

**ANALISIS CORE DAN DEFLEKSI LOG UNTUK MENGETAHUI
LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN MENENTUKAN CADANGAN
BATUBARA DI BANKO BARAT PIT 1, SUMATERA SELATAN**

(Skripsi)

Oleh:

Yuni Iswati



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2012**

ABSTRACT

ANALYSIS OF CORE AND LOG DEFLECTION TO SEE THE ENVIRONMENT OF DEPOSITION AND SETTING UP COAL RESERVE IN WEST BANKO PIT 1, SOUTH SUMATERA

by:

YUNI ISWATI

West Banko Pit 1 is located at Muara Enim Formation. The Muara Enim Formation consists of four stratigraphic unit. Coal seams in the West Banko was found in M2 unit. Core analysis to describe the results of drilling. Logging analysis is expected to set up of sedimentary rocks and coal layers. Besides it, log analysis and stratigraphic correlation of the coal thickness can be determine, and the direction laterally spreading of coal, and to know the environment of coal deposition.

The results indicate variation the lithology within the research areas, such as the unit of coal, sandstone, claystone, siltstone, and carbonaceous claystone. The Coal thickness ranging from 3 m to 13 m. From 2D correlation is known that the West Banko Pit 1 is controlled by normal fault structures. According the pattern of log deflection is known that the environment of deposition is the Upper Delta Plain-Fluvial study area. Coal reserves an area 1 acquired by 7 million cubic meters and coal reserves in area 2 acquired by 5 million cubic meters by stripping ratio is 1:2.

Key words: core and log analysis, environment of deposition, coal reserves

ABSTRAK

ANALISIS CORE DAN DEFLEKSI LOG UNTUK MENGETAHUI LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN MENENTUKAN CADANGAN BATUBARA DI BANKO BARAT PIT 1, SUMATERA SELATAN

Oleh:

YUNI ISWATI

Banko Barat Pit 1 terletak pada Formasi Muara Enim. Formasi Muara Enim terdiri atas empat unit stratigrafi. Lapisan batubara di daerah Banko Barat ini terdapat pada unit M2. Analisis *core* untuk mendeskripsikan hasil pemboran. Analisis *logging* dapat membantu dalam menentukan lapisan batuan sedimen dan batubara. Disamping itu analisis *log* dan korelasi stratigrafi untuk mengetahui ketebalan batubara, dan arah penyebaran secara lateral, dan mengetahui lingkungan pengendapan batubara tersebut.

Hasil penelitian terdiri atas variasi runtunan *lithology* daerah penelitian dikuasai oleh satuan batubara (*coal*), batupasir (*sandstone*), batulempung (*claystone*), batulanau (*siltstone*), dan batulempung karbonan (*carbonaceous sandstone*). Ketebalan batubara mulai dari 3 meter sampai 13 meter. Dari hasil korelasi 2D diketahui bahwa daerah Banko Barat Pit 1 dikontrol oleh struktur sesar normal. Berdasarkan pola defleksi *log*, diketahui bahwa lingkungan pengendapan daerah penelitian adalah *Upper Delta Plain-Fluvial*. Cadangan batubara pada area 1 didapatkan sebesar 7 juta meter kubik, dan area 2 sebesar 5 juta meter kubik, dengan nilai *stripping ratio* adalah 1:2.

Kata kunci: analisis *core* dan *log*, lingkungan pengendapan, cadangan batubara.

**ANALISIS CORE DAN DEFLEKSI LOG UNTUK MENGETAHUI
LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN MENENTUKAN CADANGAN
BATUBARA DI BANKO BARAT PIT 1, SUMATERA SELATAN**

Oleh

YUNI ISWATI

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
Pada
Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2012**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh 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 dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 April 2012



Yuni Iswati
NPM. 0715051041

RIWAYAT HIDUP



YUNI ISWATI terlahir di kota Tanjung Karang, pada tanggal 13 Juni 1988, sebagai putri pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Supadi M.Tohir dan Ibu Karmia. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan tahun 2000 di **SDN 1 Kampung Baru, Bandar Lampung**. Pada tahun 2003, penulis menyelesaikan pendidikan di **SLTP Negeri 8**

Bandar Lampung dan aktif dalam organisasi Pasukan Pengibar Bendera (PASKIBRA) serta anggota paduan suara. Tahun 2006 penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di **SMA Negeri 9 Bandar Lampung** dan pernah berorganisasi di KIR (Karya Ilmiah Remaja).

Tahun 2006, penulis terdaftar sebagai mahasiswa pada **Universitas Negeri Jakarta** melalui jalur SPMB, kemudian pada tahun 2007, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Geofisika Fakultas MIPA yang sekarang menjadi jurusan **Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung** melalui jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB). Selama menjadi mahasiswa penulis pernah berorganisasi di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas MIPA (BEM FMIPA), anggota Himpunan mahasiswa Teknik Geofisika HIMA TG

BHUWANA periode 2008-2009 serta anggota Himpunan Mahasiswa Geofisika 2007 – 2011. Pada Agustus tahun 2010 penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Aneka Tambang (Persero), Tbk Unit Geomin;Pulogadung, sebuah perusahaan pertambangan mineral khususnya emas dan nikel yang menggunakan metode geofisika non seismik. Pada Agustus – Oktober 2011 penulis melaksanakan Tugas Akhir di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, Tanjung Enim;Sumatera Selatan.

Dedicated to :

My Lovely mom; Karmia, and my daddy;Supadi

M.Tohir

**My beautiful and sweet sisters, Esti Gustia Putri
and Elis Fatmawati..**

**Thanks for all beautiful miracles that has been
given to me in every breath that i breathe....**

**Believe in God is no longer more a believe, it has become to be
a science. Religion is science of the highest dimension.**

***-Maulana SS. Prof. Dr. Khadirun Yahya MA, M.Sc-
(My Spiritual Teacher)***

Berpinsiplah sebagai Pengabd

Berjuanglah sebagai Prajurit

Bermentallah sebagai Pejuang

Berkaryalah sebagai Pemilik

Beribadatlah sebagaimana Nabi Beribadat

-Maulana SS. Prof. Dr. Khadirun Yahya MA, M.Sc-

**Selesaikanlah urusan Akhiratmu maka Tuhan akan menyelesaikan
urusan Duniamu.**

-Yuni Iswati-

SANWACANA

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya akhirnya saya dapat menyelesaikan skripsi ini yang disusun untuk memenuhi persyaratan sebagai Sarjana Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Dengan syukur yang mendalam, saya ingin berterima kasih kepada setiap orang yang telah berjasa dalam skripsi ini, yang mengilhami dan memberikan dukungannya. Untuk dukungan dan sumbangan besarnya pada perjalanan saya dan penciptaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D** selaku Pembimbing Utama yang atas kesediaannya membantu untuk memberikan bimbingan, ilmu saran, nasihat dan doanya dalam proses penyelesaian skripsi ini;
2. Bapak **Dr. Ahmad Zaenudin** selaku Pembimbing Kedua yang atas kesediaannya membantu untuk memberikan bimbingan, ilmu saran, nasihat dan doanya dalam proses penyelesaian skripsi ini;
3. Bapak **Rustadi, M.T** selaku Pembimbing Akademik dan selaku Pembahas pada ujian skripsi, terimakasih atas bimbingan dan semua masukan dan saran-saran pada seminar yang terdahulu;
4. Bapak **Bagus Sapto Mulyatno, M.T** selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan dan telah

memberikan dukungannya yang luar biasa kepada mahasiswa–mahasiswa Teknik Geofisika;

5. Dosen–dosen Teknik Geofisika, Bapak **Dr. Muh Sarkowi**, Bapak **Alimudin, M.Si.**, Bapak **Karyanto, M.T.**, Bapak **Nandi Haerudin, M.Si.**, Bapak **Ordas Dewanto, M.Si**, terimakasih telah mendidik dan memberikan ilmunya yang hebat kepada mahasiswa-mahasiswanya;
6. **Nenek dan kakek, paman dan tante, Drs. Darno dan Arsyatun, S.Ag., Tante Rositi**, yang selalu memberikan dukungannya. Sepupu yang centil, **Ines Kusuma Ningrum, Nadia Karoline Andarini** yang manja, **Bagus Damar Kurniawan** yang imut, **Bambang Dimas Ermanto** yang cool, **M. Rizky Arif Prasetyo dan Raka Arda Wicaksono**, dua orang jenius serta keluarga besar;
7. Sahabat saya, **Wahyu Emir Zayadi**, terimakasih atas dukungannya;
8. Sahabat saya, **Anastasia Kristina, Erlita Carolin S.**, terimakasih atas segala yang telah kalian berikan, terimakasih telah mendengarkan semua kisah hidup dan terimakasih atas cinta kasih kalian;
9. **Puja Panduwinata, Afdani Arif Wicaksono, Alda M. Tanti, Elisa Lusiana, Ria Ristiana**, teman *sharing* yang asik, terimakasih telah memberikan banyak pencerahan;
10. **Bapak Suhedi** selaku Manager Eksplorasi Rinci di PT. Bukit Asam, Tanjung Enim, Sumatera Selatan;
11. Bapak **Ir. Eko Pujiantoro** selaku Asisten manager Eksplorasi Rinci PT.BA yang telah berkenan memberikan kesempatan untuk dapat melaksanakan Tugas Akhir di tempat yang beliau pimpin;

12. Ibu **Natalina RP** yang gokil dan Bapak **Bagus Totok P.**, selaku pembimbing lapangan di PT. Bukit Asam yang telah bersedia membimbing, memberikan ilmu dan pengetahuannya; Rekan–rekan di Satuan Kerja Ekplorasi Rinci PT. Bukit Asam, **Bapak Saideham** Ass.Manager pemboran seorang yang yang baik hati, **Bapak Budiman** *logger* yang handal, **Bapak Cipto**, **Bapak Septyo Cholidie**, **Bapak A. Zaky Romi**, **Ibu Prima Arlini**.
13. **Bapak Supaimin** selaku Ass. Manager Pelatihan dan Sarana di PT. Bukit Asam, terimakasih atas nasihat–nasihat yang telah diberikan.
14. Teman seperjuangan Tugas Akhir, **Ni Made Yuliana Megasari** dan **Titin Silvia Sakti**. Teman–teman sekaligus sahabat di Teknik Geofisika Unila 2007, **Seruni Anjan Prasiwi**, **Ujang Suardi**, **Alpan Prananta Barus**, **Febrina Kartika**, **Fitriani**, **Aan Kurniawan**, **M. Yuza Riyadi**, dan **Mukti Handayani**, terimakasih atas ketulusan dan cinta kasih luar biasa yang saya terima dari kalian serta untuk seluruh teman angkatan TG 07 beserta adik tingkat;
15. Bapak dan Ibu Staf administrasi Teknik Geofisika, **Bu Ana dan Bapak Marsono** serta **Bapak dan Ibu** staf administrasi Fakultas Teknik Unila;
16. Terakhir kepada *my Personal Emotional Trainers*.

Akhir kata saya berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua.

Bandar Lampung, April 2012

Penulis,

Yuni Iswati

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan	2
I.3 Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
II.1 Letak dan Lokasi Penelitian	3
II.2 Geologi Regional Cekungan Sumatera Selatan.....	4

II.3 Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan.....	6
II.4 Geologi Regional Muara Enim	12
II.5 Proses Terbentuknya Batubara.....	17
II.6 Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Batubara	19
II.7 Lokasi Terbentuknya Batubara	22
II.8 Sifat Umum Batubara.....	23
II.9 Model Geologi untuk Pengendapan Batubara	24
III. TEORI DASAR.....	31
III.1 Metode Eksplorasi <i>Well Logging</i> untuk Batubara	31
III.2 Interpretasi Lapisan Batubara	36
III.3 Korelasi Lapisan Batuan Sedimen	37
III.4 Elektrofasis	41
IV. METODE PENELITIAN.....	44
IV.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	44
1. Waktu Penelitian.....	44
2. Tempat Penelitian	44
IV.2 Metode Penelitian	44
IV.3 Prosedur Kerja	45
1. Pengumpulan data	45
2. Tahapan pengambilan data <i>logging</i>	46
3. Deskripsi data <i>logging</i>	47
4. Pembuatan profil penampang korelasi struktur.....	48
5. Analisis Lingkungan Pengendapan	50
IV.4 Diagram Alir Penelitian	50
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
V.1 Hasil Penelitian	52
V.2 Pembahasan.....	55
1. Analisis Grafik Defleksi <i>Log Gamma ray – Short Density</i> ..	56
a. Analisis grafik defleksi <i>log</i> pada batubara.....	57
b. Analisis grafik defleksi <i>log</i> pada batuan sedimen	62
2. Interpretasi <i>Lithologi</i> Batuan Berdasarkan Data Pemboran (<i>core</i>) dan <i>logging</i> pada masing-masing Titik Bor.....	67
3. Korelasi Penampang 2D Berdasarkan <i>Key Bed</i> dan Elevasi..	81
a. Profil penampang korelasi struktur berdasarkan lapisan penunjuk (<i>key bed</i>).....	81
b. Korelasi berdasarkan elevasi setiap titik bor.	90
4. Analisis Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Data <i>Log</i>	97

