingkungan Pengendapan <i>Upper Delta Plain-Fluvial</i> (Horne et al, 1978).....	24
<b>15.</b> Respon <i>log gamma Ray</i> terhadap sekuen litologi (Hower, 2002 ismal, 2017).....	30
<b>16.</b> Respon log density terhadap berbagai litologi (Rider, 1996 dalam Zulkarnain, 2020).....	32



<b>Gambar 17.</b> Peta tunjuk lokasi daerah penelitian .....	34
<b>Gambar 18.</b> Diagram Alir Penelitian.....	41
<b>Gambar 19.</b> Bentuk lahan hasil aktivitas tambang .....	42
<b>Gambar 20.</b> Bentuk lahan aktivitas tambang dan timbunan.....	42
<b>Gambar 21.</b> (A) Kenampakan singkapan litologi batulanau 2G (B) Kenampakan singkapan litologi batubara O3 (C) Kenampakan singkapan litologi batulempung 1 F (D) Kenampakan singkapan litologi batupasir (2A). .....	44
<b>Gambar 22.</b> Sesar mendatar kiri .....	45
<b>Gambar 23.</b> Korelasi <i>section</i> satu ( <i>on strike</i> ) (F34965, F37211, R37031, R37815, R37825, R37468). .....	45
<b>Gambar 24.</b> <i>Gamma ray log pattern</i> Zona A <i>Borehole</i> F37468 <i>Section</i> 1.....	46
<b>Gambar 25.</b> <i>Log pattern serrated/irregular</i> pada litologi batulempung (Gambar 23.1).....	47
<b>Gambar 26.</b> <i>Log pattern bell fine up &amp; sharp base</i> pada litologi batulempung (Gambar 23.2) .....	47
<b>Gambar 27.</b> Korelasi <i>section</i> 2 (R37049, F37210, R37209, R34971, F37206, F38502, R38404, dan C38305A) .....	49
<b>Gambar 28.</b> <i>Gamma ray log pattern</i> Zona C <i>Borehole</i> R37209 <i>Section</i> 2.....	50
<b>Gambar 29.</b> <i>Log pattern cylindrical</i> pada litologi batupasir .....	50
<b>Gambar 30.</b> <i>Log pattern serrated/irregular</i> Pada litologi batulempung .....	51
<b>Gambar 31.</b> <i>Log pattern Bell Fine Up &amp; sharp base</i> Pada litologi batupasir .....	51
<b>Gambar 32.</b> <i>Log pattern serrated/irregular</i> Pada litologi batulempung .....	52
<b>Gambar 33.</b> 1A struktur <i>wavy</i> pada litologi batupasir .....	53
<b>Gambar 34.</b> Kenampakan petrografis batupasir, dengan nomor 1A pada gambar 32 (A) pada <i>section</i> I yang memperlihatkan kenampakan mineral ortoklas (Ort), biotit (Bt), kuarsa (Qz), mineral opa (opq), dan muskovit (Ms). .....	53
<b>Gambar 35.</b> (A) 1B struktur <i>lenticular</i> dan <i>lenses</i> pada litologi batulempung (B) 1C batubara seam P3 (C) 1D struktur <i>lenticular</i> pada litologi batulempung. ....	54
<b>Gambar 36.</b> Kenampakan petrografis batulempung, dengan nomor 1B pada gambar 34 (B) yang memperlihatkan kenampakan mineral lempung (MI), kuarsa (Qz) dan mineral opa (opq). .....	54
<b>Gambar 37.</b> 1E struktur <i>graded bedding</i> pada litologi batupasir .....	56
<b>Gambar 38.</b> Kenampakan petrografis batupasir, dengan nomor 1E pada gambar 36 (B) yang memperlihatkan kenampakan mineral ortoklas (Ort), biotit (Bt), kuarsa (Qz), mineral opa (opq), lithic Fragments (Lf) dan muskovit (Ms). .....	56



<b>Gambar 39.</b> (A) 1F litologi batulempung, (B) 1G batubara <i>seam</i> NU (C) 1H struktur laminasi pada litologi batulempung .....	57
<b>Gambar 40.</b> Kenampakan petrografis batulempung, dengan nomor 1F pada gambar 38 (A) yang memperlihatkan kenampakan mineral kuarsa (Qz), mineral opaq (opq), dan mineral lempung (Ml).....	57
<b>Gambar 41.</b> 2A struktur <i>flaser</i> pada litologi batupasir (B) 2B struktur <i>lenticular</i> pada litologi batulempung (C) 2C batubara <i>seam</i> NM .....	59
<b>Gambar 42.</b> Kenampakan petrografis batupasir, dengan nomor 2A pada gambar 40 (A) yang memperlihatkan kenampakan mineral kuarsa (Qz), mineral opaq (opq), ortoklas (Ort), muskovit (Ms), biotit (Bt) dan mineral lempung (Ml). .....	59
<b>Gambar 43.</b> Kenampakan petrografis batulempung, dengan nomor 2B pada gambar 41 (B) yang memperlihatkan kenampakan mineral kuarsa (Qz), mineral opaq (opq), dan mineral lempung (Ml).....	60
<b>Gambar 44.</b> (A) 2D struktur laminasi pada litologi batulempung (B) 2E <i>nodule siderite</i> pada litologi batulempung.....	60
<b>Gambar 45.</b> Kenampakan petrografis batulempung, dengan nomor 2D pada gambar 43 (A) yang memperlihatkan kenampakan mineral kuarsa (Qz), mineral opaq (opq), dan mineral lempung (Ml).....	61
<b>Gambar 46.</b> (A) Batubara <i>seam</i> NMLR (B) 2G litologi batulanau .....	61
<b>Gambar 47.</b> Kenampakan petrografis batulempung, dengan nomor 2G pada gambar 45 (A) yang memperlihatkan kenampakan mineral kuarsa (Qz), mineral opaq (opq), dan mineral lempung (Ml).....	62
<b>Gambar 48.</b> (A) 2H struktur laminasi pada litologi batulempung (B) batubara <i>seam</i> O5.....	64
<b>Gambar 49</b> Kenampakan petrografis batulempung, dengan nomor 2H pada gambar 47 (B) yang memperlihatkan kenampakan mineral kuarsa (Qz), mineral opaq (opq), dan mineral lempung (Ml).....	64
<b>Gambar 50.</b> Korelasi <i>geophysical logging</i> dan penampang stratigrafi terukur zona A <i>borehole</i> F37468 <i>section</i> I .....	66
<b>Gambar 51.</b> Korelasi <i>Geophysical Logging</i> dan penampang stratigrafi terukur Zona C <i>Borehole</i> R37209 <i>Section</i> II .....	68



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Deskripsi petrografi IA (*section 1*)
2. Deskripsi petrografi IB (*section 1*)
3. Deskripsi petrografi IE (*section 1*)
4. Deskripsi petrografi IF (*section 1*)
5. Deskripsi petrografi 2F (*section 2*)
6. Deskripsi petrografi 2B (*section 2*)
7. Deskripsi petrografi 2D (*section 2*)
8. Deskripsi petrografi 2G (*section 2*)
9. Deskripsi petrografi 2H (*section 2*)
10. Korelasi *well section I*
11. Korelasi *well section II*
12. Korelasi data permukaan dan *geophysical logging borehole F37468 section I*
13. Korelasi data permukaan dan *geophysical logging borehole R37209 section II*
14. Zona A *borehole F37468 section I* dan zona C *borehole R37209 section II*

### Lampiran Lepas :

1. Peta stasiun pengamatan
2. *Borehole F37468 section I*
3. *Borehole R37209 section II*
4. Korelasi data permukaan dan *geophysical logging zona A borehole F37468 section I*
5. Korelasi data permukaan dan *geophysical logging zona C borehole R37209 section II*
6. Penampang stratigrafi *section I*
7. Penampang stratigrafi *section II*



## ABSTRAK

**INDRI ANGGRENI.** *Studi Facies Menggunakan Metode Electrofacies Area Pit South Pinang, Formasi Balikpapan, Pt. Kaltim Prima Coal* dibimbing oleh Prof. Dr. rar.nat. Ir. A. M. Imran dan Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M. T.

Daerah Penelitian secara administratif termasuk dalam area PIT. South Pinang Desa Singa Gembara, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur, PT. Kaltim Prima Coal. Secara astronomis daerah penelitian terletak pada koordinat  $0^{\circ}36'55.3''N$  -  $0^{\circ}35'49.7''N$  dan  $117^{\circ}35'27.1''E$  -  $117^{\circ}36'32.6''E$ , secara fisiografi termasuk dalam cekungan kutai yang kaya akan batubara. Keterdapatan batubara pada suatu area tertentu dipengaruhi oleh berbagai hal salahsatunya ialah *facies* pengendapan batubara. Sehingga terdapat perbedaan pola siklus pengendapan, dan perbedaan pasokan material sedimen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keterdapatan batubara berdasarkan data *geophysical logging* di daerah penelitian, melakukan korelasi antara titik-titik bor daerah penelitian, melakukan korelasi antara *geophysical logging* dan keterdapatannya dilapangan, menentukan *facies* pengendapan satuan litologi yang terdapat di daerah penelitian.

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan klasifikasi dari (Horne,1978) menggunakan metode *Electrofacies*, metode penelitian lapangan, dan analisis laboratorium.

Berdasarkan dari hasil pengolahan data maka didapatkan *seam* batubara pada bagian timur daerah penelitian (*section 1*) adalah *seam* P5, *seam* P4, *seam* P3, *seam* NU, *seam* NURL, *seam* NL, *seam* SN, *seam* B2, dan *seam* BN dengan *facies* pengendapan *distributary mouth bar*, *interdistributary bay*, *channel*, dan *swamp* (Horne, 1978). Pada bagian barat daerah penelitian (*section 2*) didapatkan *seam* E2, *seam* E1, *seam* BE, *seam* JR, *seam* TM, *seam* NM, dan *seam* O5 dengan *facies* pengendapan *interdistributary bay*, dan *swamp* (Horne, 1978).

Kata Kunci : *Facies* Pengendapan, *Electrofacies*



## **ABSTRACT**

**INDRI ANGGRENI.** *Facies Study Using the Electrofacies Method in the Pit South Pinang Area, Balikpapan Formation, PT. Kaltim Prima Coal supervised by Prof. Dr. rar.nat. Ir. A. M. Imran and Dr. Ir. Musri Ma'waleda,M.T.*

*The Research Area is administratively included in the PIT area. South Pinang Singa Gembara Village, North Sangatta District, East Kutai Regency, East Kalimantan, PT. Kaltim Prima Coal. Astronomically, the research area is located at coordinates 0°36'55.3"N - 0°35'49.7"N and 117°35'27.1" E - 117°36'32.6" E. Physiographically, it is included in the Kutai Basin which is rich in coal. The presence of coal in a particular area is influenced by various things, one of which is the coal deposition facies. So there are differences in depositional cycle patterns, and differences in the supply of sediment material.*

*This research aims to determine the occurrence of coal based on geophysical logging data in the research area, to perform a correlation between drill points in the research area, to perform a correlation between geophysical logging and its occurrence in the field, to determine the depositional facies of the lithological units found in the research area.*

*The method used in this research is the classification approach from (Horne, 1978) using the Electrofacies method, field research methods and laboratory analysis.*

*Based on the results of data processing, the coal seams in the eastern part of the research area (section 1) are seam P5, seam P4, seam P3, seam NU, seam NURL, seam NL, seam SN, seam B2, and seam BN with distributary mouth bar, interdistributary bay, channel, dan swamp (Horne, 1978). In the western part of the study area (section 2), seam E2, seam E1, seam BE, seam JR, seam TM, seam NM, and seam O5 are found with depositional facies of interdistributary bay, dan swamp (Horne, 1978).*

*Keywords : Depositional facies, Electrofacies*



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Daerah penelitian berada di PT. KALTIM PRIMA COAL, dimana perusahaan pertambangan ini beroperasi di Sangatta, Kutai Timur, Kalimantan Timur. Secara fisiografis daerah penelitian termasuk ke dalam Cekungan Kutai. Cekungan Kutai merupakan cekungan tersier yang paling ekonomis di Indonesia. Memiliki luas sekitar 60.000 km<sup>2</sup> yang diisi oleh batuan sedimen Tersier dengan ketebalan hingga 14 km pada bagian yang paling tebal. Salah satu formasi yang memiliki keterdapatan batubara, yaitu Formasi Balikpapan (Allen dan Chambers, 1998).