5. <i>Volume</i> Prospek batubara dengan menggunakan <i>software</i> <i>Rockwork 15</i>	102
KESIMPULAN	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN	110

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Data titik bor dan koordinat pada daerah penelitian	52
Tabel 2. Ketebalan masing–masing <i>seam</i> batubara	66
Tabel 3. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK170	68
Tabel 4. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK171	69
Tabel 5. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK172	70
Tabel 6. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK173	71
Tabel 7. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK174.....	72
Tabel 8. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK175	73
Tabel 9. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK180	74
Tabel 10. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK181	75
Tabel 11. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK184	76
Tabel 12. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK186	78
Tabel 13. Interpretasi <i>lithologi</i> Titik Bor BK187	80
Tabel 14. Karakteristik <i>roof</i> dan <i>floor</i> tiap <i>seam</i> batubara	97
Tabel 15. Perolehan <i>Volume</i> pada area 1	105
Tabel 16. Perolehan <i>Volume</i> pada area 2	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Peta Lokasi Penambangan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.....	3
Gambar 2. Struktur Regional Sumatera Selatan.	5
Gambar 3. Skema Cekungan Sumatera Selatan, tanpa skala	7
Gambar 4. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan.....	8
Gambar 5. Stratigrafi Regional Tanjung Enim dan Sekitarnya	15
Gambar 6. Penampang Stratigrafi Banko Pit 1, tanpa skala	16
Gambar 7. Tumbuhan primitif pembentuk batubara.....	17
Gambar 8. Proses Terbentuknya Batubara.....	18
Gambar 9. Model lingkungan pengendapan batubara di lingkungan delta	25
Gambar 10. Penampang Lingkungan Pengendapan pada bagian Back Barrier	26
Gambar 11. Penampang Lingkungan Pengendapan pada bagian Lower Delta Plain	27
Gambar 12. Penampang Lingkungan Pengendapan pada bagian Upper Delta Plain-Fluvial	28
Gambar 13. Penampang Lingkungan Pengendapan pada bagian Transisional Lower Delta Plain	29
Gambar 14. Jenis tanggapan probe	32
Gambar 15. Dasar aturan <i>lithologi</i> batubara dari sinar gamma	33
Gambar 16. Penentuan <i>lithologi</i> dari <i>log</i> densitas	34
Gambar 17. Korelasi unit stratigrafi.....	39
Gambar 18. Respon <i>gamma ray</i> terhadap variasi ukuran butir dan lingkungan Pengendapan	41
Gambar 19. Diagram Alir Penelitian	50
Gambar 20. Peta lokasi titik bor.....	53
Gambar 21. Peta topografi titik bor pada area 1.	54
Gambar 22. Peta topografi titik bor pada area 2.	54
Gambar 23. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>seam</i> A1	57
Gambar 24. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>seam</i> A2	58
Gambar 25. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>seam</i> B1	59
Gambar 26. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>seam</i> B2	60
Gambar 27. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>seam</i> C	61

Gambar 28. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>claystone</i>	62
Gambar 29. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>sandstone</i>	63
Gambar 30. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>siltstone</i>	64
Gambar 31. Grafik analisis <i>log</i> untuk <i>carbonaceous claystone</i>	65
Gambar 32. Penampang korelasi titik bor antar <i>seam</i> batubara berdasarkan lapisan penunjuk	82
Gambar 33. Penampang korelasi antar <i>lithologi</i> berdasarkan lapisan penunjuk (<i>key bed</i>).	83
Gambar 34. Penampang korelasi antar <i>seam</i> batubara berdasarkan lapisan penunjuk (<i>key bed</i>).	85
Gambar 35. Penampang korelasi antar <i>lithologi</i> berdasarkan lapisan penunjuk (<i>key bed</i>).	86
Gambar 36. Penampang korelasi antar <i>seam</i> batubara berdasarkan lapisan penunjuk (<i>key bed</i>).	88
Gambar 37. Penampang korelasi antar <i>lithologi</i> berdasarkan lapisan penunjuk (<i>key bed</i>)	89
Gambar 38. Korelasi <i>seam</i> batubara berdasarkan nilai elevasi titik bor....	91
Gambar 39. Korelasi masing–masing <i>lithologi</i> berdasarkan nilai elevasi titik bor.....	92
Gambar 40. Penampang korelasi struktur 2D	93
Gambar 41. Penampang korelasi stuktur 2D	94
Gambar 42. Penampang korelasi stuktur 2D	96
Gambar 43. Lingkungan Pengendapan daerah penelitian.....	98
Gambar 44. Identifikasi pengendapan <i>log</i> titik bor BK181 berdasarkan model Horne, 1978	99
Gambar 45. Identifikasi pengendapan <i>log</i> titik bor BK186 berdasarkan model Horne, 1978	100
Gambar 46. Pemodelan 3D variasi runtunan <i>lithologi</i> area 1	103
Gambar 47. Pemodelan 3D <i>seam</i> batubara pada area 1	103
Gambar 48. Pemodelan 3D <i>seam</i> batubara pada area 2	104

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam eksplorasi endapan batubara, metode geofisika sangat membantu terutama dalam eksplorasi yang bersifat regional sampai semi regional dalam menentukan batas-batas suatu cekungan sedimentasi yang berkaitan dengan pengendapan batubara, struktur geologi yang mempengaruhi terhadap kontinuitas penyebaran batubara dan intrusi batuan yang mempengaruhi terhadap kualitas batubara (Priatna, 2000).

Tahapan eksplorasi dalam menentukan kondisi bawah permukaan daerah prospek batubara dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode Geofisika *Logging*. Berdasarkan data *Logging* geofisika serta data geologi maka dilakukan interpretasi kondisi bawah permukaan untuk mengetahui arah ketebalan batubara serta penyebarannya secara lateral. Disamping itu potensi kuantitas dan kualitas dari sumberdaya batubara dapat ditentukan dari tahapan eksplorasi.

Untuk menentukan arah ketebalan batubara dan penyebarannya secara lateral maka dilakukan korelasi struktur bawah permukaan. Dalam menentukan korelasi lapisan batuan pada suatu daerah maka harus memperhatikan kesamaan waktu

pengendapan atau dengan cara menentukan kesamaan lapisan tiap titik bor (*key bed*).

I.2 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menginterpretasi data *logging* untuk mengetahui ketebalan lapisan batubara, karakteristik *roof* dan *floor*, arah dan penyebaran batubara dengan cara korelasi.
2. Analisis lingkungan pengendapan batubara berdasarkan jenis grafik log *gamma ray* dan mengetahui jumlah cadangannya.

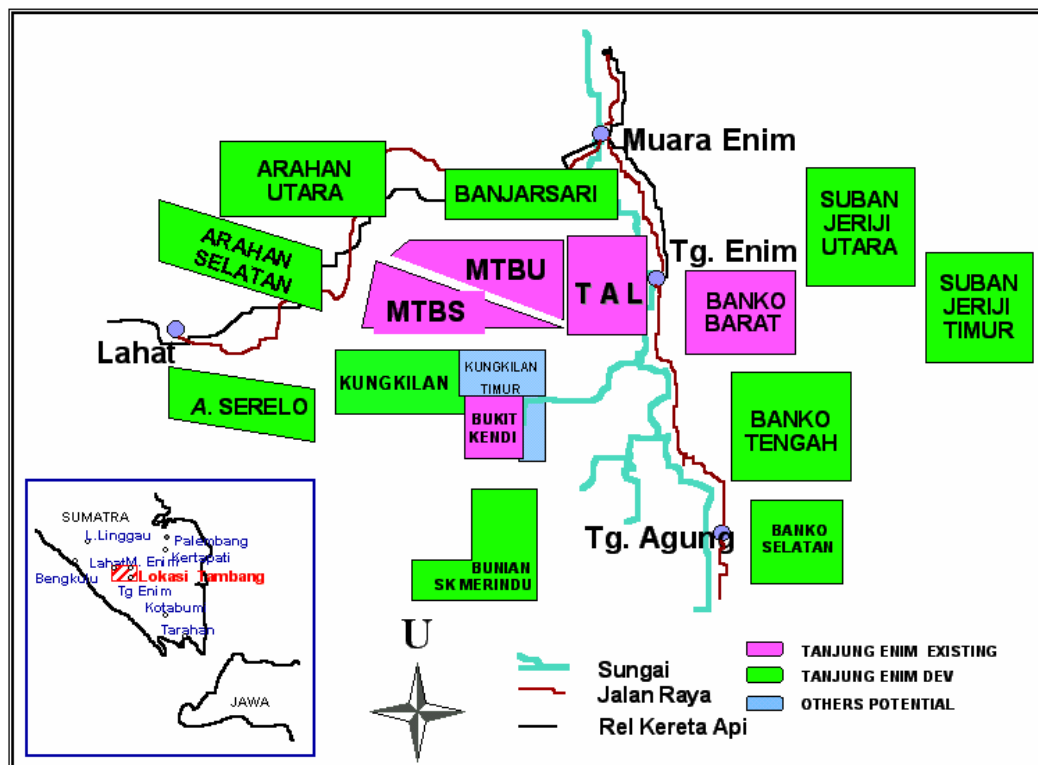
I.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian yang dilakukan, batasan masalah adalah interpretasi data *logging* meliputi urutan *lithologi* serta sifat karakteristik batuan, ketebalan, arah dan penyebaran batubara, analisis lingkungan pengendapan batubara dan mengetahui volume batubara berdasarkan metode eksplorasi yaitu metode *well logging*. Hasil penyelidikan *well logging* diharapkan dapat memberi gambaran yang sangat jelas untuk mendeteksi lapisan batubara akan terlihat dari hasil pengukuran *logging gamma ray* dan *density*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Letak dan Lokasi Penelitian

Perusahaan pertambangan batubara PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, secara geografis terletak pada $3^{\circ}42' 30'' - 4^{\circ} 47' 30''$ LS dan $103^{\circ} 50' 10''$ BT, berada di Dusun Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim. Tanjung Enim terletak ± 247 km sebelah barat daya Kota Palembang, ± 520 km di sebelah Timur Bengkulu.



Gambar 1. Peta Lokasi Penambangan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.
(Sumber: PTBA)

Wilayah penambangan terbagi atas 3 blok, yaitu: Blok Banko yang terletak di sebelah Timur Tanjung Enim, Blok Tambang Air Laya di sebelah Utara Tanjung Enim, dan Muara Tiga Besar di sebelah Timur Kota Lahat. Tambang Air Laya (TAL) dengan luas ± 7.621 Ha, Muara Tiga Besar (MTB) dengan luas ± 3.300 Ha, dan Bangko Barat dengan luas ± 4.500 Ha.

II.2. Geologi Regional Cekungan Sumatera Selatan

Cekungan Sumatera Selatan (Gambar 2) dan Tengah mempunyai sejarah pembentukan yang sama, di mana kedua cekungan tersebut merupakan suatu cekungan busur belakang (*back-arc basin*). Kedua cekungan ini dibatasi oleh suatu tinggian yang mempunyai arah Timur Laut-Barat Daya melalui bagian Utara Pegunungan Tiga Puluh. Cekungan-cekungan yang bentuknya asimetrik dibatasi di sebelah Barat Daya oleh sesar-sesar serta singkapan-singkapan batuan Pra-Tersier yang terangkat sepanjang kawasan kaki Pegunungan Barisan, dan di sebelah Timur Laut dibatasi oleh formasi sedimen dari paparan Sunda. Di sebelah Selatan dan sebelah Timur, daerah cekungan dibatasi oleh daerah tinggian Lampung. Pada Cekungan Sumatera Selatan dan Jambi terdapat beberapa bentuk struktur akibat aktivitas tektonik Tersier Pulau Sumatera yang terdiri dari beberapa periode tektonik (Sukendar, 1988).

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

tersebut antara lain sesar Lematang berarah Baratlaut-Tenggara dan sesar Kikim dengan arah Utara-Selatan. Berdasarkan posisi tektoniknya, Cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan busur belakang.



Gambar 2. Struktur Regional Sumatera Selatan.
(Menurut Sukendar, 1988 dalam Bishop, 2000)

Adanya tinggian dan dalaman telah memisahkan cekungan ini menjadi beberapa sub cekungan seperti sub cekungan Jambi, sub cekungan Palembang Utara, Tengah dan Selatan. Selain telah terjadinya tektonik regional maupun lokal sepanjang Zaman Tersier, diikuti pula proses sedimentasi pada daerah cekungan.

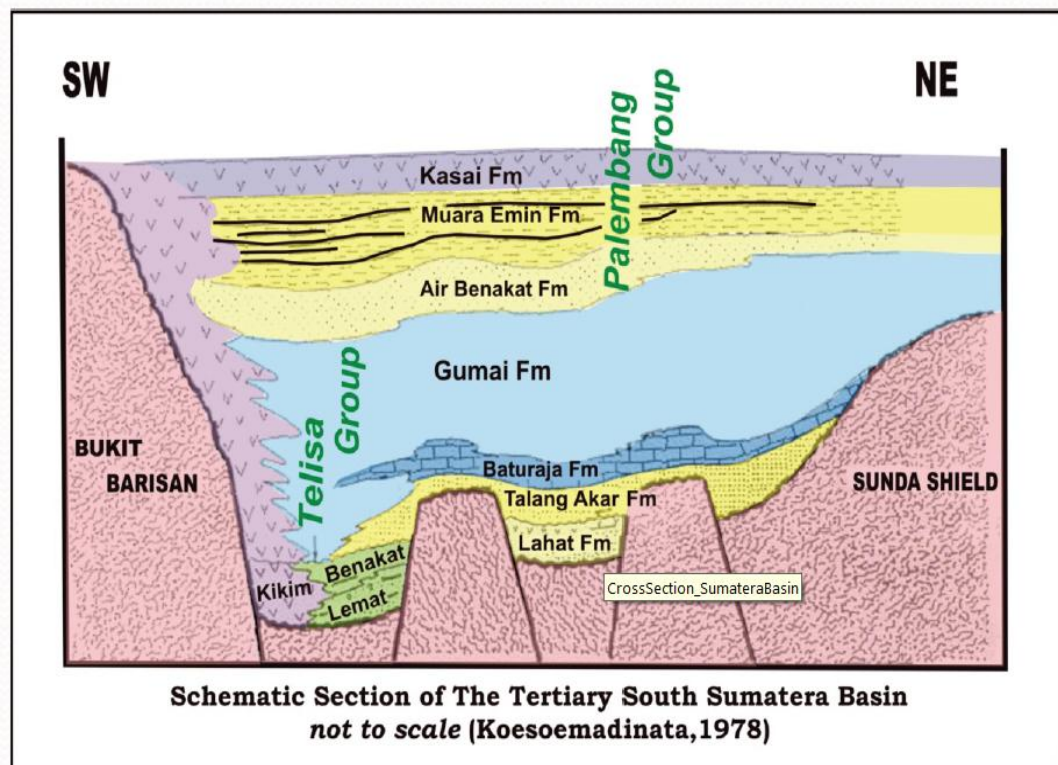
Disamping itu perubahan muka air laut secara global (*global sea level changes*) juga turut dalam proses sedimentasi di Cekungan Sumatera Selatan (Koesoemadinata, 1978).

II.3. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan

Sub Cekungan Palembang merupakan bagian Cekungan Sumatera Selatan (Gambar 3) merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*) berumur Tersier terbentuk sebagai akibat tumbukan antara *Sunda land* dan Lempeng Hindia. Secara Geografis Sub Cekungan Palembang dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh di sebelah Utara, Tinggian Lampung di bagian Selatan, Paparan Sunda di sebelah Timur, dan Bukit Barisan di sebelah Barat.

Tatanan stratigrafi Sub Cekungan ini pada dasarnya terdiri dari satu siklus besar sedimentasi dimulai dari fase transgresi pada awal siklus dan fase regresi pada akhir siklusnya. Secara detail siklus ini dimulai oleh siklus non marin yaitu dengan diendapkannya Formasi Lahat pada Oligosen Awal dan kemudian diikuti oleh Formasi Talang Akar yang diendapkan secara tidak selaras di atasnya. Menurut De Coster (1973), Formasi Talang Akar merupakan suatu endapan kipas alluvial dan endapan sungai teranyam (*braided stream deposit*) yang mengisi suatu cekungan. Fase transgresi terus berlangsung hingga Miosen Awal dimana pada kala ini berkembang Batuan karbonat yang diendapkan pada lingkungan *back reef*, *fore reef*, dan *intertidal* (Formasi Batu Raja) pada bagian atas Formasi Talang Akar. Fase Transgresi maksimum ditunjukkan dengan diendapkannya

Formasi Gumai bagian bawah secara selaras di atas Formasi Baturaja yang terdiri dari batuserpih laut dalam.



Gambar 3. Skema Cekungan Sumatera Selatan, tanpa skala (Koesoemadinata, 1978).

Fase regresi dimulai dengan diendapkannya Formasi Gumai bagian atas dan diikuti oleh pengendapan Formasi Air Benakat yang didominasi oleh litologi batupasir pada lingkungan pantai dan delta. Formasi Air Benakat diendapkan secara selaras di atas Formasi Gumai. Pada Pliosen Awal, laut menjadi semakin dangkal dimana lingkungan pengendapan berubah menjadi laut dangkal, paludal, dataran delta dan non marin yang dicirikan oleh perselingan antara batupasir dan batulempung dengan sisipan batubara (Formasi Muara Enim). Tipe pengendapan

ini berlangsung hingga Pliosen Akhir dimana diendapkannya lapisan batupasir tufaan, *pumice* dan konglomerat.

AGE	FORMATION	LITHOLOGY	THICKNESS (M)	DESCRIPTION	ENVIRONMENT			
					TERIS- TRIAL	LITTO- RAL	NERETIC	
PLEISTOCENE								
PLIOCENE	KASAI (KAF)	V V V V V V V V V V V V	200 Λ	Tuff, tuffaceous sandstone and clay				
	MUARAENIM (MEF)		250 - 800	Claystone, intercalation with sandstone coal and siltstone				
	AIRBENAKAT (ABF)		300 - 600	Claystone intercalation with sandstone and siltstone				
MIOCENE								
LOWER	GUMAI (GUF)		150 - 1500	Claystone intercalation with sandstone and siltstone Calcareous shale intercalation with limestone, marl and siltstone				
	BATURAJA		50 - 200	Limestone				
	TALANGAKAR (TAF)	TRM	100 - 300	Interbedded sandstone and shale				
OLIGOCENE		GRM	300 - 500	Coarse to very coarse sandstone intercalation with shale and coal				
	LAHAT (LAF)		200 - 760	Tuffaceous, shale, siltstone Tuff, sandstone, agglomerate, breccia				
PRE TERTIARY	BASEMENT (BSM)			Granite, quartzite, phyllite, slate				

Gambar 4. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Sumber: PTBA).

1. Batuan Dasar

Batuan Pra-Tersier atau *basement* terdiri dari kompleks batuan Paleozoikum dan batuan Mesozoikum, batuan metamorf, batuan beku dan batuan karbonat. Batuan Paleozoikum akhir dan batuan Mesozoikum tersingkap dengan baik di Bukit Barisan, Pegunungan Tigapuluh dan Pegunungan Duabelas berupa batuan karbonat berumur Permian. Batuan dasar yang tersingkap di Pegunungan Tigapuluh terdiri dari filit yang terlipat kuat berwarna kecoklatan berumur Permian (Simanjuntak, dkk., 1991). Lebih ke arah Utara tersingkap granit yang telah mengalami pelapukan kuat. Warna pelapukan adalah merah dengan butir-butir kuarsa terlepas akibat pelapukan tersebut. Kontak antara granit dan filit tidak teramati karena selain kontak tersebut tertutupi pelapukan yang kuat, daerah ini juga tertutup hutan yang lebat. Menurut Simanjuntak, et.al (1991) umur granit adalah Jura.

2. Formasi Lahat

Formasi Lahat diendapkan secara tidak selaras di atas batuan dasar, merupakan lapisan dengan tebal 200 m - 3350 m yang terdiri dari konglemerat, tufa, breksi vulkanik andesitik, endapan lahar, aliran lava dan batupasir kuarsa.

Formasi ini memiliki 3 anggota, yaitu:

- a. Anggota Tuff Kikim Bawah, terdiri dari tuff andesitik, breksi dan lapisan lava. Ketebalan anggota ini bervariasi, antara 0 - 800 m. Anggota Batupasir Kuarsa, diendapkan secara selaras di atas anggota pertama. Terdiri dari konglomerat dan batupasir berstruktur *crossbedding*. Butiran didominasi oleh kuarsa.

- b. Anggota Tuff Kikim Atas, diendapkan secara selaras dan bergradual di atas Anggota Batupasir Kuarsa. Terdiri dari tuff dan batulempung tuffan berselingan dengan endapan mirip lahar.

Formasi Lahat berumur Paleosen hingga Oligosen Awal.

3. Formasi Talang Akar (Tomt)

Formasi Talang Akar pada Sub Cekungan Palembang terdiri dari batulanau, batupasir dan sisipan batubara yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga transisi. Menurut Pulunggono, 1976, Formasi Talang Akar berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal dan diendapkan secara selaras di atas Formasi Lahat. Bagian bawah formasi ini terdiri dari batupasir kasar, serpih dan sisipan batubara. Sedangkan di bagian atasnya berupa perselingan antara batupasir dan serpih. Ketebalan Formasi Talang Akar berkisar antara 400 m - 850 m.

4. Formasi Baturaja (Tmb)

Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Talang Akar dengan ketebalan antara 200 m - 250 m. Litologi terdiri dari batugamping, batugamping terumbu, batugamping pasiran, batugamping serpihan, serpih gampingan dan napal kaya foraminifera, moluska dan koral. Formasi ini diendapkan pada lingkungan litoral-neritik dan berumur Miosen Awal.

5. Formasi Gumai (Tmg)

Formasi Gumai diendapkan secara selaras di atas Formasi Baturaja dimana formasi ini menandai terjadinya transgresi maksimum di Cekungan Sumatera Selatan. Bagian bawah formasi ini terdiri dari serpih gampingan dengan sisipan batugamping, napal dan batulanau sedangkan di bagian atasnya berupa perselingan antara batupasir dan serpih. Ketebalan formasi ini secara umum

bervariasi antara 150 m - 2200 m dan diendapkan pada lingkungan laut dalam. Formasi Gumai berumur Miosen Awal-Miosen Tengah.

6. Formasi Air Benakat (Tma)

Formasi Air Benakat diendapkan secara selaras di atas Formasi Gumai dan merupakan awal terjadinya fase regresi. Formasi ini terdiri dari batulempung putih kelabu dengan sisipan batupasir halus, batupasir abu-abu hitam kebiruan, glaukonitan setempat mengandung lignit dan di bagian atas mengandung tufaan sedangkan bagian tengah kaya akan fosil foraminifera. Ketebalan Formasi Air Benakat bervariasi antara 100 m - 1300 m dan berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal.

7. Formasi Muara Enim (Tnpm)

Formasi Muara Enim mewakili tahap akhir dari fase regresi tersier. Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Air Benakat pada lingkungan laut dangkal, paludal, dataran delta dan non marin. Ketebalan formasi ini 500 – 1000 m, terdiri dari batupasir, batulempung, batulanau dan batubara. Batupasir pada formasi ini dapat mengandung glaukonit dan debris vulkanik. Pada formasi ini terdapat oksida besi berupa konkresi-konkresi dan *silicified wood*. Sedangkan batubara yang terdapat pada formasi ini umumnya berupa lignit. Formasi Muara Enim berumur Miosen–Pliosen Awal.

8. Formasi Kasai (Qtk)

Formasi Kasai diendapkan secara selaras di atas Formasi Muara Enim dengan ketebalan 850 – 1200 m. Formasi ini terdiri dari batupasir tufaan dan tefra riolitik di bagian bawah. Bagian atas terdiri dari tuff *pumice* kaya kuarsa, batupasir, konglomerat, tuff pasir dengan lensa rudit mengandung *pumice* dan tuff

berwarna abu-abu kekuningan, banyak dijumpai sisa tumbuhan dan lapisan tipis lignit serta kayu yang terkersikkan. Fasies pengendapannya adalah *fluvial* dan *alluvial fan*. Formasi Kasai berumur Pliosen Akhir-Plistosen Awal.

9. Sedimen Kuarter (Qhv)

Satuan ini merupakan litologi termuda yang tidak terpengaruh oleh orogenesis Pliocene-Pleistocene. Golongan ini diendapkan secara tidak selaras di atas formasi yang lebih tua yang terdiri dari batupasir, fragmen-fragmen konglomerat berukuran kerikil hingga bongkah, hadir batuan vulkanik andesitik-basaltik berwarna gelap. Satuan ini berumur resen.

II.4. Geologi Regional Muara Enim

Mengacu kepada Peta Geologi Lembar Lahat, Sumatera Selatan, Skala 1 : 250.000 oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1986, Bandung. Stratigrafi daerah pemantauan adalah sebagai berikut:

Formasi batuan di daerah Muara Enim diendapkan pada Cekungan Sumatera Bagian Selatan. Batuan tertua adalah Formasi Air Benakat (Tma) yang terdiri dari perselingan batulempung dengan batulanau dan serpih, pada umumnya gampingan dan karbonan di atasnya diendapkan Formasi Muara Enim (Tmpm) yang terdiri dari batulempung, batulanau dan batupasir tufaan, kemudian disusul oleh Formasi Talang Akar (Tomt) yang terdiri dari batupasir sangat kasar sampai halus, batulanau dan batulempung gampingan serta serpih. Formasi Talang Akar ditutupi oleh Formasi Kasai (QTK) yang terdiri dari tufa, tufa pasir dan batupasir tufaan yang mengandung batuapung. Andesit (Qpva) berupa retas menerobos formasi-

formasi di atas. Pada zaman Kuarter diendapkan Satuan Gunungapi Muda (Qhv) berupa breksi gunungapi, lava dan tufa yang bersifat andesitik. Endapan paling muda adalah Aluvium (Qa) yang terdiri dari pasir, lanau, dan lempung. Seluruh formasi yang telah disebutkan di atas dipengaruhi oleh lipatan orogenik dalam akhir masa Pliosen dan Pleistosen.