Menurut Diessel (1992) keterdapatan batubara pada suatu area dipengaruhi oleh berbagai hal. Salah satunya ialah fasies pengendapan batubara. Karena berbagai pengaruh inilah, maka akan ada perbedaan karakter litologi, pola siklus pengendapan, dan perbedaan pasokan material sedimen. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam penentuan fasies pengendapan batubara yaitu metode *Electrofacies*. Menurut Selley dalam Walker (1992), *Log Gamma ray* mencerminkan variasi dalam satu suksesi ukuran butir tersebut menunjukkan perubahan energi pengendapan. Setiap fasies pengendapan menghasilkan pola energi pengendapan berbeda. Setiap fasies pengendapan juga memiliki karakteristik lapisan dan litologi penyusun yang berbeda.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai fasies pengendapan. Penelitian ini difokuskan pada daerah Singa Gembara, Cekungan Kutai, Formasi Balikpapan, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur, Area PIT. *South Pinang*, PT. Kaltim Prima Coal. Adapun judul dari penelitian ini yaitu “Studi *Facies* Pengendapan

Area PIT South Pinang, Formasi Balikpapan, PT. Kaltim Prima Coal”.



## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana keterdapatan batubara berdasarkan data *geophysical logging* di daerah penelitian?
2. Bagaimana korelasi antara titik-titik bor daerah penelitian?
3. Bagaimana korelasi antara *geophysical logging* dan keterdapatannya di lapangan?
4. Bagaimana *facies* pengendapan satuan litologi yang terdapat di daerah penelitian?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui keterdapatan batubara berdasarkan data *geophysical logging* di daerah penelitian.
2. Melakukan korelasi antara titik-titik bor daerah penelitian.
3. Melakukan korelasi antara *geophysical logging* dan keterdapatannya di lapangan
4. Menentukan *facies* pengendapan satuan litologi yang terdapat di daerah penelitian.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi tentang *facies* pengendapan daerah penelitian, sehingga membantu dalam pengembangan eksplorasi lebih lanjut dan dapat mengidentifikasi karakteristik batubara di daerah penelitian untuk menentukan lokasi penambangan yang sesuai. Serta melaksanakan proses prasyarat mahasiswa Departemen Teknik Geologi untuk



trata-1, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Serta mempraktekkan teori yang didapat selama masa perkuliahan dan menerapkannya pada lapangan yang sebenarnya. Memperoleh wawasan dan kemampuan dalam

mengoptimalkan pengetahuan serta pengalaman kerja di lapangan.

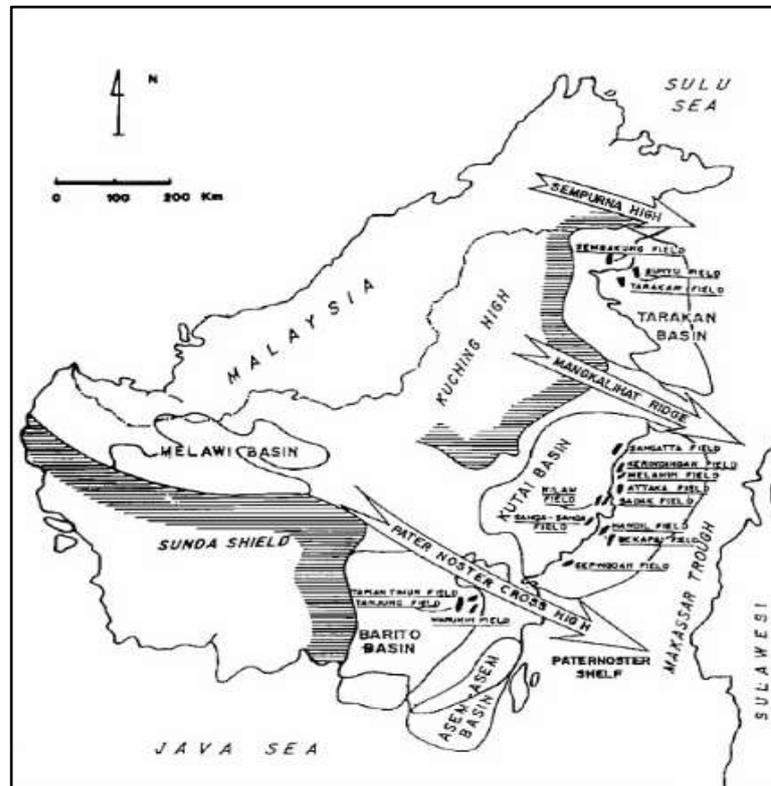
## 1.5 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini cakupan permasalahan dibatasi pada identifikasi pola siklus pengendapan dan *facies* lingkungan pengendapan pada *section* satu dan *section* dua berdasarkan analisa terhadap data *geophysical logging* dan data *Measuring Section*. Data *geophysical logging* berupa data LAS yang nantinya akan diolah lagi di aplikasi *geolog 7 2011.1* dan data lapangan berupa struktur sedimen, *strike dip* dan foto singkapan di area PIT South Pinang, PT. Kaltim Prima Coal, Kutai Timur, Kalimantan Timur.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian



**Gambar 1.** Cekungan Kutai (Allen & Chambers, 1998)

Daerah penelitian ini terletak di daerah Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Pada daerah penelitian ini tergolong ke dalam geologi regional Cekungan Kutai yang terletak di Provinsi Kalimantan Timur. Pada daerah penelitian ini telah banyak dikaji oleh peneliti – peneliti terdahulu baik skala regional maupun lokal. Cekungan Kutai adalah salah satu cekungan sangat penting, terbesar dan terdalam di Indonesia bagian Timur yang terletak di Kabupaten Kutai Kertanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis, ini terletak pada  $0^{\circ} - 6^{\circ}$  LU,  $0 - 9^{\circ}$  LS dan  $116^{\circ}30' - 116^{\circ}45'$  LS luas  $\pm 60.000 \text{ km}^2$  dengan ketebalan sekitar 12 – 14 km. Secara regional penyusun Zona cekungan Mahakam dan Kutai yang tersingkap oleh endapan Kuartar dan batuan- batuan sedimen yang berumur



Paleosen (Tersier Awal) hingga Plistosen atau Kuartar Awal (Allen & Chambers, 1998). Secara regional daerah Kalimantan memiliki batuan dasar yang tersingkap berupa batuan sedimen, beku, dan metamorf serta kombinasi dari ketiganya yang diperkirakan berumur Pra - Trias (Permian) pada masa Paleozoikum hingga masa Mesozoikum, tepatnya Kapur Akhir. Berikut ini merupakan kondisi fisiografi regional, stratigrafi regional dan struktur geologi regional dari daerah penelitian.

### 2.1.1 Geomorfologi Regional Daerah Penelitian

Daerah penelitian yang terletak di Sangatta berada diantara Delta Mahakam dan Tinggian Mangkalihat yang merupakan Cekungan Kutai Bagian Utara. Daerah Sangatta termasuk ke dalam sistem delta yang berkembang sendiri dan terpisah dari sistem Delta Mahakam di bagian selatan (Satyana dkk, 1999).

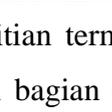
Sistem delta Sangatta ini terbentuk bersama dengan Proto-delta Mahakam dan diperkirakan mulai berlangsung sejak Miosen Awal. Selain itu, penurunan dasar cekungan selama Kala Eosen hingga Oligosen Awal menyebabkan terjadinya transgresi regional yang berlangsung dari timur laut ke barat daya (Satyana dkk, 1999). Pada bagian barat cekungan terjadi proses pengangkatan yang disertai erosi sehingga menyebabkan pada daerah Sangatta terjadi sedimentasi.

Morfologi di daerah Sangatta dapat dibagi menjadi perbukitan, dataran rendah dan endapan alluvial. Topografi berupa perbukitan bergelombang juga mendominasi di daerah Sangatta karena adanya Kubah Pinang (*Pinang Dome*). Terdapat aliran Sungai Sangatta yang mengalir di sebelah selatan dan juga Sungai Murung yang merupakan anak sungai dari Sungai Sangatta yang membentuk endapan aluvial. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kondisi morfologi baik akibat proses endogenik (tektonik dan litologi) dan proses eksogenik (erosi dan pelapukan).



## 2.1.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

**Tabel 1.** Stratigrafi regional Cekungan Kutai bagian bawah (modifikasi dari Sukardi dkk, 1995 dan Satyana dkk, 1999 dalam Agus Winarno, dkk 2016)

UMUR	FORMASI	TEBAL (m)	LITOLOGI	DESKRIPSI	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	Alluvial (Da)	?		Material lepas berukuran lempung hingga pasir halus, dan material organik.	Fluvial Lacustrine
TERSIER	Kampungbaru	900		Batupasir kuarsa yang bersifat lepas dengan sisipan batulempung, serpih, batulanau dan lignit.	Delta
	Balikpapan	3000		Batulempung dan batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau serpih, dan batubara	Delta
	Pulau Balang	2750		Batupasir (greywacke), batupasir kuarsa, batugamping, batulempung dengan sisipan batubara	Darat - laut dangkal
	Bebulu	2000		Formasi Bebulu : batugamping dengan sisipan batugamping pasiran dan serpih.	Laut Dangkal (Neritik)
	Pamaluan	3000		Formasi Pamaluan : batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, batugamping dan batulanau.	Laut Dangkal (Neritik)

Daerah penelitian termasuk ke dalam stratigrafi Cekungan Kutai bagian utara dan merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Sangatta (Sukardi dkk., 1995), serta terbagi menjadi beberapa formasi dengan urutan dari tertua ke yang muda sebagai berikut:

**Formasi Pamaluan (Tmp)**, Batulempung dengan sisipan tipis napal, batupasir dan batubara. Bagian atas terdiri batulempung pasiran yang mengandung sisa tumbuhan dan beberapa lapisan tipis batubara. Secara umum bagian bawah lebih gampingan dan mengandung lebih banyak foraminifera plangton dibandingkan dengan bagian atasnya. Fosil penunjuk yang dijumpai pada formasi ini terdiri dari *Globigerinoides primordius*, *G. trilobus*, *Globigerinita sp.*, yang berumur N.4 – N.5 atau Te5 Bawah (Miosen Awal). Formasi ini dapat dikorelasikan dengan bagian atas dari Formasi Lembak (Toml).



an pengendapannya berkisar dari *neritic* dalam sampai *neritic* dangkal.

**Formasi Bebuluh (Tmbe)**, Batugamping dengan sisipan batulempung, siltstone, batupasir dan sedikit napal. Batugamping pada formasi ini

mengandung koral dan foraminifera besar. Batugamping dari formasi ini adalah terumbu dan tebaran batugamping terumbu. Berumur Miosen Awal bagian atas. Tebal formasi ini diperkirakan beberapa ratus meter. Formasi ini ditutup selaras oleh Formasi Pulaubalang.

**Formasi Pulaubalang (Tmpb)**, Perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, setempat bersisipan tipis lignit, batugamping atau batupasir gampingan. Berumur Miosen Awal bagian atas – Miosen Tengah bagian bawah. Sedimentasinya diperkirakan terjadi di daerah prodelta, dengan tebaran terumbu di beberapa tempat.

**Formasi Balikpapan (Tmbp)**, Formasi ini terdiri atas material pasir (lepas), lempung, lanau, tuf, dan batubara. Pada perselingan batupasir kuarsa, lempung, dan lanau memperlihatkan struktur silang siur. Formasi ini berumur sekitar Miosen Tengah – Miosen Akhir. Tebal formasi lebih kurang 2000 meter, dengan lingkungan pengendapan muka sampai dataran delta.

**Formasi Kampungbaru (Tmpk)**, Formasi ini terdiri atas batulempung pasiran, batupasir dengan sisipan batubara dan tuf, ada lapisan tipis oksida besi. Formasi ini berumur sekitar Miosen Akhir hingga Plio-Plistosen. Lingkungan pengendapan formasi ini yaitu delta sampai laut dangkal, dengan tebal formasi yaitu 500 – 800 meter.

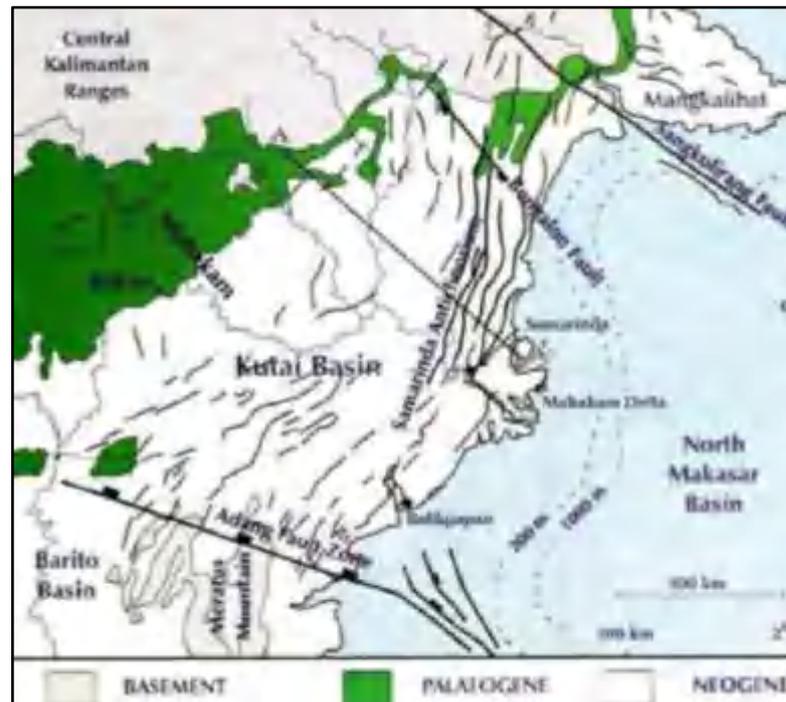
**Endapan Aluvial (Qal)**, Material lepas berupa lempung dan lanau, pasir, lumpur, dan kerikil. Endapan ini merupakan endapan pantai, rawa, dan sungai. Gambar 2.2 menunjukkan kolom stratigrafi daerah Kutai Timur, Cekungan Kutai bagian utara.



### 2.1.3 Struktur Geologi daerah Penelitian

Daerah Sangatta terletak pada cekungan Kutai, berada diantara delta Mahakam di Selatan dan tinggian Mangkalihat Pada bagian utara. Cekungan ini terjadi pengangkatan dalam 2 (dua) tahap. Tahap pertama, membentuk kelurusan blok sesar berarah hampir barat– timur sepanjang sungai Bengalon. Kelurusan ini sebagai batas dua (2) fasies ketebalan sedimen yang sangat berbeda di bagian utara dan selatan Sungai Bengalon. Di bagian selatan Sungai Bengalon sedimen Tersier sangat tebal dibandingkan dibagian utaranya. Perbedaan tersebut menyebabkan daerah di sebelah utara Sungai Bengalon ini sering disebut sebagai sub Cekungan Bengalon. Tahap kedua, pengangkatan di bagian utara yang merupakan sub Cekungan Bengalon membentuk tinggian yang sekarang ditemukan di Sangkulirang, Tinggian Kuching dan Tinggian Mangkalihat yang dalam perkembangannya mempengaruhi proses sedimentasi di Cekungan Kutai. Tektonik inversi terjadi pada Miosen Awal. menyebabkan pengangkatan pada pusat cekungan yang terbentuk selama Eosen dan Oligosen, sehingga cekungan mengalami pendangkalan (Allen dan Chambers, 1998) Inversi berlanjut dan mempengaruhi cekungan selama Miosen Tengah dan Pliosen\_ Inversi tersebut mempengaruhi daerah yang terletak di baginn timur Cekungan Kutai, sehingga mempercepat proses progradasi delta (Allen dan Chambers. 1998).

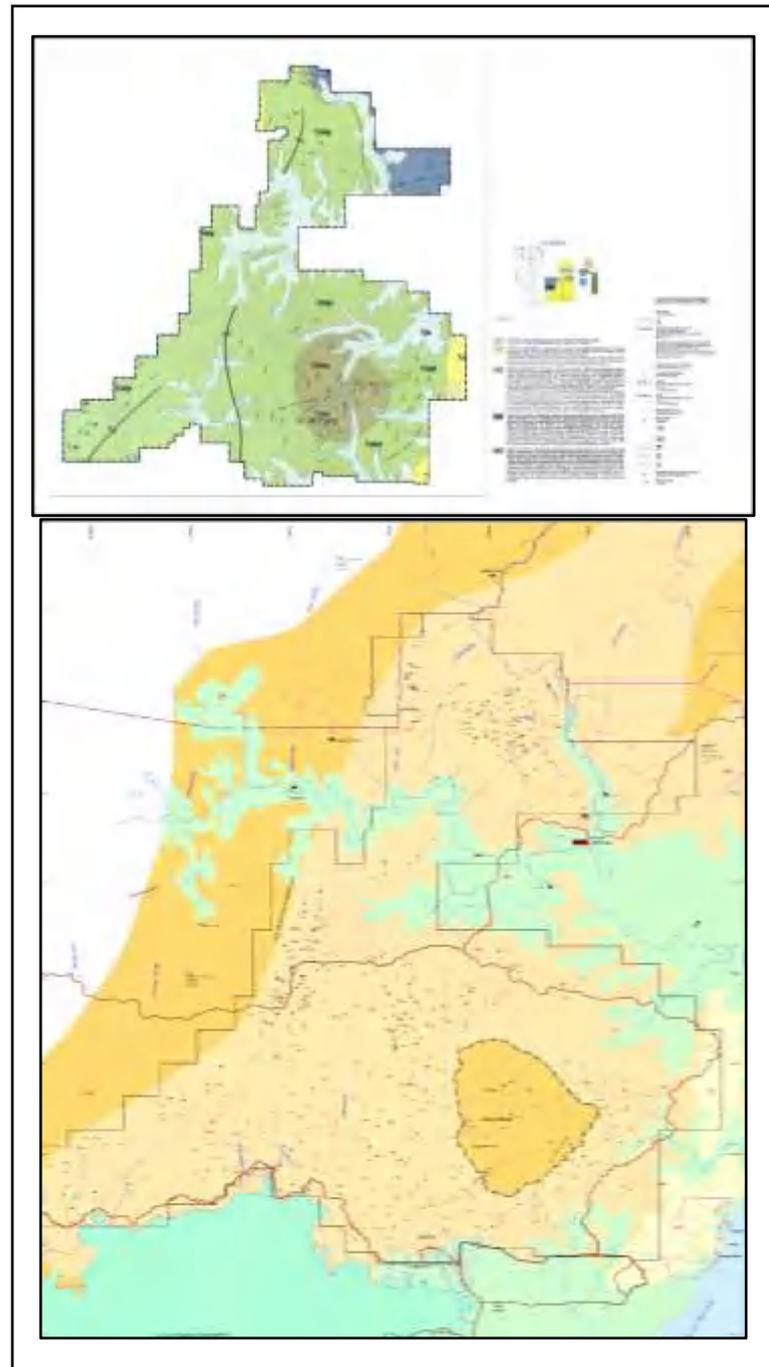




**Gambar 2.** Struktur Geologi Cekungan Kutai (Allen & Chambers, 1998)

Pada daerah Sangatta struktur geologi yang berkembang perlipatan dan sesar yang memiliki arah umum Baratlaut – Tenggara dan Timurlaut – Baratdaya. Struktur perlipatan berupa sinklin dengan sumbu lipatan berarah Baratlaut – Tenggara, yaitu Sinklin Lembak yang merupakan jenis sinklin menunjam. Sinklin ini melipat batuan sedimen pada Formasi Balikpapan dan Formasi Pulau Balang. Struktur geologi lainnya yaitu Sesar Naik Villa, yang memiliki sumbu berarah Timurlaut – Baratdaya serta terjadi pada batuan Formasi Pamaluan, Formasi Pulau Balang, dan Formasi Balikpapan. Sesar ini diinterpretasikan terjadi akibat adanya tektonik pada Miosen Akhir. Gambar 2.8 menunjukkan struktur geologi pada Cekungan Kutai khususnya pada daerah wilayah KPC.





**Gambar 3.** Peta Geologi Lembar Sangatta, Kalimantan khususnya area PT. Kaltim Prima Coal (Sumber : Peta Geologi Lembar Sangatta, Kalimantan oleh Sukardi, N.Sikumbang, I. Umar & R. Sunaryo, 1995). Dan Struktur Geologi Cekungan Kutai khususnya area PT. Kaltim Prima Coal (sumber: Dept. Geology PT. Kaltim Prima Coal (unpublished))



## 2.2 Pengertian Batubara

Menurut Thiessen (1947), batubara adalah suatu benda padat yang kompleks, terdiri dari bermacam-macam unsur, mewakili banyak komponen kimia, dimana hanya sedikit dari komponen kimia tersebut yang dapat diketahui. Pada umumnya homogen, tetapi hampir semua berasal dari sisa tumbuhan yang sangat kompleks, terdiri dari bermacam-macam serat dimana setiap serat terdiri dari beberapa sel. Batubara berasal dari tumbuhan yang mati, kemudian tertutup oleh lapisan batuan sedimen. Ketebalan timbunan itu lama kelamaan menjadi berkurang karena adanya pengaruh suhu dan tekanan yang tinggi.

Menurut James M. Schopf (1956), batubara adalah batuan yang mudah terbakar dan mengandung lebih banyak karbon dari 50% dari beratnya dan lebih dari 70% dari volumenya bahan berkarbon, terbentuk dari pemadatan atau indurasi tanaman yang diubah dengan berbagai cara tetap sama dibandingkan dengan deposit gambut. Perbedaan jenisnya tanaman Matrial (tipe), derajat metamorfisme (pangkat) dan kisaran pengotor (*grade*), merupakan karakteristik dari varietas batubara.

## 2.3 Genesa Batubara

Untuk menjadi batubara, ada beberapa tahapan penting yang harus dilewati oleh batuan dasar pembentuknya (tumbuhan), yaitu proses penggabutan (*Peatification*) dan pematubaraan (*Coalification*).

Proses penggabutan mencakup perubahan-perubahan secara mikrobiologis dan kimiawi, yang secara umum disebut dengan pematubaraan secara biokimiawi (Charman, 2002). Proses yang terjadi berikutnya adalah pematubaraan geokimiawi yang dirincikan dengan ketidakhadiran mikroorganisme. Pada proses mikrobiologis terjadi pembusukan sisa tanaman yang disebabkan oleh bakteri aerobik, jamur dan sebagainya. Karena produk proses ini adalah gambut, tahap awal pembentukan batubara disebut tahap penggabutan yang selanjutnya berkembang ke tahap pematubaraan (Stach dkk., 1982; Bustin dkk., 1983; Diessel, 1992; Scott, 2002;



Thomas, 2002; Moore dan Shearer, 2003; dan Suarez-Ruiz dan Crelling, 2008 dalam Sontoso, Binarko., 2015).

### 2.3.1 Penggambutan (*Peatification*)

Endapan gambut terbentuk dalam rawa-rawa di sekitar aliran Sungai dan delta dalam rawa-rawa di sekitar aliran Sungai dan delta. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan gambut tersebut adalah iklim (berpengaruh pada jenis tumbuh-tumbuhan), paleogeografi dan tektonik (Sontoso, Binarko., 2015).