Potensi batubara di daerah penelitian (Banko Barat Pit 1) terdapat pada Formasi Muara Enim. Lapisan batubara pada Formasi Muara Enim dibagi menjadi empat sub-bagian, yang diberi nama (dari bawah ke atas) M1, M2, M3, dan M4. Dari empat sub - bagian itu lapisan M2 dan M4 mengandung lapisan batubara yang paling ekonomis dan potensial secara ekonomis. Unit M1 merupakan lapisan yang paling bawah dari Formasi Muara Enim mengandung dua lapisan, Keladi dan Merapi. Unit M2 mengandung mayoritas dari sumberdaya batubara di Tanjung Enim. Lapisan lapisan itu diberi nama dengan urutan dari bawah yang potensial untuk ditambang ada beberapa lapisan batubara utama. Stratigrafi unit M2 (dari tua ke muda) adalah:

1. **Lapisan Petai (C)** yaitu lapisan batubara dengan ketebalan 7,0 - 14,6 m dan dijumpai sisipan tipis batulempung/batulanau karbonan dimana beberapa tempat mengalami pemisahan (split) menjadi C1 dan C2 dengan ketebalan masing-masing 5,0 - 10,1 m. Di atas lapisan batubara C ini ditutupi oleh batupasir lanauan yang sangat keras dengan ketebalan 25,0 - 44,0 m (disebut sebagai *overburden* B2 - C).

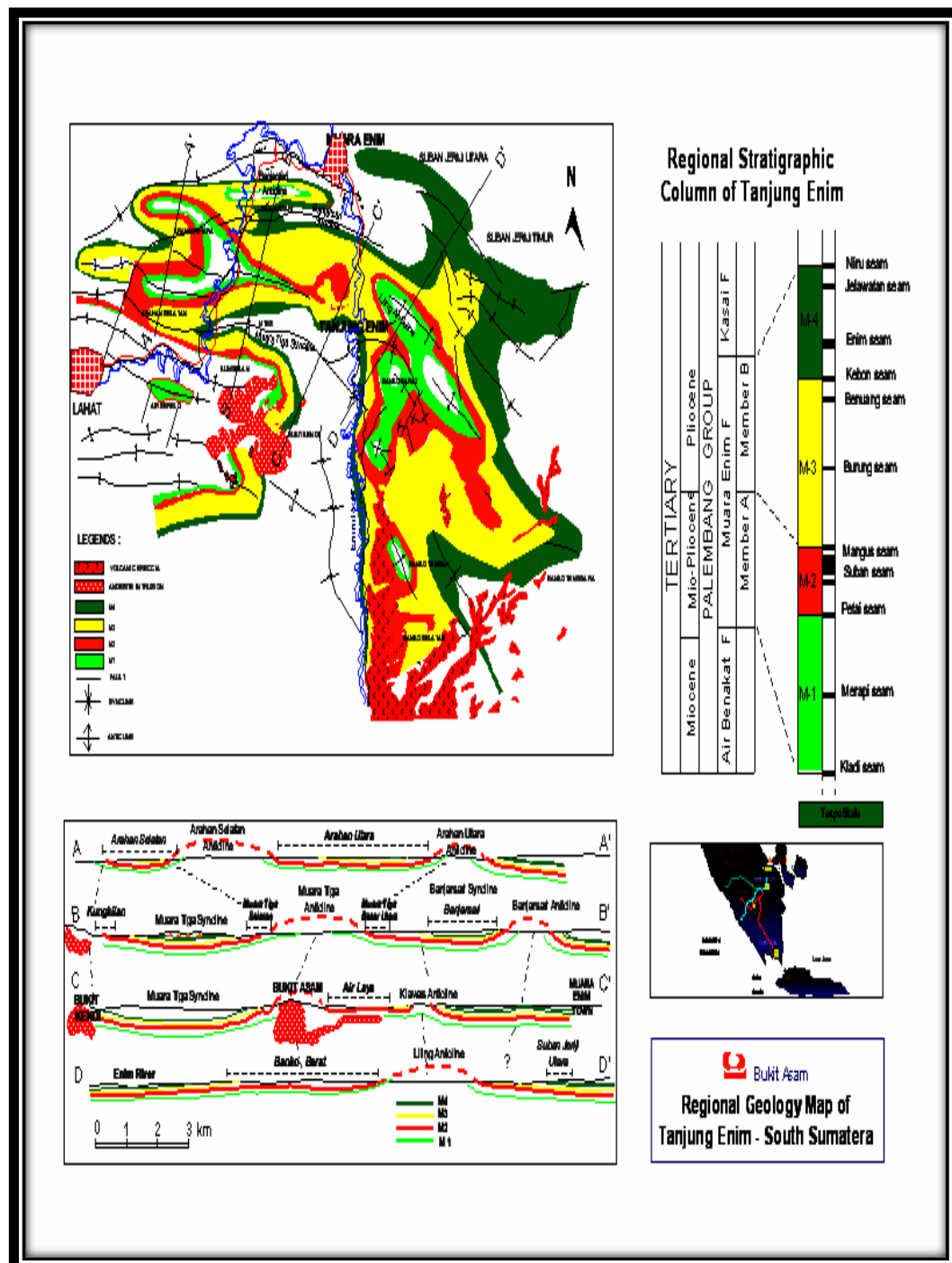
2. Lapisan Suban (B) yaitu lapisan batubara dengan ketebalan sekitar 17,0 m di beberapa tempat mengalami pemisahan (split) menjadi B1 dan B2 dengan ketebalan masing-masing 8,0 - 14,55 m dan 3,0 - 5,8 m. Di antara kedua lapisan ini dijumpai batulempung dan batulanau dengan tebal 2,0 - 5,0 m (disebut *interburden* B2 - B1), sedangkan di atas lapisan batubara B atau B1 ditutupi oleh batulempung dengan ketebalan 15,0 - 23,0 m yang berinterkalasi dengan batupasir dan batulanau (disebut *interburden* B1 - A2) serta dijumpai adanya lapisan tipis (0,4 - 0,6 m) batubara atau batulempung karbonan yang dikenal sebagai *Suban Marker*.

3. Lapisan Mangus Lower (A2) yaitu lapisan batubara dengan ketebalan sekitar 9,8 - 14,7 m dijumpai sisipan tipis batulempung sebagai lapisan pengotor (*clayband*). Di atas lapisan batubara A2 ini ditutupi oleh batulempung tuffaan dengan ketebalan 2,0 - 5,0 m disebut sebagai *interburden* A2 - A1.

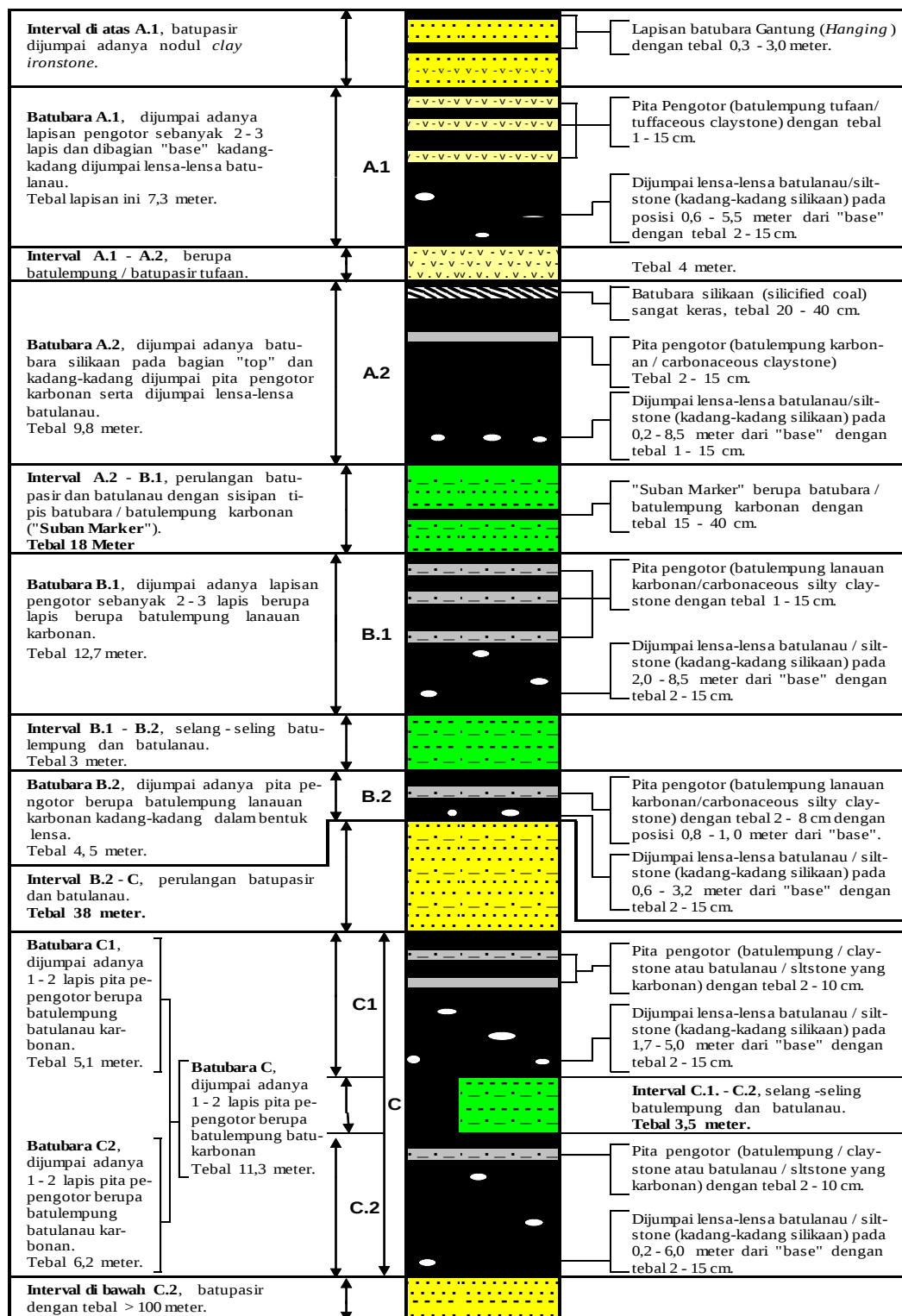
4. Lapisan Mangus Upper (A1) yaitu lapisan batubara dengan ketebalan sekitar 5,0 - 13,25 m, Di atas lapisan batubara A1 ini ditutupi oleh batulempung bentonitan dengan ketebalan sekitar 70 - 120 m disebut sebagai *overburden* A2 - A1, dimana pada lapisan penutup ini dijumpai adanya lapisan batubara yang dikenal sebagai lapisan batubara gantung (*Hanging Seam*).

Struktur regional dari daerah Tanjung Enim didominasi oleh sepasang antiklin dan sinklin sub-paralel skala besar dengan arah umumnya Barat Baratlaut-Timur Tenggara. Beberapa patahan besar terdapat di bagian Selatan dari Banko Barat dan dalam deposit Banko Tengah. Patahan lebih kecil ditemukan di beberapa

deposit. Di beberapa tempat terdapat intrusi-intrusi andesit atau dasit-riolit telah mengakibatkan kenaikan kualitas batubara setempat (Ratih S, 2002).



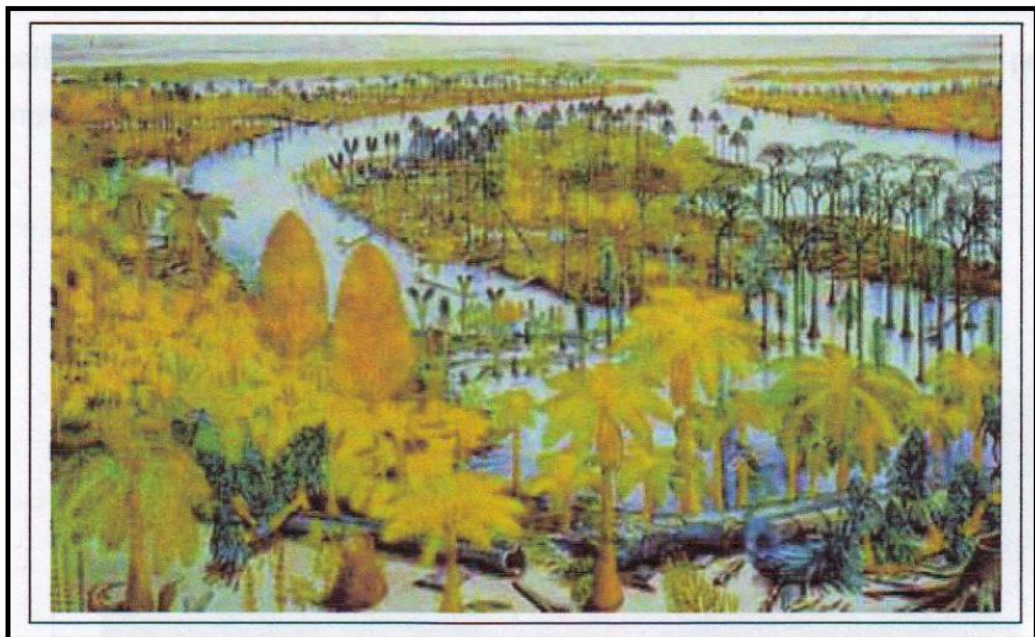
Gambar 5. Stratigrafi Regional Tanjung Enim dan Sekitarnya (PT. Bukit Asam (Persero), Tbk, 2007).