*Peatifikasi* atau proses penggambutan merupakan perubahan mikrobial dan kimiawi yang dikenal sebagai proses “*biochemical coalification*”, lain halnya dengan “*geochemical coalification*” yang terjadi setelah proses *coalifikasi* biokimia dan tidak ada pengaruh dari mikroorganisme. Alterasi (perubahan) paling hebat terjadi (dengan akses oksigen terbatas / reduksi) pada pembentukan gambut yang berada pada kedalaman sekitar 0,5 m dalam “*peatigenic layers*”. Kelompok bakteri aerobik ini adalah *actinomis* dan fungi aktif . Seiring dengan bertambahnya kedalaman, material-material *organic* ini akan diurai oleh bakteri anaerob, tetapi apabila zat asimilasi ini hilang, kehidupan mikrobial berkurang dan akhirnya musnah. Biasanya pada kedalaman kurang dari 10 meter yang hanya terjadi perubahan kimiawi, terutama kondensasi, polimerasi dan pengurangan reaksi (Rahmad Dkk, 2018).

Proses terpenting selama pembentukan gambut adalah pembentukan zat *humic*. Humifikasi bertambah seiring dengan suplai oksigen, suhu tanah gambut yang naik (tropis) dan lingkungan alkalin. Derajat humifikasi menjadi tergantung pada lapisan, bukan pada kedalaman (Rahmad Dkk, 2018).

Lapisan gambut bagian atas kandungan karbon akan bertambah dengan cepat bersamaan dengan bertambahnya kedalaman, bila zat yang relatif kaya oksigen pada lapisan peatigenis, terutama *cellulosa* dan *hemicellulosa*, akan lkan lignin yang kaya akan kandungan karbon dan pembentukan asam ru. Kenaikan karbon dari 45% – 50% menjadi 55% – 60% akan sangat dalam lapisan peatigenis, tapi pada kedalaman yang lebih besar



kandungan karbon sulit berubah (kadang mencapai 64% (*daf*) pada tanah gambut). Sebaliknya, karena penambahan tekanan, kandungan kelembaban akan turun drastis seiring dengan kedalaman dan menjadi ukuran yang baik untuk pembentukan tanah gambut. Kandungan *cellulosa* merupakan sebuah indikator berguna untuk mengetahui derajat pembentukan gambut. Untuk membedakan antara gambut dan batubara, adalah kelembaban, kandungan karbon, *cellulosa* bebas dan kekerasan (Tabel 2.1). Batas gambut dan batubara biasanya mencapai kedalaman anantara 200 sampai 400 meter.

**Tabel 2.** Perbedaan antara gambut dan batubara (Rahmad, dkk 2018)

	Gambut	Batubara Coklat/lignite
% Kelembapan	> 75	> 75
% Karbon ( <i>daf</i> )	< 60	< 60
<i>Cellulosa</i> bebas	Ada	Tidak Ada
Bisa dipotong	Bisa	Tidak

### 2.3.2 Pembatubaraan (*Coalification*)

Perkembangan dari gambut melalui tahap tingkat perbedaan batubara coklat (lignite), batubara sub-bituminous, bituminous hingga *antrasite* dan *meta-antrasite* disebut “pembatubaraan/*coalifikasi*”.

*Coalifikasi* hanya bisa dianggap sebagai sebuah proses diagenesa menuju tahapan batubara. Dimulai dari tahap pembentukan batubara coklat yang keras (sub-bituminous), ubahan bahan organik yang begitu kuat dan dapat dilihat sebagai proses metamorfisme, meskipun kondisi mendasar (suhu, waktu dan tekanan) diperlukan untuk pembentukan batubara bituminous, hal ini akan menghasilkan perubahan diagenesa. Batubara hanya bereaksi jauh lebih sensitif terhadap kenaikan suhu (dan tekanan) dari pada batuan sedimen dan karena ini



derajat *coalifikasi* menjadi indikator yang baik untuk memperkirakan derajat batuan sedimen (Rahmad Dkk, 2018).

al-hal yang perlu diperhatikan dalam proses *coalifikasi* adalah

pengurangan porositas dan penambahan anisotrop optikal yang sejajar dengan bidang lapisan, hal ini dapat dihubungkan bahwa tekanan yang ada akan melebihi tekanan pembebanan seiring dengan kedalaman. Porositas biasanya menurun secara cepat pada awalnya dan diperkirakan karena adanya kelembaban, oleh karena itu biasanya dijadikan sebagai indikator diagenesa yang baik untuk tanah gambut dan lignite yang masih bisa berubah. Kemudian, derajat *coalifikasi* diperkirakan lebih dominan dengan parameter kimiawi (karbon, oksigen, hidrogen, dan bahan volatile) atau dengan sifat optis, seperti reflektivitas vitrinit, walaupun semua itu tergantung dari komposisi kimiawinya.

Selama perubahan kimiawi dalam tahap *coalifikasi*, indikator pangkat tertentu lebih tepat dibanding yang lain dalam tahapan pangkat khusus, karena perbedaan perilaku *coalifikasi* dari maseral-maseral tertentu, studi pangkat komparatif tidak dibawa pada keseluruhan batubara, tapi hanya pada *huminite-vitrinite* atau pada intisari maseral- maseral ini. Bahan-bahan *humic* pada umumnya akan merespon secara bersamaan.

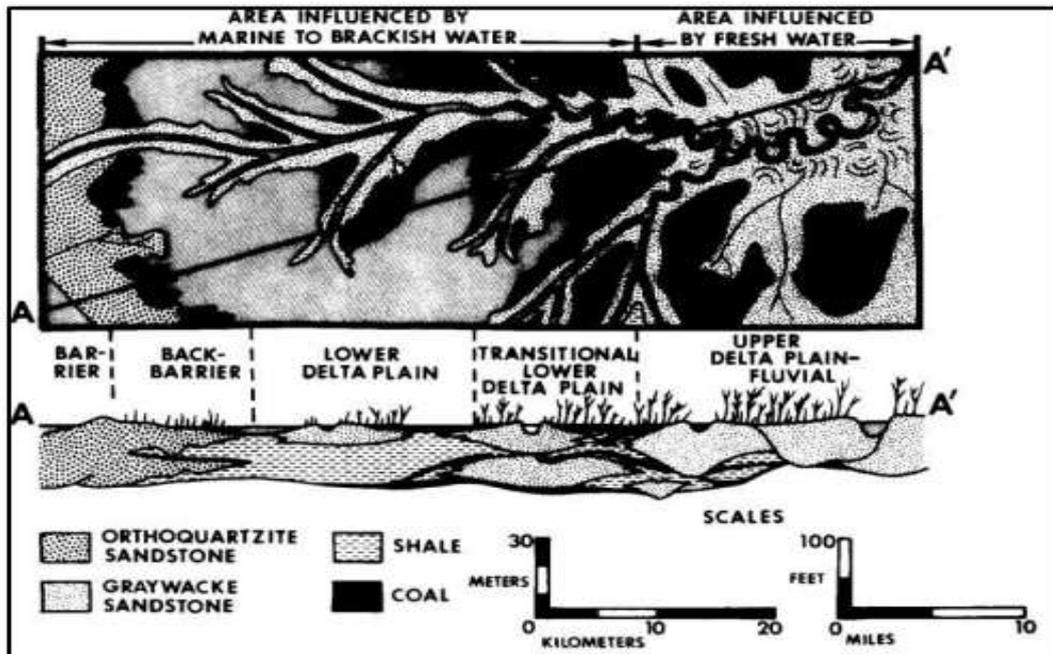
## 2.4 Lingkungan Pengendapan Batubara

Lingkungan sedimen biasanya mengacu pada istilah geomorfologi, seperti fluvial, glasial, delta dan sejenisnya. Karakteristik fisiografis tersebut menentukan bagian permukaan bumi secara fisik, kimia dan biologis berbeda dari daerah yang berdekatan (Diessel, 1992). Menurut Horne, et al, (1978), bahwa lingkungan pengendapan berpengaruh terhadap sebaran, ketebalan, kemenerusan, kondisi *roof* dan kandungan sulfur batubara serta peran tektonik dalam pembentukan lapisan batubara. Dalam menentukan lingkungan pengendapan suatu endapan sedimen atau batubara diperlukan adanya data pendukung berupa kondisi litologi pada daerah tersebut yang meliputi kondisi fisik batuan beserta struktur sedimen yang terdapat pada data lapangan atau data pemboran. Kemudian dari data litologi yang

anjutnya dibuat korelasi yang menghubungkan karakteristiknya dengan data logging geofisikanya.



### 2.4.1 Model pengendapan



**Gambar 4.** Model pengendapan lingkungan batubara (Horne et al, 1978)

Model pengendapan digunakan untuk menjelaskan asal-usul urutan pembawa batubara dan hubungannya dengan sedimen sekitarnya. Model pengendapan menurut Horne et al, 1978 dibagi menjadi 4 lingkungan pengendapan, yaitu: *Barrier* dan *Back Barrier*, *Lower Delta Plain*, *Transitional Lower Delta Plain*, dan *Upper Delta Plain-Fluvial* (Gambar 2.10), serta menunjukkan sayatan dari pengendapan tersebut dengan ketebalan unit batubara.



**Tabel 3.** Kriteria penentuan lingkungan pengendapan (Horne, 1978)

Recognition Characteristics	Fluvial and Upper delta Plain	Transitional Lower Delta Plain	Lower Delta Plain	Back - Barrier	Barrier
<b>I. Coarsening Upward</b>					
A. Shale and Siltstone sequences	2-3	2	1	2-1	3-2
1. Greater than 50 feet	4	3-4	2-1	2-1	3-2
2. 5 to 25 feet	2-3	2-1	2-1	2-1	3-2
B. Sandstone sequences	3-4	3-2	2-1	2	2-1
1. Greater than 50 feet	4	4	2-1	3	2-1
2. 5 to 25 feet	3	3-2	2-1	2	2
<b>II. Channel Deposits</b>					
A. Fine-grained abandoned fill	3	2-3	1-2	2	3-2
1. Clay and Silt	3	2-3	1-2	2	3-2
2. Organic debris	3	2-3	1-2	2-3	3
B. Active sandstone fill	1	2	2-3	2-3	2
1. Fine-grained	2	2	2-3	2-3	2
2. Medium and coarse grained	1	2-3	3	3	2-3
3. Pebble lags	1	1	2	2-3	3-2
4. Coal spars	1	1	2	2-3	3-2
<b>III. Contacts</b>					
A. Abrupt (scour)	1	1	2	2	2-1
B. Gradational	2-3	2	2-1	2	2
<b>IV. Bedding</b>					
A. Cross-beds	1	1	1	1-2	1-2
1. Ripples	2	2-1	1	1	1
2. Ripple drift	2-1	2	2-3	3-2	3-2
3. Trough cross-beds	1	1-2	2-1	2	2-1
4. Graded beds	3	3	2-1	3-2	3-2
5. Point-bar accretion	1	2	3-4	3-4	3-4
6. Irregular bedding	1	2	3-2	3-2	3-2
<b>V. Levee Deposits</b>					
A. Irregularly interbedded sandstones and shales rooted.	1	1-2	3-2	3	4
<b>VI. Mineralogy of sandstones</b>					
A. Lithic graywacke	1	1	1-2	3	3
B. Orthoquartzites	4	4	4-3	1-2	1
<b>VII. Fossils</b>					
A. Marine	4	3-2	2-1	1-2	1-2
Crackish	3	2	2	2-3	2-3
Fresh	2-3	3-2	3-4	4	4
Burrow	3	2	1	1	1

1. Abundant    2. Common    3. Rare    4. Not Present



### 2.4.1.1 *Barrier and Back Barrier*

Model pengendapan ini dicirikan oleh batupasir yang semakin ke arah laut butirannya semakin halus dan berselang seling dengan serpih gampingan berwarna merah dan hijau serta batuan karbonat yang mengandung fauna laut. Semakin ke darat bergradasi menjadi serpih berwarna abu-abu gelap dengan fauna air payau, dan sampai ke daerah rawa marginal di mana vegetasi terbentuk. Batupasir diendapkan secara menerus sehingga lebih banyak mengandung kuarsa daripada batupasir di lingkungan sekelilingnya walaupun dengan sumber yang sama.

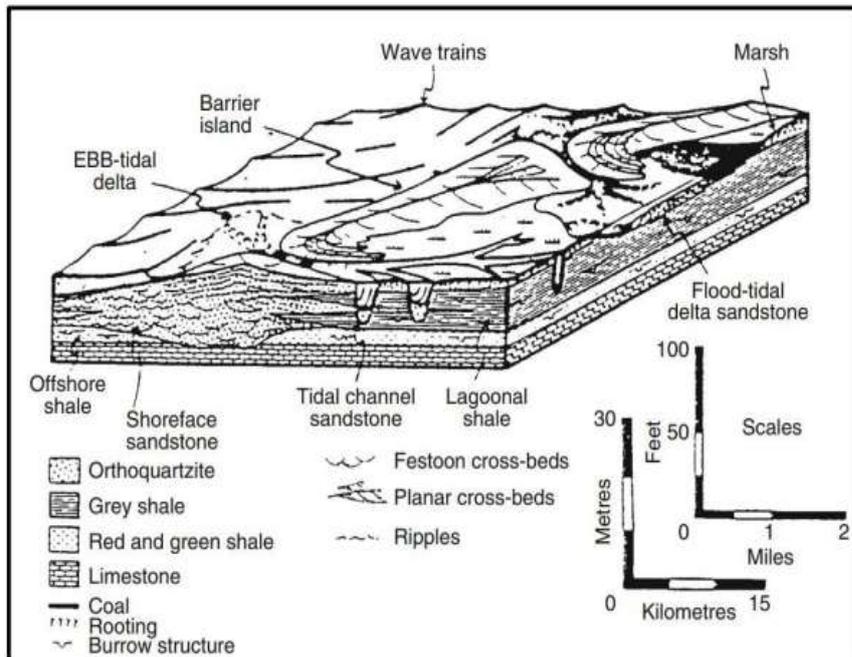
Batubara yang terbentuk cenderung menunjukkan bentuk memanjang, berorientasi sejajar dengan arah orientasi dari penghalang dan sering juga sejajar dengan jurus pengendapan. Bentuk perlapisan batubara yang dihasilkan mungkin berubah sebagian oleh aktivitas tidal *channel* pada post depositional atau bersamaan dengan proses sedimentasi batupasir.

Karakteristik batuan sedimen pada lingkungan *back barrier* adalah mengalami *coarsening upward*, terdapat serpih abu-abu gelap yang kaya bahan organik, batulanau dan mengandung batubara yang tipis dengan penyebaran secara lateral yang tidak menerus serta konkresi siderit. Batubara di daerah lingkungan *back-barrier* umumnya tipis, tidak menerus, mengandung banyak sulfur, dan seringkali juga disebut shale hitam atau *bone coal*. Lempung pada daerah *back-barrier* tidak memiliki struktur laminasi dan banyak mengandung kaolin karena adanya pencucian montmorilinit oleh air asam pada gambut batupasir pada lingkungan *barrier* lebih bersih dan sortasi lebih baik karena pengaruh gelombang dan pasang surut air laut.

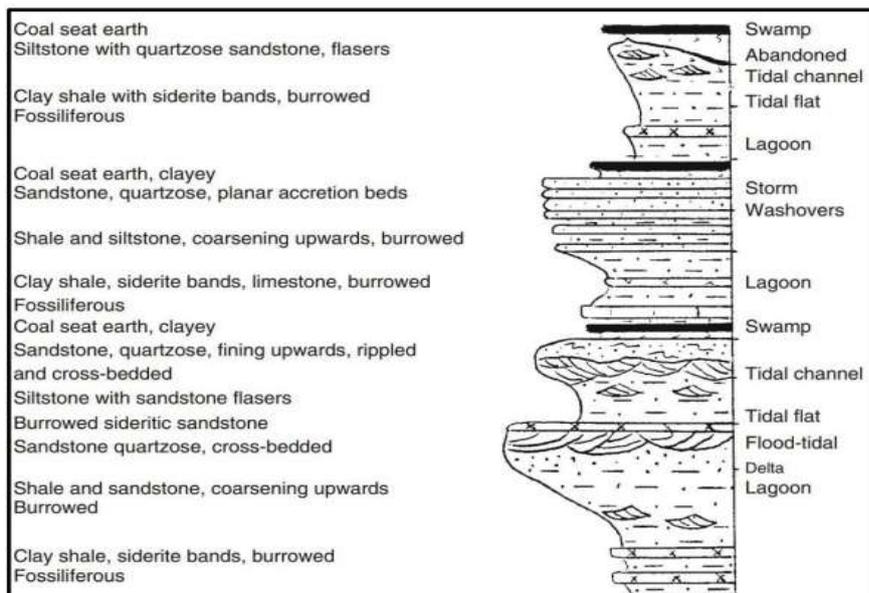
Rekonstruksi pengendapan ditunjukkan pada Gambar 2.10 berdasarkan studi oleh Horne et al. (1978). Lingkungan *back-barrier* dicirikan oleh pengkasaran ke atas, serpih abu-abu kaya organik dan batulanau yang dilapisi oleh

tipis dan terputus-putus. Sekuen tersebut memiliki ketebalan 20-30 m : 5-25 km. Penampang vertikal dari deposisi *back-barrier* ditunjukkan gambar 2.4 (Horne et al, 1978).





**Gambar 5.** Lingkungan Pengendapan *Barrier* dan *Back-Barrier* termasuk *Tidal Channel* dan *Flood-Tidal Delta* (Horne et al, 1978)



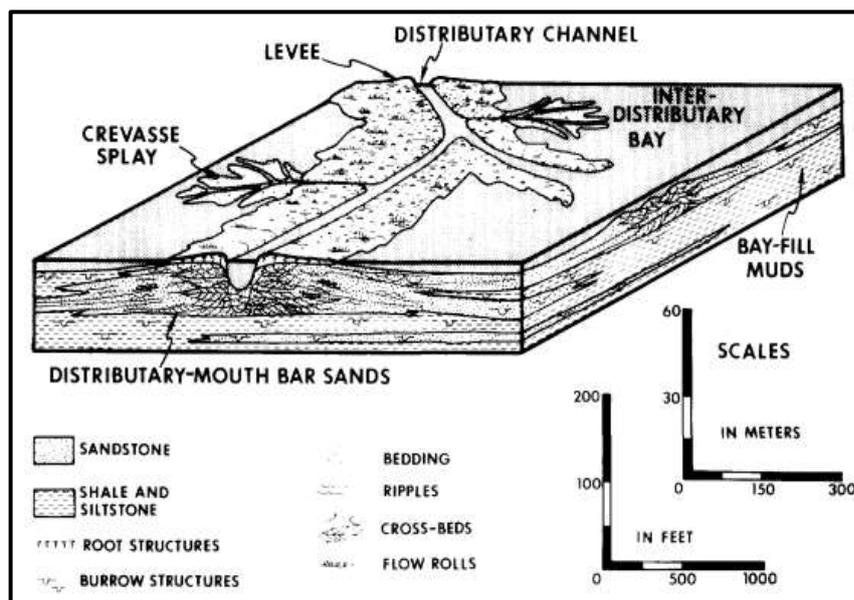
**Gambar 6.** Penampang Vertikal Endapan *Back-Barrier* (Horne et al, 1978)



**Lower Delta Plain**

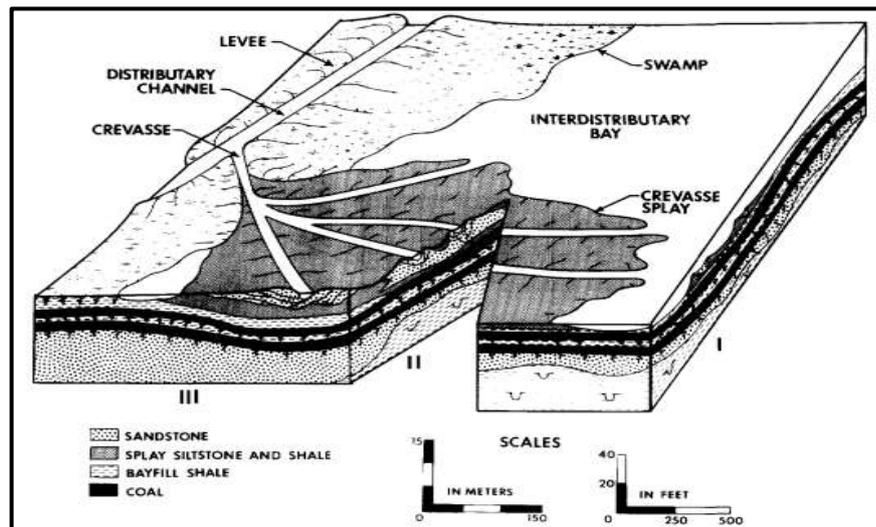
Endapan *lower delta plain* didominasi oleh sekuen serpih dan batulanau ngkasar ke atas, dengan ketebalan berkisar antara 15 hingga 55 meter dan

lebar lateral 8-110km. Bagian bawah dari sekuen ini dicirikan oleh batulempung abu-abu gelap sampai hitam dengan batugamping dan *mudstone* siderit yang penyebarannya tidak teratur (Gambar 2.12). Batupasir biasa dijumpai dibagian atas dengan struktur *ripples* yang menunjukkan peningkatan energi perairan dangkal saat teluk terisi dengan sedimen. Ketika teluk telah cukup terisi, maka memungkinkan untuk pertumbuhan tanaman dan batubara terbentuk. Sekuen yang terbentuk dari butiran halus atau *organic* sedimen, termasuk batubara mungkin sebagian mengisi *channel-channel* ini. *Facies* lain di dalam endapan *lower delta plain* termasuk endapan *crevasse splay* yang mengkasar ke atas, biasanya ditemukan pada sekuen *bay fill* dan dengan sortasi buruk. Komponen utama dari *lower delta plain* adalah *crevasse splay*. Ketebalan endapan *crevasse splay* lebih dari 12 m dengan pelamparan horizontal berkisar 30 m – 8000 m. Dimana batubaranya tipis, pola sebarannya memanjang sejajar sistem penghalang atau sejajar jurus pelamparan dan kandungan sulfurnya tinggi. Pola pengkasaran ke atas ini terganggu di beberapa tempat oleh endapan *crevasse-splays* (Horne et al, 1978).