Gambar 6. Penampang Stratigrafi Banko Pit 1, tanpa skala
(PT. Bukit Asam (Persero), Tbk, 2007)

II.5. Proses Terbentuknya Batubara

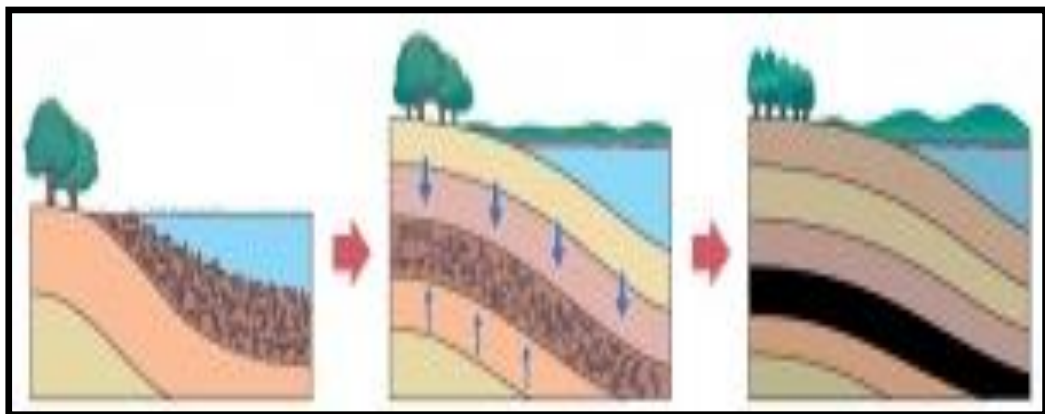
Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba (Gambar 7) yang mengendap yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Adapun proses yang mengubah tumbuhan menjadi batubara tadi disebut dengan pematubaraan (*coalification*). Faktor tumbuhan purba yang jenisnya berbeda-beda sesuai dengan jaman geologi dan lokasi tempat tumbuh dan berkembangnya, ditambah dengan lokasi pengendapan (sedimentasi) tumbuhan, pengaruh tekanan batuan dan panas bumi serta perubahan geologi yang berlangsung kemudian, akan menyebabkan terbentuknya batubara yang jenisnya bermacam-macam. Oleh karena itu, karakteristik batubara berbeda-beda sesuai dengan lapangan batubara (*coal field*) dan lapisan batubara (*coal seam*).



Gambar 7. Tumbuhan primitif pembentuk batubara

Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan Karbon (*Carboniferous Period*) – dikenal sebagai zaman batubara pertama – yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Kualitas dari setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan, yang disebut sebagai maturitas organik. Proses awalnya, endapan tumbuhan berubah menjadi gambut (*peat*), yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignite*) atau disebut pula batu bara coklat (*brown coal*).

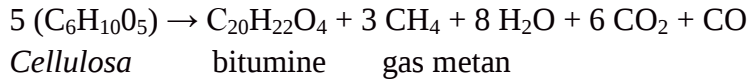
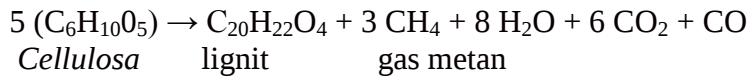
Batubara muda adalah batubara dengan jenis maturitas organik rendah. Setelah mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus (Gambar 8) selama jutaan tahun, maka batubara muda akan mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara sub-bituminus (*sub-bituminous*).



Gambar 8. Proses Terbentuknya Batubara

Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam sehingga membentuk bituminus (*bituminous*) atau antrasit (*anthracite*). Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit.

Reaksi pembentukan batubara :



Cellulosa (zat organik) yang merupakan zat pembentuk batubara. Unsur C dalam lignit sedikit dibanding *bitumine*. Semakin banyak unsur C lignit semakin baik mutunya. Unsur H dalam lignit lebih banyak dibandingkan pada bitumine. Semakin banyak unsur H lignit makin kurang baik mutunya. Senyawa CH₄ (gas metan) dalam lignit lebih sedikit dibanding dalam bitumine. Semakin banyak CH₄ lignit semakin baik kualitasnya.

II.6. Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Batubara

Cara terbentuknya batubara merupakan proses yang kompleks dalam arti harus dipelajari dari beberapa sudut yang berbeda terdapat serangkain faktor yang diperlukan dalam pembentukan batubara yaitu:

1. Posisi Goeteknik

Posisi geotektonik adalah suatu tempat yang keberadaannya di pengaruhi oleh gaya-gaya tektonik lempeng. Dalam pembentukan cekungan batubara, posisi ini akan mempengaruhi iklim lokasi dan morfologi cekungan pengendapan batubara maupun kecepatan penurunannya. Pada fase terakhir posisi geotektonik mempengaruhi proses metamorfosa organik dan struktur dari lapangan batubara masa sejarah setelah pengendapan akhir.

2. Morfologi

Morfologi dari cekungan pada saat pembentukan gambut sangat penting karena menentukan penyebaran rawa-rawa dimana batubara tersebut terbentuk. Topografi mungkin mempunyai efek yang terbatas terhadap iklim dan keadaannya bergantung pada posisi geotektonik.

3. Iklim

Kelembaban memegang peran penting dalam pembentukan batubara dan merupakan faktor pengontrol flora dan kondisi luas yang sesuai. Iklim tergantung pada posisi geografi dan lebih luas lagi dipengaruhi oleh posisi geotektonik. Temperatur yang lembab pada iklim tropis pada umumnya sesuai pada pertumbuhan flora dibandingkan wilayah yang lebih dingin.

4. Penurunan cekungan

Penurunan cekungan batubara dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik. Jika penurunan dan pengendapan gambut seimbang maka dihasilkan endapan batubara tebal. Pergantian transgresi dan regresi mempengaruhi pertumbuhan flora dan pengendapannya. Hal tersebut menyebabkan adanya infiltrasi material dan mineral yang mempengaruhi mutu dari batubara terbentuk.

5. Umur Geologi

Proses geologi menentukan berkembangnya evolusi kehidupan berbagai macam tumbuhan. Dalam masa perkembangan geologi secara tidak langsung membahas sejarah pengendapan batubara dan dan metamorfosa organik makin lama umur batuan makin dalam penimbunan yang terjadi sehingga terbentuk batubara yang bermutu tinggi, tetapi pada batubara yang mempunyai umur geologi lebih tua selalu ada resiko mengalami deformasi tektonik yang membentuk struktur

perlipatan atau patahan pada lapisan batubara, disamping itu faktor erosi akan merusak semua bagian dari endapan batubara.

6. Tumbuhan

Flora merupakan unsur utama pembentuk batubara. Pertumbuhan batubara terkumulasi pada suatu lingkungan dan zona fisiografi dengan iklim dan topografi tertentu. Flora merupakan faktor penentu terbentuknya berbagai tipe batubara. merupakan perkembangan yang sangat luas dari berbagai jenis tanaman.

7. Dekomposisi

Dalam pertumbuhan gambut, sisa tumbuhan akan mengalami perubahan baik secara fisik maupun kimiawi. Setelah tumbuhan mati proses degradasi biokimia lebih berperan. Proses pembusukan (*decay*) akan terjadi oleh kerja mikrobiologi (bakteri anaerob), bakteri ini bekerja dalam suasana tanpa oksigen menghancurkan bagian yang lunak dari tumbuhan seperti *selulosa*, *protoplasma* dan pati, dari proses di atas terjadi perubahan dari kayu menjadi lignit dan batubara berbitumen.

8. Sejarah Sesudah Pengendapan

Sejarah cekungan batubara secara luas bergantung pada posisi geotektonik yang mempengaruhi perkembangan batubara dan cekungan batubara. Secara singkat terjadi proses geokimia dan metamorfosa organik setelah pengendapan gambut. Di samping itu sejarah geologi endapan batubara bertanggung jawab terhadap terbentuknya struktur cekungan batubara, berupa perlipatan, sesar, intrusi magmatik dan sebagainya.

9. Struktur Cekungan Batubara

Terbentuknya batubara pada cekungan batubara pada umumnya mengalami deformasi oleh gaya-gaya tektonik yang akan menghasilkan lapisan batubara dengan bentuk–bentuk tertentu, disamping itu adanya erosi yang intensif penyebabnya bentuk lapisan batubara tidak menerus.

10. Metamorfosa Organik

Tingkat kedua dalam pembentukan batubara adalah penimbunan atau penguburan oleh sedimen baru. Pada tingkat ini proses degradasi biokimia tidak berperan lagi tetapi tetap lebih didominasi oleh proses dinamokimia. Proses ini menyebabkan terjadinya gambut menjadi batubara dalam bentuk mutu.

II. 7 Lokasi Terbentuknya Batubara

Untuk menjelaskan terbentuknya batubara di kenal dua macam teori:

1. Teori *Insitu*

Teori ini mengatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara, terbentuknya di tempat dimana tumbuh-tumbuhan asal itu berada, dengan demikian maka setelah tumbuhan tersebut mati, belum mengalami proses transportasi segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran luas dan merata, kualitasnya lebih baik karena kadar abunya relatif kecil , batubara yang terbentuk seperti ini di Indonesia di dapatkan di lapangan batubara Muara Enim (Sumatera Selatan).

2. Teori *Drift*.

Teori ini menyebutkan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadinya di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian dengan tumbuhan yang telah mati di angkut oleh media air dan di berakumulasi di suatu tempat , tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran tidak luas, tetapi di jumpai di beberapa tempat, kualitas kurang baik karena banyak mengandung material pengotor yang terangkut bersama selama proses pengangkutan dari tempat asal tanaman ke tempat sedimentasi, batubara yang terbentuk seperti ini di Indonesia di dapatkan di lapangan batubara delta Mahakam purba, Kalimantan Timur.

II.8. Sifat Umum Batubara

Batubara mempunyai suatu campuran padatan yang heterogen dan terdapat di alam dalam tingkat/grade yang berbeda, mulai dari lignit, subbitumine, bitumine, antrasit. Sifat batubara menurut jenisnya:

1. Sifat batubara jenis antrasit:

- a. Warna hitam sangat mengkilat.
- b. Nilai kalor sangat tinggi, kandungan karbon sangat tinggi.
- c. Kandungan air sangat sedikit.
- d. Kandungan abu sangat sedikit.
- e. Kandungan sulfur sangat banyak.

2. Sifat batubara jenis bitumine/subbitumine:

- a. Warna hitam mengkilat.
- b. Nilai kalor tinggi, kandungan karbon relatif tinggi.
- c. Kandungan air rendah.
- d. Kandungan abu rendah.
- e. Kandungan sulfur rendah.

3. Sifat batubara jenis lignit (*brown coal*):

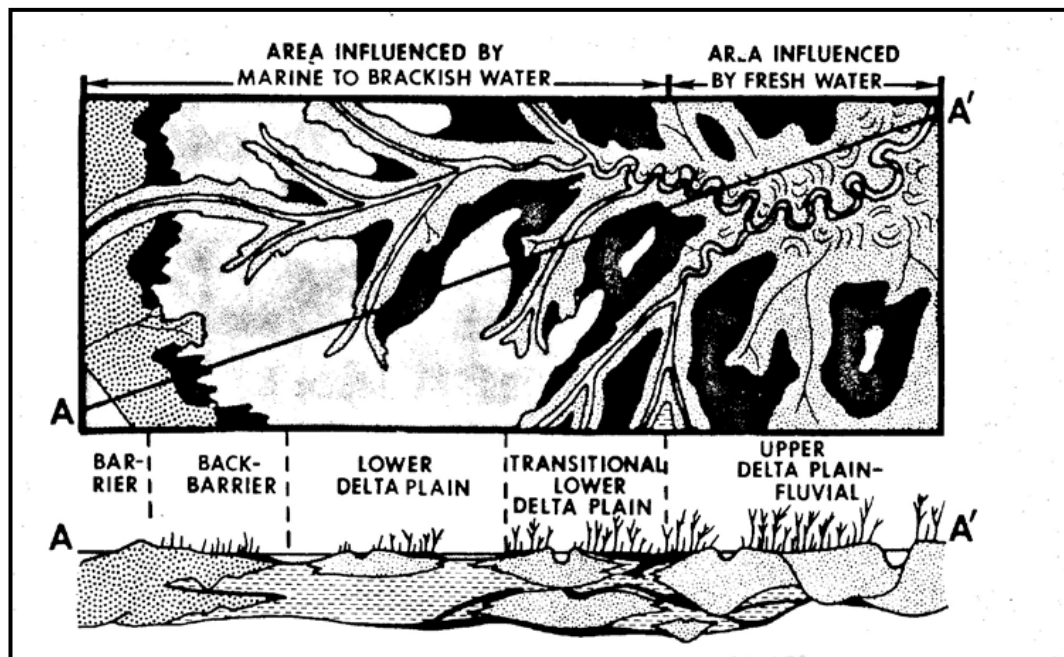
- a. Warna hitam sangat rapuh.
- b. Nilai kalor rendah, kandungan karbon sedikit.
- c. Kandungan air tinggi.
- d. Kandungan abu tinggi.
- e. Kandungan sulfur tinggi.