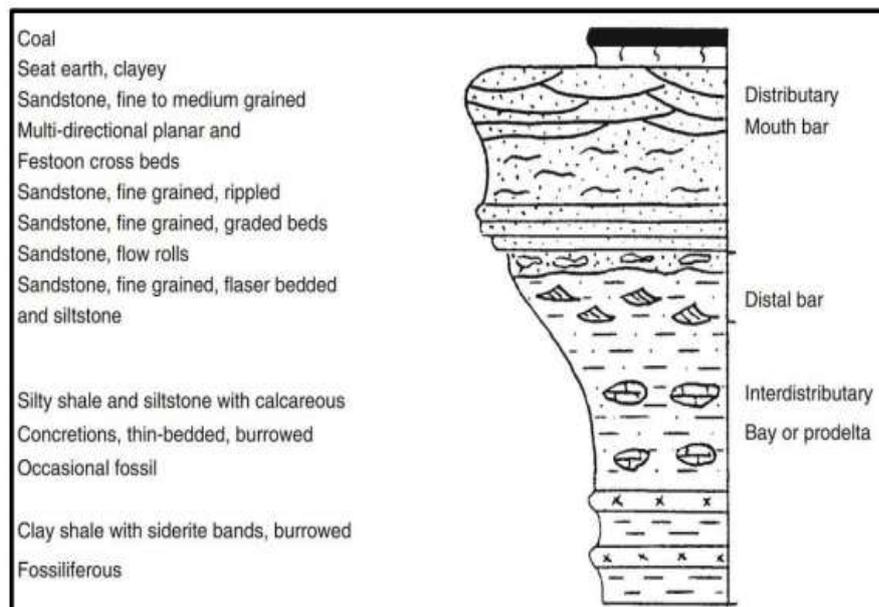


**ambar 7.** *Distributary mounth bar* batupasir terpapar dalam interval di bawah batubara sepanjang jalan raya A.S. 23 utara Pikeville, Kentucky. Panel samping diagram blok berdasarkan paparan lebih dari 90% paparan (Baganz et al, 1975; Horne et al, 1978)



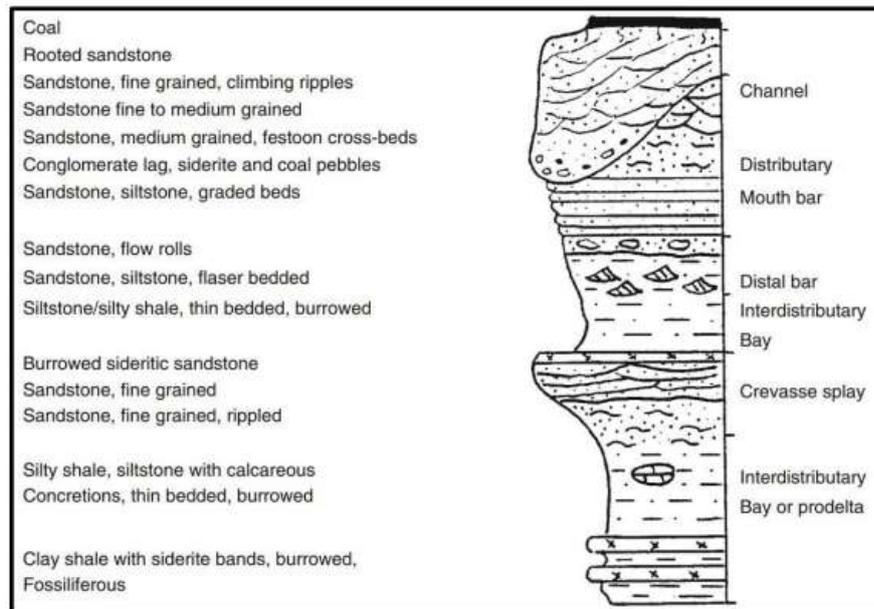


**Gambar 8.** Terpapar dalam interval di atas Elkhorn Nos. 1 dan 2 batubara sepanjang jalan raya A.S 23 dekat Betsy Layne, Kentucky. Panel samping diagram blok berdasarkan paparan lebih dari 80% (Bagans et al, 1975; Horne et al, 1978)



**Gambar 9.** Penampang Vertikal Endapan *Lower Delta Plain* dengan Pola Mengkasar Keatas (Horne et al, 1978)





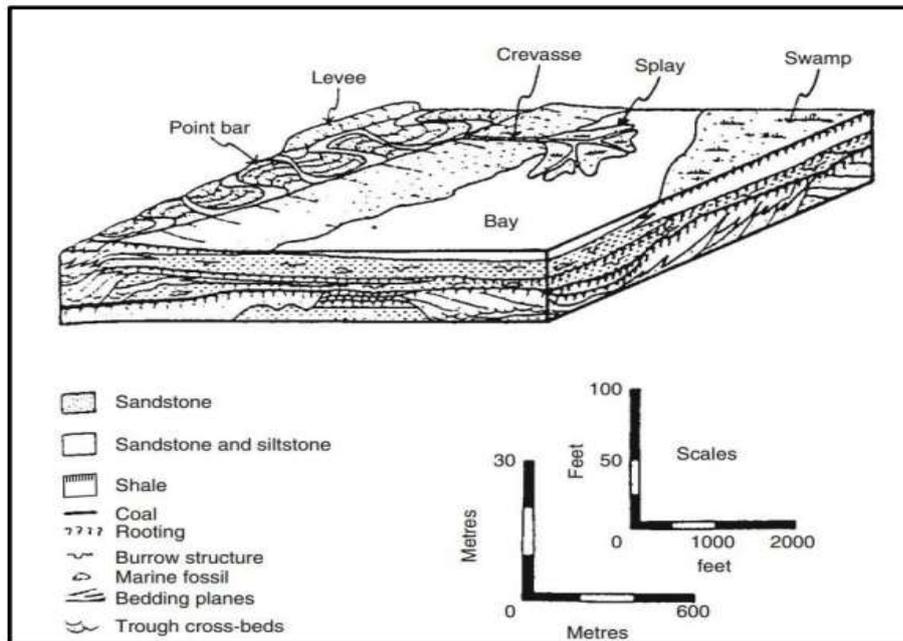
**Gambar 10.** Penampang Vertikal Endapan *Lower Delta Plain* yang Terganggu oleh Endapan *Crevasse-Splay* (Horne et al, 1978)

#### 2.4.1.3 *Transitional Lower Delta Plain*

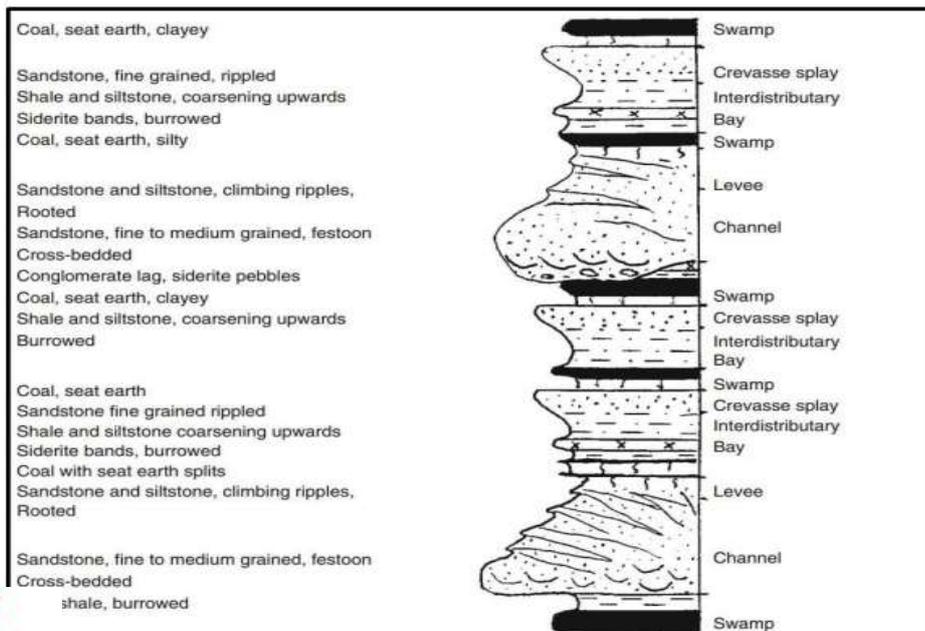
Sekuen *transitional lower delta* merupakan karakteristik yang menampilkan *facies channel*, *interdistributary bay* dan endapan *crevasse-splays*. Zona diantara *upper delta* dan *lower delta* dijumpai zona transisi yang menunjukkan karakteristik dari kedua sekuen. Sekuen *bay fill* pada zona ini tidak sama dengan sekuen *upper delta plain* ditinjau dari kandungan fauna air payau sampai marin serta struktur *burrowed* yang meluas. Endapan *channel* menunjukkan kenampakan migrasi lateral lapisan *point bar accretion* menjadi *channel* pada *upper delta plain*. *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 meluas daripada *lower delta plain*. Batupasir tipis *crevasse splay* umum terdapat pada endapan ini, tetapi lebih sedikit daripada di *lower delta plain* namun tidak pernah di *upper delta plain*. Lingkungan *transitional lower delta plain*nya tebal dapat lebih dari 10 m, tersebar meluas cenderung memanjang mendatar, tetapi kemenerusan secara lateral sering terpotong oleh bentuk lapisan batubara ditandai *splitting* akibat *channel* kontemporer



dan *washout* oleh *channel* subsekuen dan kandungan sulfurnya agak rendah. (Gambar 2.3b) Rekonstruksi pengendapan ditunjukkan pada Gambar 2.7 dan penampang vertikal umum pada Gambar 2.8 (Horne et al, 1978).



**Gambar 11.** Rekontruksi Lingkungan Pengendapan *Transitional Lower Delta Plain* (Horne et al, 1978)



**Gambar 12.** Penampang Vertikal Lingkungan Pengendapan *Transitional Lower Delta Plain* (Horne et al, 1978).

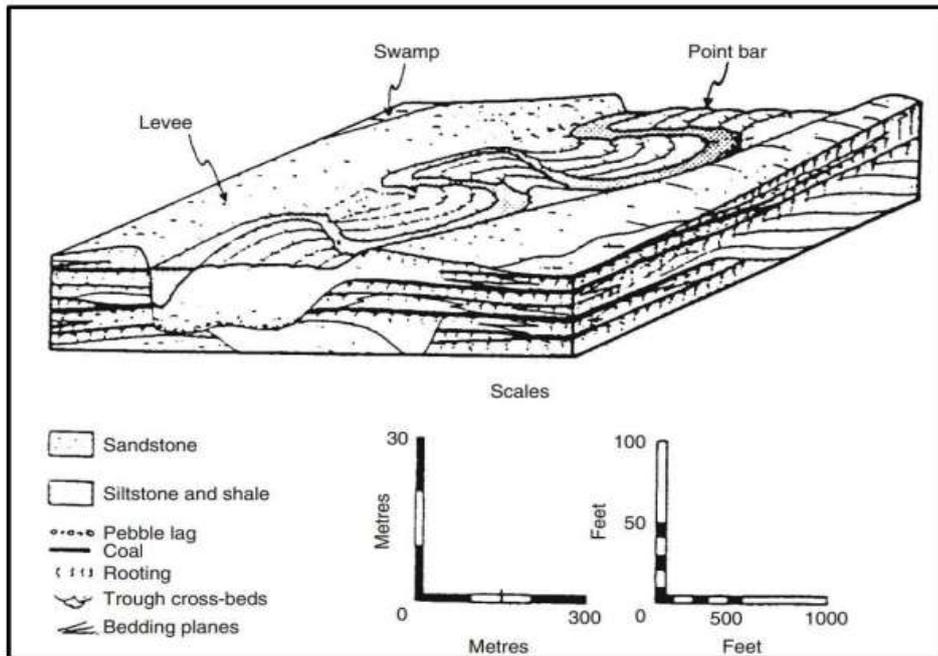


#### 2.4.1.4 Upper Delta dan Fluvial Plain

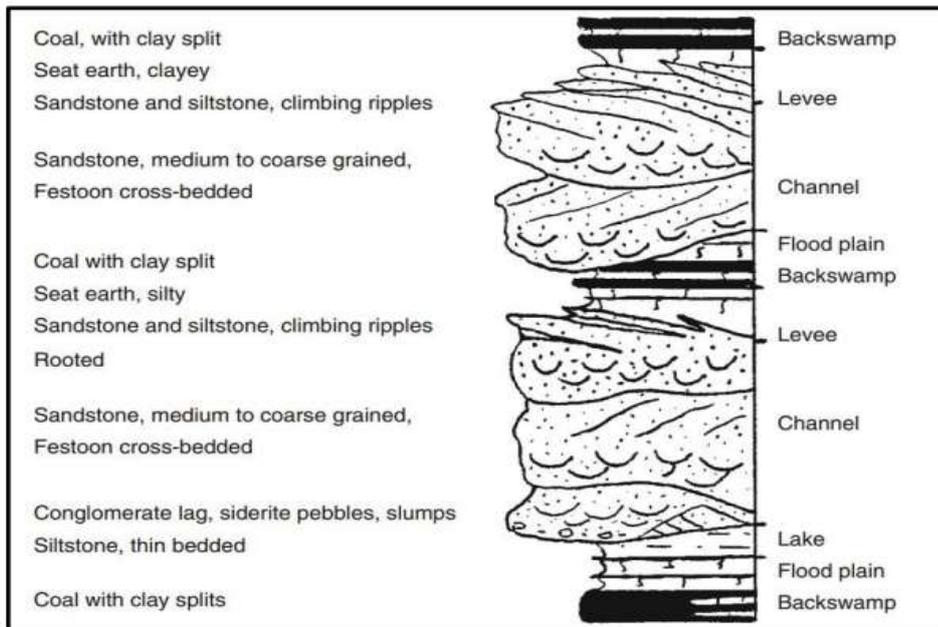
Berbeda dengan sekuen berbutir halus yang tebal dari *facies* dataran *lower delta*, endapan dataran *upper delta* didominasi oleh batupasir lentikular dan linier dengan tebal hingga 25m dan lebar hingga 11km. Batupasir ini memiliki dasar gerusan dibagian bawah, permukaan terpotong tajam, tetapi secara lateral pada bagian atas batupasir ini melidah dengan serpih abu-abu, batulanau dan batubara. Batupasir menghalus ke atas dengan konglomerat kerikil yang melimpah di bagian bawah termasuk klastik batubara. Batupasir ini dicirikan oleh perlapisan masif dan tumpang tindih dengan batulanau. Batupasir ini melebar ke atas pada penampang melintang sehingga diinterpretasikan bahwa batupasir ini terendapkan pada *channel*. Sifat khas tersebut menunjukkan energi yang besar pada *channel* di sekitar rawa kecil dan danau-danau.