II.9. Model Geologi untuk Pengendapan Batubara

Model geologi untuk pengendapan batubara menerangkan hubungan antara genesa batubara dan batuan sekitarnya baik secara vertikal maupun lateral pada suatu cekungan pengendapan dalam kurun waktu tertentu.

1. Lingkungan Pengendapan dan Fasies Batubara

Identifikasi bermacam lingkungan pengendapan ditunjukkan oleh semua komponen sistem pengendapan dan letak lapisan batubara pada lingkungan modern berdasarkan studi lingkungan pengendapan dengan didukung data dari tambang batubara, pemboran, dan profil singkapan.



Gambar 9. Model lingkungan pengendapan batubara di lingkungan delta (J.C.Horne et. Al., 1979; modifikasi dari Ferm, 1976)

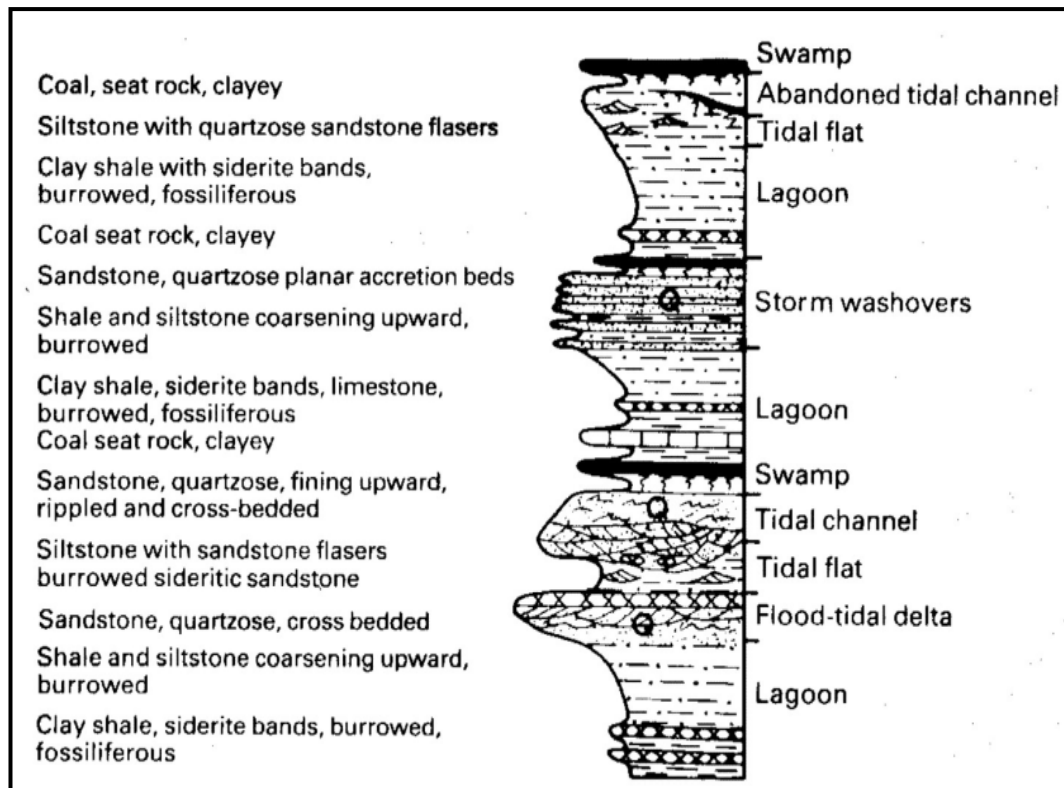
a. Lingkungan Pengendapan *Barrier*

Ke arah laut batupasir butirannya semakin halus dan berselang seling dengan serpih gampingan merah kecoklatan sampai hijau. Batuan karbonat dengan fauna laut ke arah darat bergradasi menjadi serpih berwarna abu-abu gelap sampai hijau tua yang mengandung fauna air payau. Batupasir pada lingkungan ini lebih bersih dan sortasi lebih baik karena pengaruh gelombang dan pasang surut.

b. Lingkungan Pengendapan *Back-Barrier*

Lingkungan ini (Gambar 10) terutama disusun oleh urutan perlapisan serpih abu-abu gelap kaya bahan organik dan batulanau yang terus diikuti oleh batubara yang secara lateral tidak menerus dan zona *siderit* yang berlubang. Lingkungan *back barrier*: batubaranya tipis, pola sebarannya memanjang sejajar sistem penghalang atau sejajar jurus perlapisan, bentuk lapisan melembar karena dipengaruhi *tidal*

channel setelah pengendapan atau bersamaan dengan proses pengendapan dan kandungan sulfurnya tinggi.

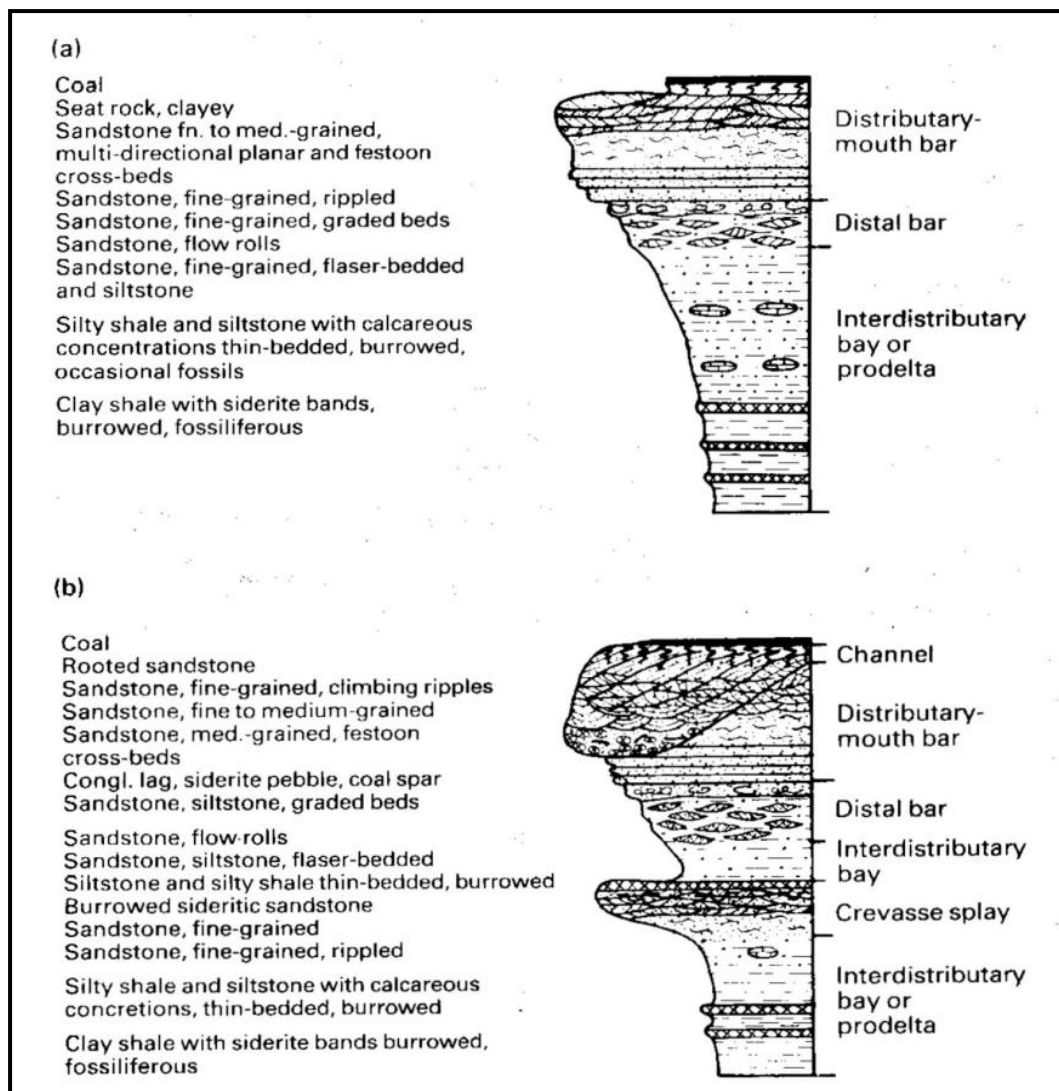


Gambar 10. Penampang Lingkungan Pengendapan pada bagian *Back Barrier* (Horne, 1978).

c. Lingkungan Pengendapan *Lower Delta Plain*

Endapan yang mendominasi adalah serpih dan batulanau yang mengkasar ke atas. Pada bagian bawah dari teluk terisi oleh urutan lempung-serpih abu-abu gelap sampai hitam, kadang-kadang terdapat mudstone *siderit* yang penyebarannya tidak teratur. Pada bagian atas dari sekuen ini terdapat batupasir dengan struktur *ripples* dan struktur lain yang ada hubungannya dengan arus. Hal ini 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 sulfurnya agak tinggi.

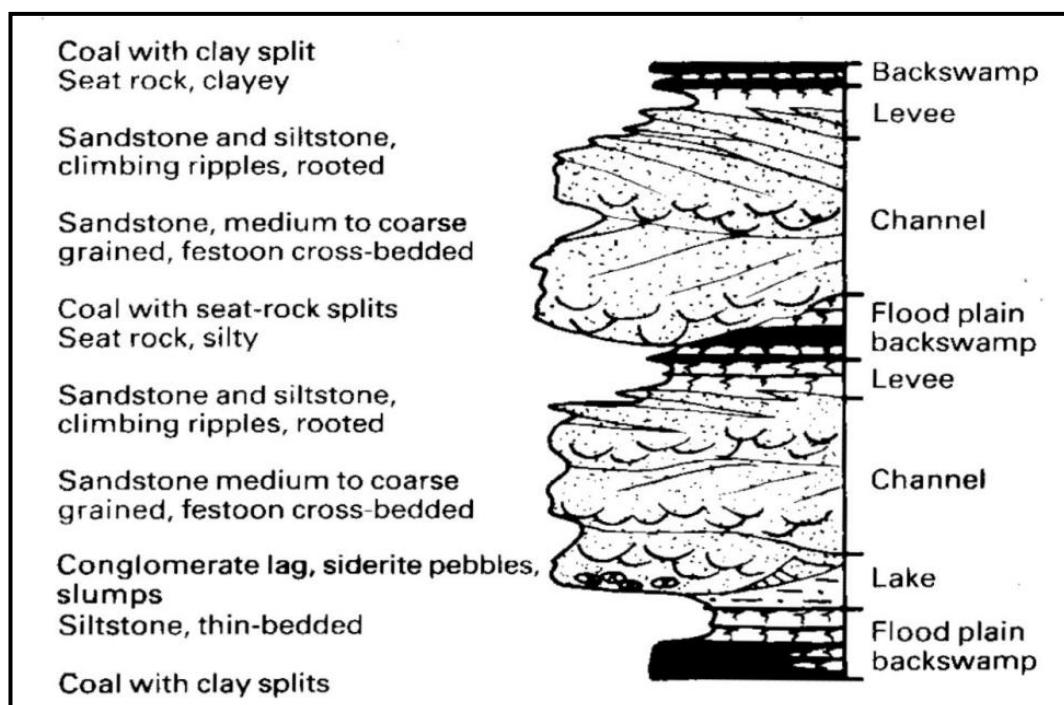


Gambar 11. Penampang Lingkungan Pengendapan pada bagian *Lower Delta Plain* (Horne, 1978).

d. Lingkungan Pengendapan *Upper Delta Plain-Fluvial*

Endapan didominasi oleh bentuk linier tubuh batupasir lentikuler dan pada bagian atasnya melidah dengan serpih abu-abu, batulanau, dan lapisan batubara. Mineral batupasirnya bervariasi mulai dari *lithic greywacke* arkose, ukuran butir menengah

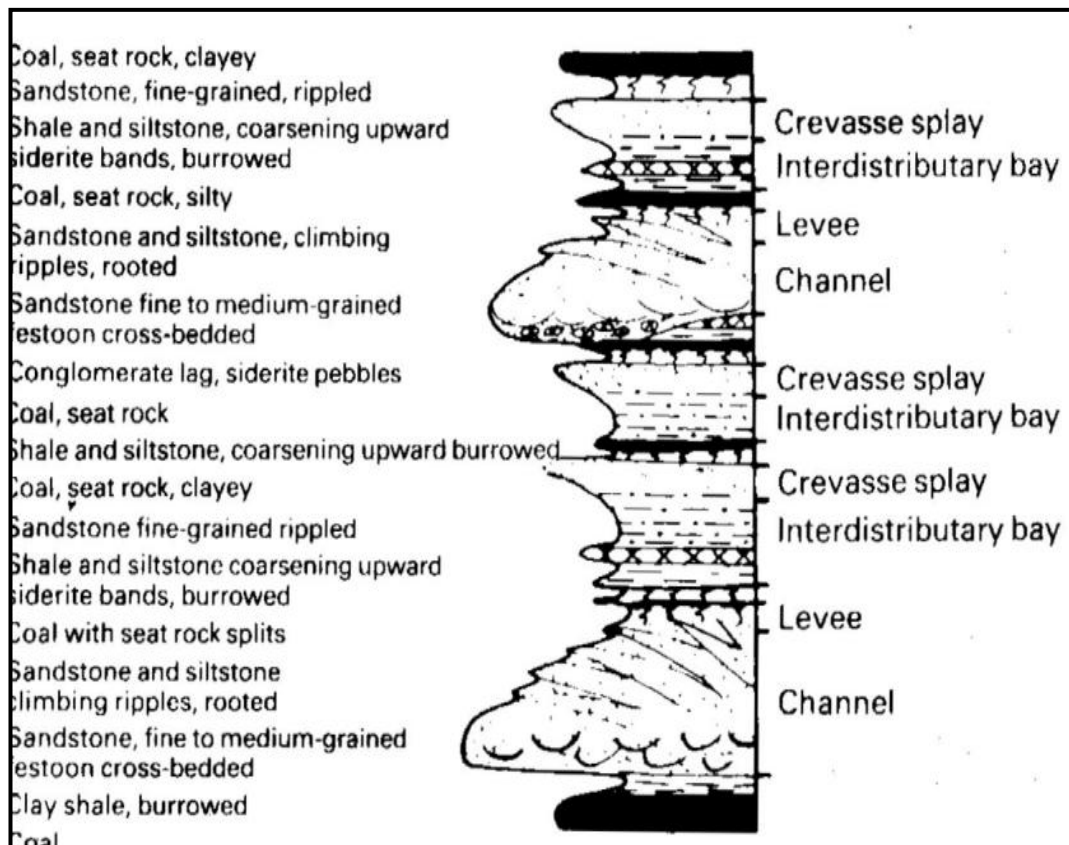
sampai kasar. Di atas bidang gerus terdapat kerikil lepas dan hancuran batubara yang melimpah pada bagian bawah, makin ke atas butiran menghalus pada batupasir. Dari bentuk batupasir dan pertumbuhan *point bar* menunjukkan bahwa hal ini dikontrol oleh meandering. Endapan *levee* dicirikan oleh sortasi yang buruk, peralisan batupasir dan batulanau yang tidak teratur hingga menembus akar. Ketebalannya bertambah apabila mendekati channel dan sebaliknya. Lapisan pembentuk endapan *alluvial plain* cenderung lebih tipis dibandingkan endapan *upper delta plain*. Lingkungan *upper delta plain – fluvial*: batubaranya tebal dapat mencapai lebih dari 10 m, sebarannya meluas cenderung memanjang sejajar jurus pengendapan, tetapi kemenerusan secara lateral sering terpotong *channel*, bentuk batubara ditandai hadirnya *splitting* akibat *channel* kontemporer dan *washout* oleh *channel* subsekuen dan kandungan sulfurnya rendah.



Gambar 12. Penampang Lingkungan Pengendapan pada bagian *Upper Delta Plain-Fluvial* (Horne, 1978).

e. Lingkungan Pengendapan *Transitional Lower Delta Plain*

Zona diantara *lower* dan *upper delta plain* dijumpai zona transisi yang mengandung karakteristik litofasies dari kedua sekuen tersebut. Disini sekuen *bay fill* 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 *piont 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*.



Gambar 13. Penampang Lingkungan Pengendapan pada bagian *Transitional Lower Delta Plain* (Horne, 1978).

Batupasir 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 dan kandungan sulfurnya agak rendah.

III. TEORI DASAR

III. 1 Metode Eksplorasi *Well Logging* untuk Batubara

Metode *Well Logging* berkembang dalam eksplorasi minyak bumi untuk analisa kondisi geologi dan reservoir minyak. *Logging* untuk eksplorasi batubara dirancang tidak hanya untuk mendapatkan informasi geologi, tetapi untuk memperoleh berbagai data lain, seperti kedalaman, ketebalan dan kualitas lapisan batubara juga mengkompensasi berbagai masalah yang tidak terhindar apabila hanya dilakukan pengeboran, yaitu pengecekan kedalaman sesungguhnya dari lapisan penting.

1. Jenis dan Prinsip *Logging*

Dalam rangka melengkapi data geofisika *log* dari lubang bor yang telah selesai diperlukan suatu rangkaian *probe* (juga dikenal sebagai perkakas atau *soundes*).

Jenis tanggapan pada *probe* dalam mengukur sinar gamma alami tergantung pada komposisi kimia batuanannya. Batuan serpih berisi *potassium – bearing* mineral tanah liat dan sejumlah uranium kecil, *thorium* dan hasil runtuhanannya. Akibatnya *probe logging* sinar gamma merespon paling kuat ke batuserpih (*shalestone*) dan batulempung (*claystone*). Respon berkurang ketika isi dari batuan serpih berkurang melalui *siltstone* dan batupasir kotor. Batupasir bersih dan batubara umumnya memiliki tingkat paling rendah dari radiasi gamma alami. Komposisi

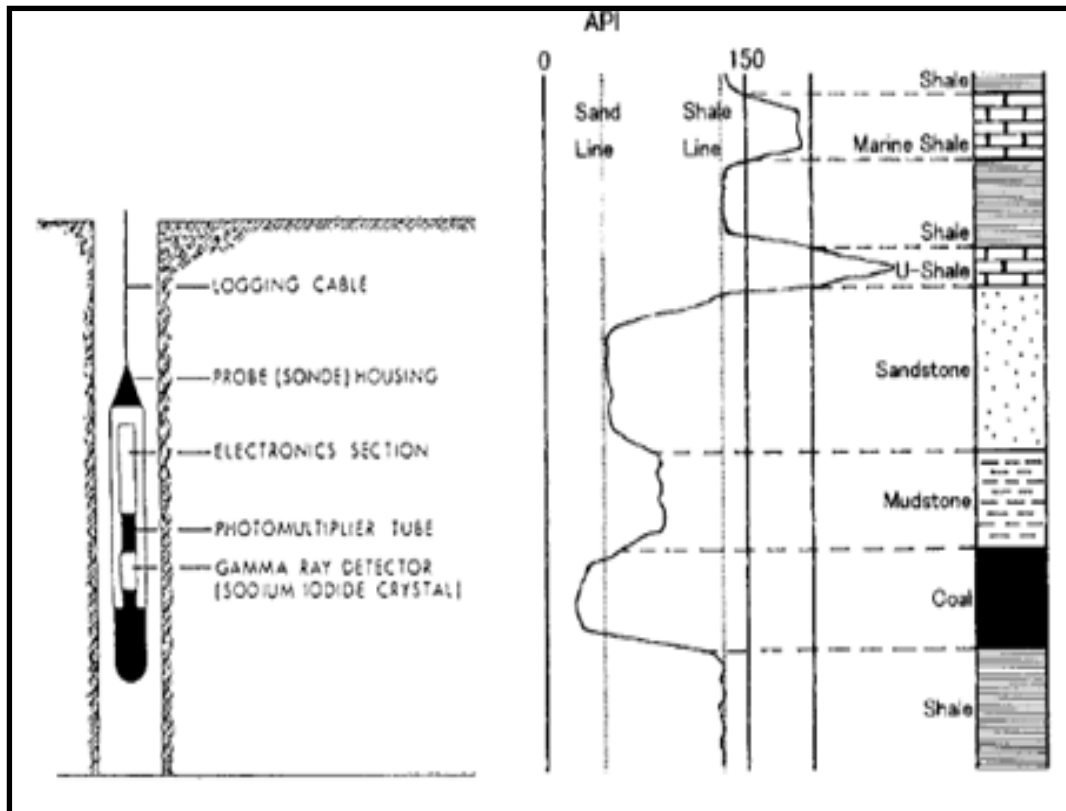
kimia dan dengan tingkat ketepatan radiasi gamma alami, cenderung tetap untuk pemberian *lithologi* apapun atas area terbatas tetapi dapat berubah-ubah secara berangsur-angsur atas jarak jauh atau antara bidang - bidang batubara (Anonim, 2010).

Lithology vs Tool Response				
	BATUBARA	COALY SHALE	SHALE	SANDSTONE
Density	1.3-1.5g/cc	1.5-2.0 g/cc	= 2.0 g/cc	2.2-2.4 g/cc
Sinar Gamma	20-70 API	75-125 API	100-150 API	50-75 API
Resistivity	High	Low-Middle	Low	Low
SP	Low	Low	Low	High
Sonic	Large			
Neutron	Large			

Gambar 14. Jenis tanggapan probe (Anonim, 2008)

a. Log Gamma ray

Metoda *logging* lubang bor dengan memanfaatkan sifat radioaktif alami dari batuan yang di bor. Metoda ini dipakai untuk *logging* lubang bor yang tidak dapat di log secara listrik akibat adanya batang bor (*casing*). Dengan log sinar gamma (Gambar 15) lapisan-lapisan batubara dapat diketahui karena mempunyai nilai gamma yang rendah dibandingkan dengan serpihan, lempung atau serpih dalam pelapisan batuan.



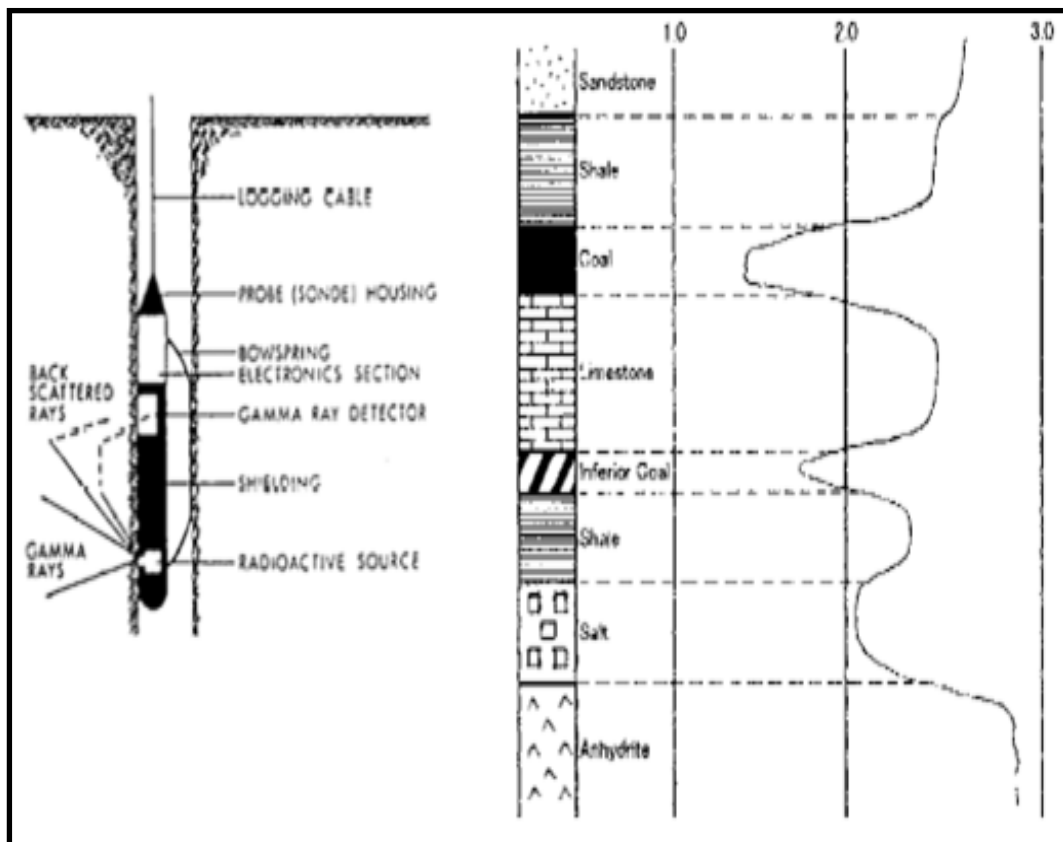
Gambar 15. Dasar aturan *lithologi* batubara dari sinar gamma (Anonim, 2008)

Kekuatan radiasi *gamma ray* adalah kuat dari batulempung dan lemah dari batupasir. Terutama yang dari batulempung menunjukkan nilai yang ekstra tinggi, sedangkan yang dari lapisan batubara lebih rendah pada batupasir. *Log gamma ray* dikombinasikan dengan *log* utama, seperti *log* densitas, neutron dan gelombang bunyi, digunakan untuk memastikan batas antara lapisan penting.

b. Log Density

Awalnya penggunaan *log* ini dipakai dalam industri eksplorasi minyak sebagai alat bantu interpretasi porositas. Kemudian dalam eksplorasi batubara malah dikembangkan menjadi unsur utama dalam identifikasi ketebalan bahkan kualitas

seam batubara. Dimana rapat massa batubara sangat khas yang hampir hanya setengah kali rapat massa batuan lain pada umumnya.