Lapisan batubara di dataran *upper delta-fluvial* memiliki ketebalan  $\pm 10$ m, tetapi batas lateralnya terbatas sering terpotong oleh *channel*. Endapan batubara terbentuk sebagai tubuh-tubuh *pod shaped* pada bagian lapisan bawah dari dataran banjir yang berbatasan dengan *channel* sungai bermeander. Bentuk batubara ditandai hadirnya *splitting* akibat endapan tanggul kontemporer. Bentuk lapisan mungkin juga berubah secara besar-besaran oleh perkembangan *washout* pada tingkat akhir dari proses pengendapan. Gambar 2.10 menggambarkan penampang vertikal dari *facies upper delta plain-fluvial* (Horne et al, 1978).





**Gambar 13.** Rekontruksi Lingkungan Pengendapan *Upper Delta Plain-Fluvial* (Horne et al, 1978)



**Gambar 14.** Penampang Vertikal Lingkungan Pengendapan *Upper Delta Plain-Fluvial* (Horne et al, 1978)



## 2.5 Tahap Eksplorasi Rinci Batubara

Eksplorasi Rincian (*Detailed exploration*) tahap eksplorasi ini dimaksudkan untuk mengetahui kuantitas dan kualitas serta model tiga dimensi endapan batu bara secara lebih rinci.

Kegiatan yang harus dilakukan adalah pemetaan geologi dan topografi dengan skala minimal 1:2.000, pengeboran dan pencontohan yang dilakukan dengan jarak yang sesuai dengan kondisi geologinya, penampangan (*geophysical logging*) geofisika, serta pengkajian geohidrologi dan geoteknik.

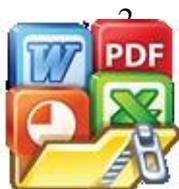
### 2.5.1 Pengeboran

Kegiatan pengeboran dalam ekplorasi batubara ini secara umum bertujuan untuk mengetahui data geologi bawah permukaan (*subsurface*)nya, diantaranya urutan stratigrafi batuan, posisi kedalaman batubara, ketebalan batubara, untuk mendapatkan sampel batubara lalu kemudian dianalisis kualitasnya, termasuk untuk kajian tertentu seperti geologi teknik ataupun geohidrologi yang bertujuan untuk mendapatkan data geologi teknik dan muka air tanah. Tujuan lain dari kegiatan pengeboran ini adalah untuk menambah titik informasi yang berguna untuk meningkatkan kelas sumberdaya dan cadangan serta menambah keyakinan geologi (Rahmad, 2022).

Metode pengeboran yang digunakan dalam kegiatan pengeboran Batubara adalah *Open Hole*, *Full core* dan *Touch Core*.

1. *Open Hole* merupakan teknik pengeboran dengan melubangi area tertentu sampai kedalaman yang telah direncanakan. Pengambilan sampelnya berdasarkan hasil potongan batuan dari tiap gerusan mata bor per Run atau per pipa bor biasanya per 1,5 meter yang biasa disebut *cutting* (Rahmad, 2022).

*Full Core* merupakan teknik pengeboran yang dilakukan sampai kedalaman yang direncanakan dengan mengambil sampel berupa inti (*core*) batuan tanpa dilakukan pengeboran *open hole*. Pengambilan sampel inipun biasanya per 1,5 meter atau 3 meter tergantung panjang



pipa yang digunakan (Rahmad, 2022).

3. *Touch Core* merupakan teknik pengeboran yang awalnya dilakukan dengan teknik *open hole* dan ketika mata bor menyentuh lapisan batubara, yang terindikasi dari lubang bor dengan keluarnya sample *cutting* batubara dan air pengeboran berwarna coklat tua-hitam akibat batubara tergerus, maka pengeboran akan disetop putaran bornya. Selanjutnya, stang bor diangkat dan mata bor akan diganti dengan jenis mata bor seperti pada *full core* untuk pengambilan sample inti batuan (Rahmad, 2022).

### 2.5.2 Pencontoon

Percontoon merupakan kegiatan lanjutan dari eksplorasi terdahulu, yakni pembuatan sumur uji/*trenching* guna mendapatkan data-data yang lebih teliti.

### 2.5.3 Logging Geofisika

Penampangan (*geophysical logging*) merupakan kegiatan perekaman data-data hasil dari pengeboran. *Geophysical logging* untuk eksplorasi batubara dirancang tidak hanya untuk mendapatkan informasi geologi, tetapi untuk memperoleh berbagai data lain, seperti kedalaman, ketebalan dan kualitas lapisan batubara, dan sifat geomekanik batuan yang menyertai penambahan batubara serta juga mengkompensasi berbagai masalah yang tidak terhindar apabila hanya dilakukan pengeboran, yaitu pengecekan kedalaman sesungguhnya dari lapisan penting, terutama lapisan batubara atau *sequence* rinci dari lapisan batubara termasuk *parting* dan lain lain. (Harsono, 1997 dalam Anshari, 2016).

## 2.6 *Electrofacies* dan *Lithofacies*

Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk menentukan lingkungan pan, antara lain *Electrofacies* dan *Lithofacies*.



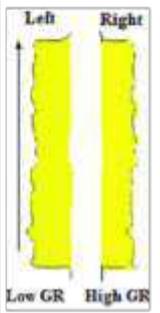
### 2.6.1 *Electrofacies*

*Electrofacies* adalah pengendapan *facies* yang dapat dilihat melalui data log. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memberikan informasi *electrofacies* dari formasi yang telah dibor dengan melihat respon log yang memungkinkan untuk mempelajari model *electrofacies* yang digunakan untuk membantu menentukan lingkungan pengendapan (Selley, 1978 dalam Walker & James, 1992).

Studi *Electrofacies* merupakan salah satu metode dalam menganalisa lingkungan Pengendapan. *Electrofacies* menggunakan Data *Geophysical Logging* berupa kurva *log gamma ray* (GR) (Selley, 1978 dalam Walker & James, 1992).

*Log gamma ray* mencerminkan variasi batuan sedimen berdasarkan ukuran besar butir yang menunjukkan perubahan energi pengendapannya. Beberapa pola respon *Log Gamma Ray* dari Walker & James (1992) akan digunakan dalam perbandingan pola log pada litologi pengapit batubara di daerah penelitian, seperti batupasir dan batulempung. Bentuk tipikal log GR dengan beberapa *facies* pengendapan secara umum dapat dilihat pada table :

**Tabel 4.** Pola respon dari *Log Gamma Ray* secara umum terhadap variasi ukuran butir (Walker & James, 1992)

GR Log Pattern	Cylindrical/Boxcar	Funnel	Bell	Symmetrical	Scrated/Irregular
GR Trend					
Sediment Supply	Aggrading	Prograding	Retrograding	Prograding & Retrograding	Aggrading
Depositional Environment (Common)	Fluvial channels, Carbonate shelf, Reef, Submarine canyon fill, Prograding delta distributaries, Aeolian dunes, Evaporite fill of basin	Crevasse splay, River, Mouth bar, Delta front, Shoreface, Submarine fan lobe	Fluvial point bar, Tidal point bar, Deep tidal channel fill, Deltaic channels, Proximal deep sea settings, Tidal flats	Reworked offshore bar, regressive to transgressive shoreface delta.	Fluvial flood plain, Storm dominated shelf, Mixed tidal flat, Debris flow, Canyon fill, Deep marine slope



### 2.6.1.1 *Gamma ray log Pattern*

*Gamma ray log Trend Cylindrical/Boxcar, log pattern* ini menunjukkan jenis suplai sedimen *Agrrading*. Suplai sedimen *agrrading* yaitu pertumbuhan secara (*vertical*) endapan sedimen atau penumpukan endapan sedimen pada area tertentu, sehingga sedimen terendapkan dan terakumulasi serta menghasilkan peningkatan elevasi permukaan tanah membentuk bentang alam yang baru seperti delta dan dataran banjir. Dari *GR log pattern* ini menunjukkan bahwa material sedimen yang terendapkan memiliki keseragaman butir yang hampir sama, yang menunjukkan bahwa pada lokasi ini memiliki energi pengendapan yang kuat dan konstan. Biasanya *Gamma Ray trend Cylindrical/Boxcar* menunjukkan lingkungan Pengendapan saluran *fluvial & rak karbonat, terumbu karang, ngarai bawah laut, distribusi delta prograding, bukit pasir dan isi evaporit pada basin.*

*Gamma ray log Trend Funnel, Coarse up & sharp top* dengan jenis suplai sedimen *prograding*. Suplai sedimen *prograding* yaitu akumulasi endapan sedimen pada garis pantai yang terjadi ketika sedimen terakumulasi pada bagian depan dari deposit yang ada, sehingga garis pantai akan bertambah ke arah laut. Dari *GR log pattern* ini menunjukkan bahwa material sedimen yang terendapkan memiliki ukuran butir yang tidak seragam yaitu mengkasar ke atas sehingga menunjukkan bahwa energi pengendapan semakin kuat dan tidak konstan yang umumnya menunjukkan lingkungan pengendapan *Creevasse Splay, sungai, Mouth bar, Delta front, Shoreface dan submarine fan lope.*

*Gamma ray log Trend Bell Fine Up & sharp base* dengan jenis suplai sedimen *retrograding* yaitu adalah kebalikan dari progradasi. Ini mengacu pada gerakan mundur atau mundurnya garis pantai atau endapan sedimen. Retrogradasi terjadi ketika laju sedimentasi lebih rendah daripada laju kenaikan permukaan laut atau proses erosi lainnya, yang mengakibatkan erosi dan migrasi fitur sedimen ke arah darat. Dari *GR log pattern* ini menunjukkan bahwa material sedimen yang



akan menghalus ke atas yang menunjukkan bahwa energi pengendapannya kecil dan tidak konstan yang umumnya menunjukkan lingkungan endapan *point bar* pada sungai, *point bar* pada laut dangkal, *deep tidal*

*channel fill, deltaic channels, proximal deep sea setting dan tidal flat.*

*Gamma ray log Trend Symmetrical/Hour Glass* dengan jenis suplai sedimen *prograding* dan *retrograding*. Pada *gamma ray log pattern* ini merupakan zona dimana laju sedimentasi dan laju kenaikan permukaan laut atau proses erosi terjadi secara bergantian dengan energi yang berbeda-beda. Pada daerah yang memiliki *Gamma ray log trend Symmetrical/Hour Glass* menunjukkan bahwa perubahan energi pengendapan kecil lalu berubah menjadi besar dan mengecil lagi. Hal ini terjadi karena suplai sedimen yang awalnya *prograding* menjadi *retrograding* sehingga material kasar akan tersendapkan pada tengah-tengah. Yang umumnya menunjukkan lingkungan pengendapan, *reworked offshore bar* dan *regressive to transgressive shore face delta*.

*Gamma ray log Trend Serated/irregular, log pattern* ini menunjukkan jenis suplai sedimen *Agrrading*. Suplai sedimen *agrrading* yaitu pertumbuhan secara (*vertical*) endapan sedimen atau penumpukan endapan sedimen pada area tertentu, sehingga sedimen terendapkan dan terakumulasi serta menghasilkan peningkatan elevasi permukaan tanah membentuk bentang alam yang baru seperti delta dan dataran banjir. Pada daerah yang memiliki *Gamma ray log trend Serated/irregular* menunjukkan bahwa energi pengendapan kecil dan konstan yang umumnya menunjukkan bahwa lingkungan pengendapannya *Fluvial floodplain, Storm dominated shelf, Mixed tidal flat, Debris flow, Canyon fill, dan Deep marine-slope*.

### 2.6.1.2 Korelasi *Geophysical Logging*

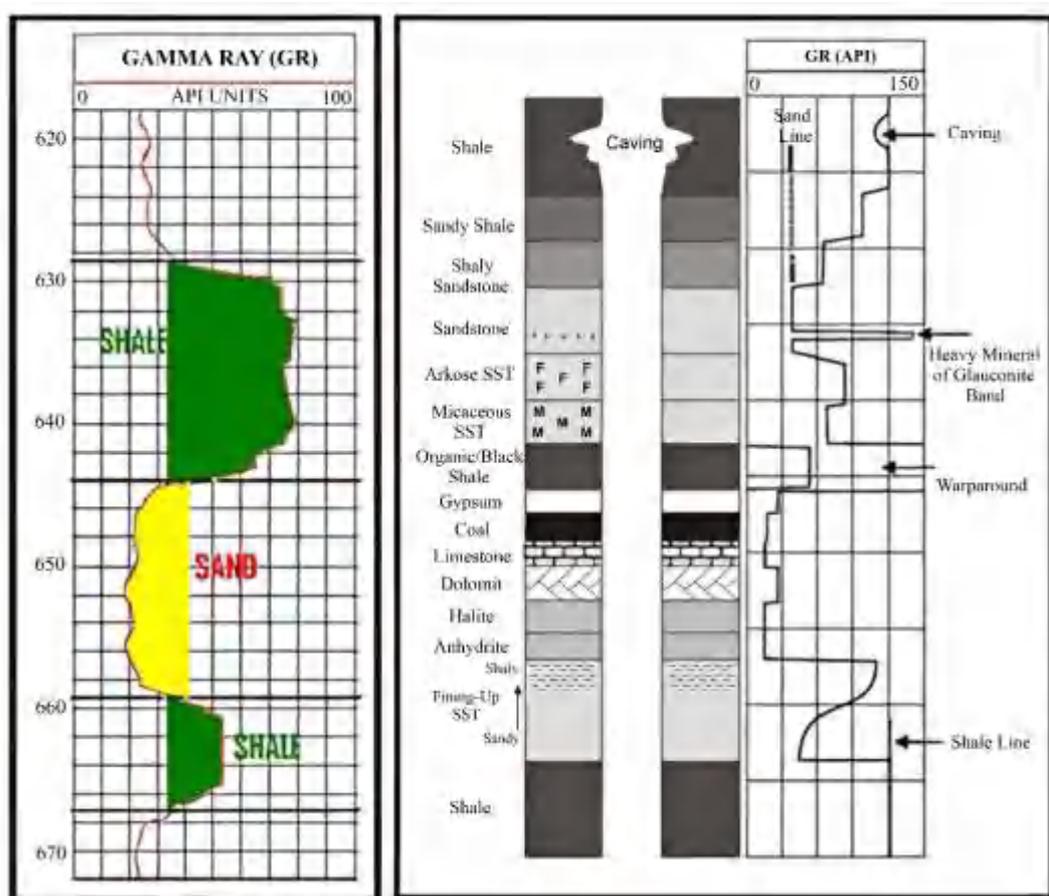
*Geophysical Logging* adalah teknik yang digunakan dalam geologi dan geofisika untuk mendapatkan informasi rinci tentang formasi dan kondisi bawah permukaan, yang didapatkan dari pengukuran dan pencatatan berbagai parameter fisik menggunakan alat khusus, yang direduksi menjadi lubang bor atau tujuan utama dari *geophysical logging* adalah untuk mengumpulkan data yang membantu dalam mengkarakterisasi geologi bawah permukaan, memahami



komposisi dan struktur formasi batuan, dan menilai keberadaan sumber daya berharga seperti mineral, hidrokarbon, atau air tanah.

*Electrofacies* dianalisis (Gambar 4) dari pola kurva *log gamma ray*. Menurut Selley dalam Walker (1992), *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.

### 2.6.1.3 Log Sinar Gamma



Gambar 15. Respon *log gamma Ray* terhadap sekuen litologi (Hower, 2002 ismal, 2017)



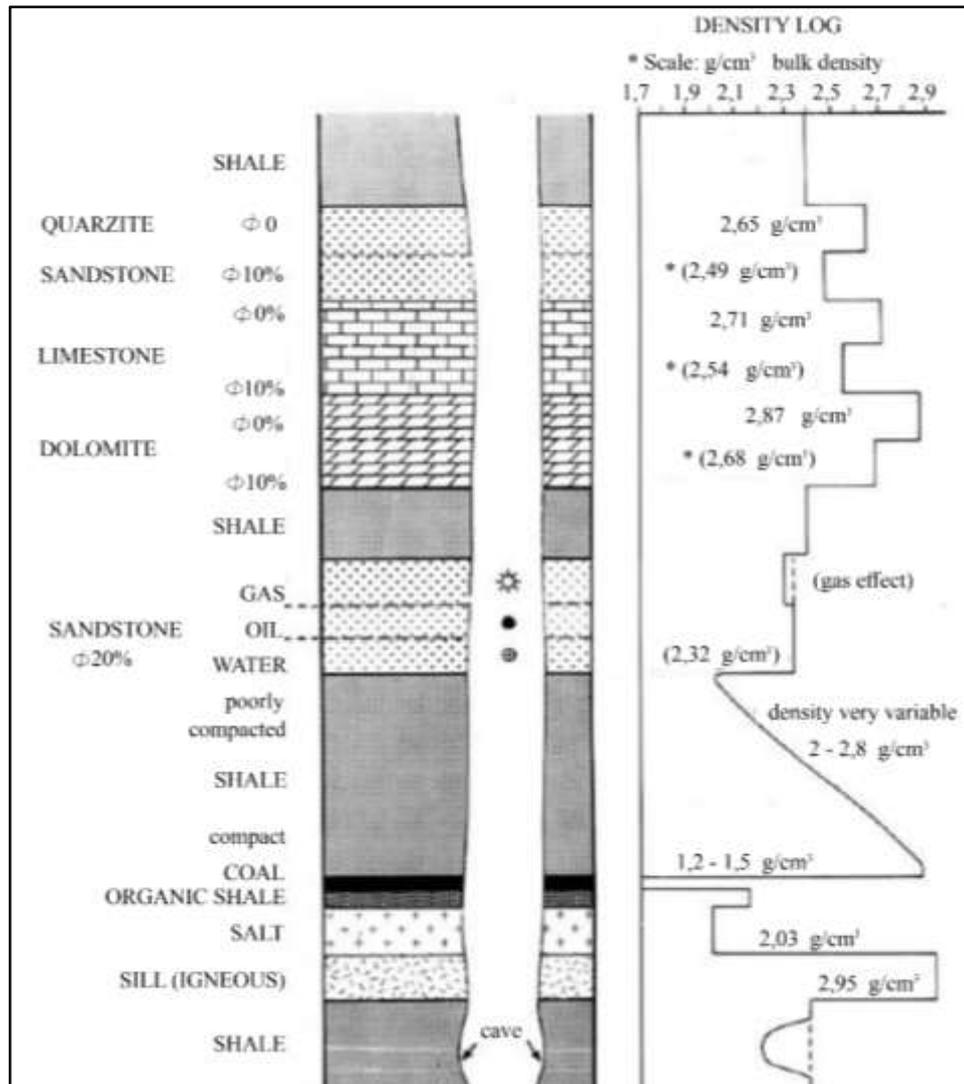
Log sinar gamma dikombinasikan dengan log utama, seperti log densitas, gelombang bunyi, digunakan untuk memastikan batas antara lapisan seperti antara lapisan batubara bagian atas atau lantai. Skala log gamma menggunakan satuan API unit (APIU), biasanya ditampilkan pada kolom

pertama, bersama-sama dengan kurva SP dan Kaliper. Skala *log gamma ray* dari kiri ke kanan biasanya 0-100 atau 0-150 API .

*Log gamma ray* (GR) merupakan salah satu aplikasi dari log radioaktif. Prinsip dasar *log gamma ray* yaitu melakukan pengukuran tingkat radioaktivitas alami bumi. *Log gamma ray* berfungsi untuk mendeskripsikan suatu batuan yang berpotensi sebagai reservoir atau tidak serta memisahkan batuan permeabel dan shale yang impermeabel. Unsur radioaktif pada umumnya banyak berada pada shale (serpih), sedangkan pada *sandstone*, *limestone* dan *dolomit* sangat sedikit jumlahnya kecuali pada batuan tersebut terendapkan mineral-mineral yang mengandung unsur radioaktif. Sehingga log ini sangat efektif digunakan untuk melakukan evaluasi formasi pada lingkungan pengendapan *fluvial deltaic* yang sistem perlapisannya terdiri dari *sandstone* atau *shale*.



### 2.6.1.4 Log Densitas



**Gambar 16.** Respon log density terhadap berbagai litologi (Rider, 1996 dalam Zulkarnain, 2020)

Log densitas merupakan salah satu log porositas. Prinsip kerja log densitas ini dengan memanfaatkan teori fotolistrik menggunakan sumber radioaktif berupa gamma ray. Sinar gamma ray sebagai foton dipancarkan ke dalam formasi kemudian menumbuk elektron. Semula energi foton cukup besar, menumbuk elektron, energi tersebut berkurang karena diserap oleh elektron untuk melepaskan diri menjadi elektron bebas. Energi yang tersisa foton terus menumbuk elektron lain dalam proses yang sama. Oleh karena itu elektron bebas akan semakin banyak dan electron-electron tersebut



terdeteksi oleh alat densitas. Jumlah elektron yang diserap detektor secara tidak langsung menunjukkan besarnya densitas formasi.

### 2.6.1.5 Interpretasi Data *Logging*

Interpretasi didefinisikan sebagai suatu kegiatan untuk menjelaskan arti dari sesuatu hasil yang dilakukan. Sedangkan interpretasi log merupakan suatu kegiatan untuk menjelaskan hasil perekaman mengenai berat jenis elektron. Interpretasi log dapat menyediakan jawaban mengenai ketebalan lapisan batubara, kedalamannya, korelasi lapisan batubara, jenis batuan *roof* (20cm di atas lapisan batubara), jenis *floor* (20cm di bawah lapisan batubara), mengetahui kondisi lubang bor dan sebagainya. Log gamma digunakan bersamaan dengan log densitas yang merupakan log geofisika yang utama dalam eksplorasi batubara.

### 2.6.2 *Lithofacies*

Menurut Walker dan James (1992), *lithofacies* adalah suatu rekaman stratigrafi pada batuan sedimen yang menunjukkan karakteristik fisika, kimia, dan biologis tertentu yang berbeda dengan batuan di atas, di bawah ataupun dengan persebaran lateralnya sehingga dapat digunakan untuk menginterpretasikan kondisi pengendapan, sejarah geologi dan menjelaskan hubungan geometri di antara unit batuan.