Gambar 16. Penentuan *lithologi* dari *log density* (Anonim, 2010).

Lebih ekstrem lagi dalam aplikasinya pada industri batubara karena sifat fisik ini (rapat massa) hampir linier dengan kandungan abu sehingga pemakaian *log* ini akan memberikan gambaran khas bagi tiap daerah dengan karakteristik lingkungan pengendapannya.

2. Peralatan *Logging*

Peralatan *logging* terdiri dari peralatan rekam, *winch*, *telescope boom*, *probe*, *sonde*, dan lain-lain, biasanya dipasang pada mobil observasi dan hasil yang

diperoleh dari pengukuran direkam dalam *chart* dan data digital dalam satu waktu untuk analisa lebih lanjut. Berikut beberapa peralatan *logging*:

- a. *Geophysical Logging* adalah unit yang digunakan untuk mendeteksi lapisan batuan, setelah terlebih dulu dilakukan pemboran.
- b. *Probe FGDC* adalah rangkaian komponen elektronik yang dibungkus atau dilindungi oleh pipa stainless steel yang panjangnya 2,74 m diameter 2,4 inch, dilengkapi dengan Caliper arm.
- c. *Caliper arm* adalah alat untuk mengukur besarnya diameter lubang. Dalam hal ini lubang yang telah di bor. *Caliper arm* ini terbuat dari stainless steel dengan panjang 30 cm dan lebar 3 cm.
- d. *Winch System* adalah rangkaian yang terdiri atas kabel sling yang di dalamnya terdapat 4 Kabel, yang berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan *Probe FGDC*.
- e. *Digital Data Logger (DDL)* yaitu perangkat untuk mengumpulkan signal atau *survey logging* yang dihasilkan dari pendeteksian oleh probe FGDC.
- f. Genset/Generator portable, adalah sebuah mesin pembangkit listrik, yang berkapasitas 220 Volt, dan 2.0 KVA untuk input, 2,2 KVA untuk output.
- g. *Tripot* adalah rangkaian dari katrol dan 3 buah besi berfungsi sebagai penopang kabel sling.
- h. *Speed control* adalah alat elektronik yang berfungsi sebagai pengatur lajunya kecepatan kabel sling turun atau naik.
- i. DB-9 atau kabel data adalah suatu rangkaian kabel dan konektor, berfungsi sebagai alat komunikasi antara komputer dengan *Digital Data Logger (DDL)*.

- j. *Gamma ray* adalah jenis sinar radioaktif berasal dari peluruhan unsur radioaktif yang tidak mempunyai massa dan elektron.
- k. *Density* adalah parameter petrofisik yang mengukur besarnya sinar gamma yang dipantulkan oleh batuan.
- l. Radioaktif adalah unsur kimia yang mudah melepaskan atau meluruhkan sinar radiasi, seperti alfa, beta dan gamma.

III.2 Interpretasi Lapisan Batubara

Perusahaan *logging* mengembangkan peralatan orisinil (khas masing-masing) untuk memperoleh resolusi *logging* batubara yang lebih baik. *Long space density log* digunakan untuk evaluasi lapisan batubara karena menunjukkan densitas yang mendekati sebenarnya berkat pengaruh yang kecil dari dinding lubang. Sedangkan, *short space density log* mempunyai resolusi vertikal yang tinggi, maka cocok untuk pengukuran ketebalan lapisan batubara. Kombinasi *probe long* dan *short space density* bersama *gamma ray* dan *caliper* dapat memberikan data densitas lapisan yang sebenarnya secara langsung melalui koreksi oleh data caliper. Dalam hal ini, sensor *gamma ray* harus dipisahkan sekitar 2 m dari sumber *log* densitas agar dapat menghindari terhadap sensor.

1. Analisa Ketebalan Lapisan Batubara

a. Metoda Rasio Densitas

Prinsip metoda ini adalah membagi dua dengan perbandingan tertentu, antara batuan dan nilai densitas yang mewakili densitas, yang mengapit batas, di atas kurva densitas dan menetapkan kedalaman titik tersebut sebagai kedalaman batas.

Perbandingan pembagiannya direkomendasi $\frac{2}{3}$ atau $\frac{4}{5}$ jarak menuju batubara. Akurasi metode ini bervariasi dan untuk menentukan perbandingan dengan pasti diperlukan tes empirik. Umumnya dikatakan mempunyai akurasi ± 10 cm.

b. Metoda Densitas Rata-rata

Metoda ini mirip dengan metoda diatas, tetapi nilai densitas rata-rata diperoleh dari nilai densitas yang dikonversi dari chart kalibrasi yang dibuat dengan memplot *count rate* sinar gamma terhadap nilai pengukuran densitas. Nilai densitas rata untuk batubara dan batuan pada suatu kontak dihitung dan diplot pada *log*. Nilai densitas yang sesuai. Kedalaman titik ini digunakan sebagai kedalaman kontak. Jika skala ini linier, maka titik tersebut akan terletak ditengah sepanjang defleksi jika skalanya logaritma, titik akan cenderung mendekat ke salah satu *log*. Perbedaan kedalaman antara batas langit-langit dan lantai ditetapkan sebagai ketebalan lapisan batubara. Akurasi metoda ini untuk tempat yang baik kondisi geologinya, kurang lebih 2 cm.

c. Metoda *Gamma Ray*

Kekuatan sinar gamma batubara lebih rendah dibanding batuan. BPB Company menetapkan titik batas antara lapisan batubara dengan batuan pada $\frac{1}{3}$ menuju batuan, diatas suatu kurva transisional.

III.3 Korelasi Lapisan Batuan Sedimen

1. Prinsip Korelasi

Menurut Sandi Startigrafi Indonesia, korelasi ialah penghubungan titik-titik kesamaan waktu atau penghubungan satuan-satuan stratigrafi dengan mempertimbangkan kesamaan waktu.

Menurut *North American Stratigrafi Code* (1983) ada tiga macam prinsip dari korelasi:

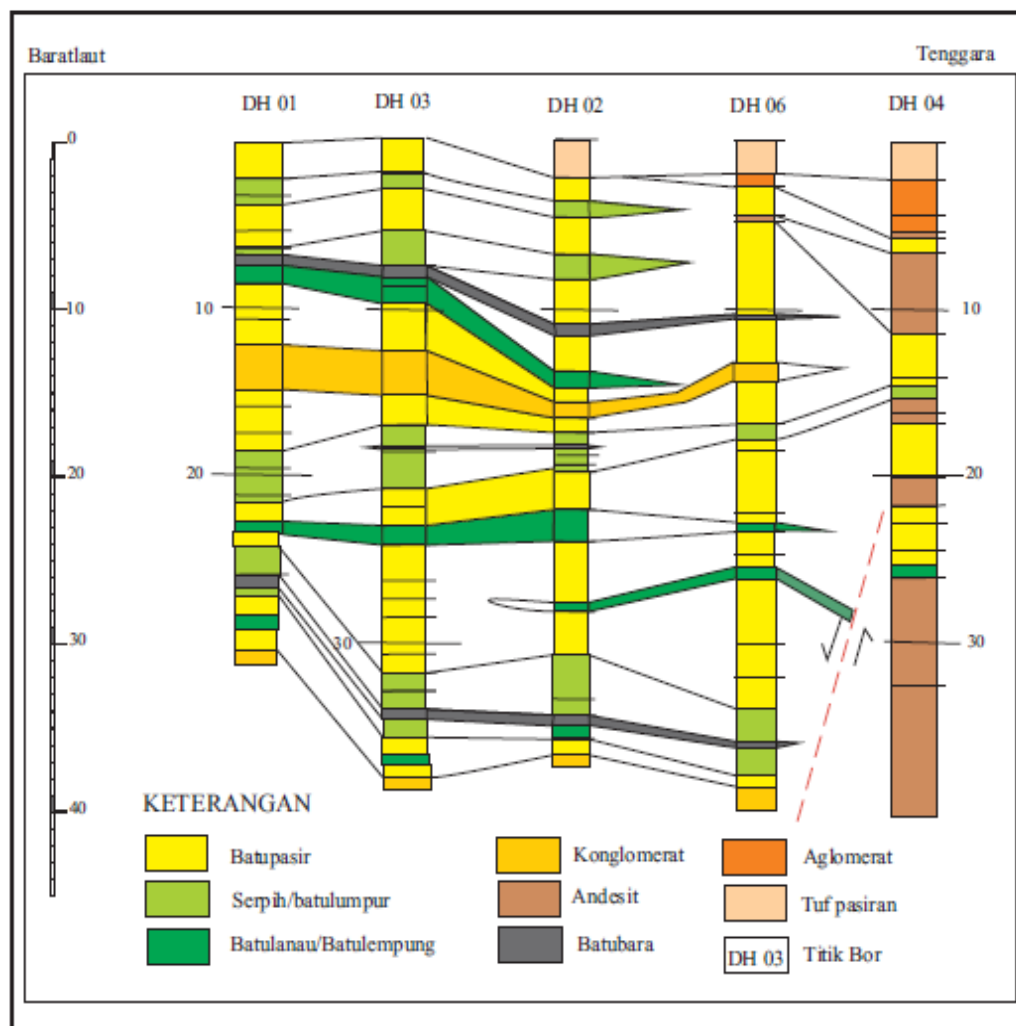
- a. Lithokorelasi, yang menghubungkan unit yang sama *lithologi* dan posisi stratigrafinya.
- b. Biokorelasi, yang secara cepat menyamakan fosil dan posisi biostratigrafinya.
- c. Kronokorelasi, yang secara cepat menyesuaikan umur dan posisi kronostratigrafi.

Korelasi dapat dipandang sebagai suatu yang langsung (*direct*) ataupun tidak langsung (*indirect*). Korelasi langsung adalah korelasi yang tidak dapat dipungkiri secara fisik dan tegas. Pelacakan secara fisik dari kemenerusan unit stratigrafi adalah hanya metode yang tepat untuk menunjukkan persesuaian dari sebuah unit dalam suatu lokal dengan unit itu di lokal lain. Korelasi tidak langsung dapat menjadi tidak dipungkiri oleh metode numerik seperti contoh perbandingan secara visual dari instrumen *well logs*, rekaman pembalikan polaritas, atau kumpulan fosil; meskipun demikian, seperti perbandingan mempunyai perbedaan derajat reabilitas dan tidak pernah secara keseluruhan tegas (tidak meragukan).

2. Korelasi Dengan Instrumen *Well Logs*

Log adalah suatu terminologi yang secara original mengacu pada hubungan nilai dengan kedalaman, yang diambil dari pengamatan kembali (*mudlog*). Sekarang itu diambil sebagai suatu pernyataan untuk semua pengukuran kedalam lubang sumur (Mastoadji, 2007).

Gambar 17 merupakan contoh korelasi unit stratigrafi pada Jurnal Geologi Indonesia.



Gambar 17. Korelasi unit stratigrafi

Syarat untuk dapat dilakukannya korelasi *well logs* antara lain adalah:

- a. *Deepest*
- b. *Thickest*
- c. Sedikit gangguan struktur (*unfaulted*)
- d. Minimal ada 2 data *log* pada daerah pengamatan

Menurut Koesoedinata (1971) dikenal 2 metode korelasi yaitu:

- a. Metode Organik

Metode Korelasi organik merupakan pekerjaan menghubungkan satuan–satuan stratigrafi berdasarkan kandungan fosil dalam batuan (biasanya foraminifera planktonik). Yang biasa digunakan sebagai marker dalam korelasi organik adalah asal munculnya suatu spesies dan punahnya spesies lain. Zona puncak suatu spesies, fosil indeks, kesamaan derajat evolusi dan lain-lain.

b. Metode Anorganik

Pada metode korelasi anorganik penghubungan satuan–satuan stratigrafi tidak didasarkan pada kandungan organismenya (data organik). Beberapa data yang biasa dipakai sebagai dasar korelasi antara lain:

1. *Key Bed* (lapisan penunjuk)

Lapisan ini menunjukkan suatu penyebaran lateral yang luas, mudah dikenal baik dari data singkapan, serbuk bor, inti pemboran ataupun data *log* mekanik. Penyebaran vertikalnya dapat tipis ataupun tebal . Lapisan yang dapat dijadikan sebagai *key bed* antara lain: abu vulkanik, lapisan tipis batugamping terumbu, lapisan tipis serpih (*shale break*), lapisan batubara/ lignit.

2. Horison dengan karakteristik tertentu karena perubahan kimiawi dari massa air akibat perubahan pada sirkulasi air samudra seperti zona–zona mineral tertentu, zona kimia tertentu, suatu kick dalam kurva resistivitas, sifat radioaktivitas yang khusus dari suatu lapisan yang tipis.

3. Korelasi dengan cara meneruskan bidang refleksi pada penampang seismik.

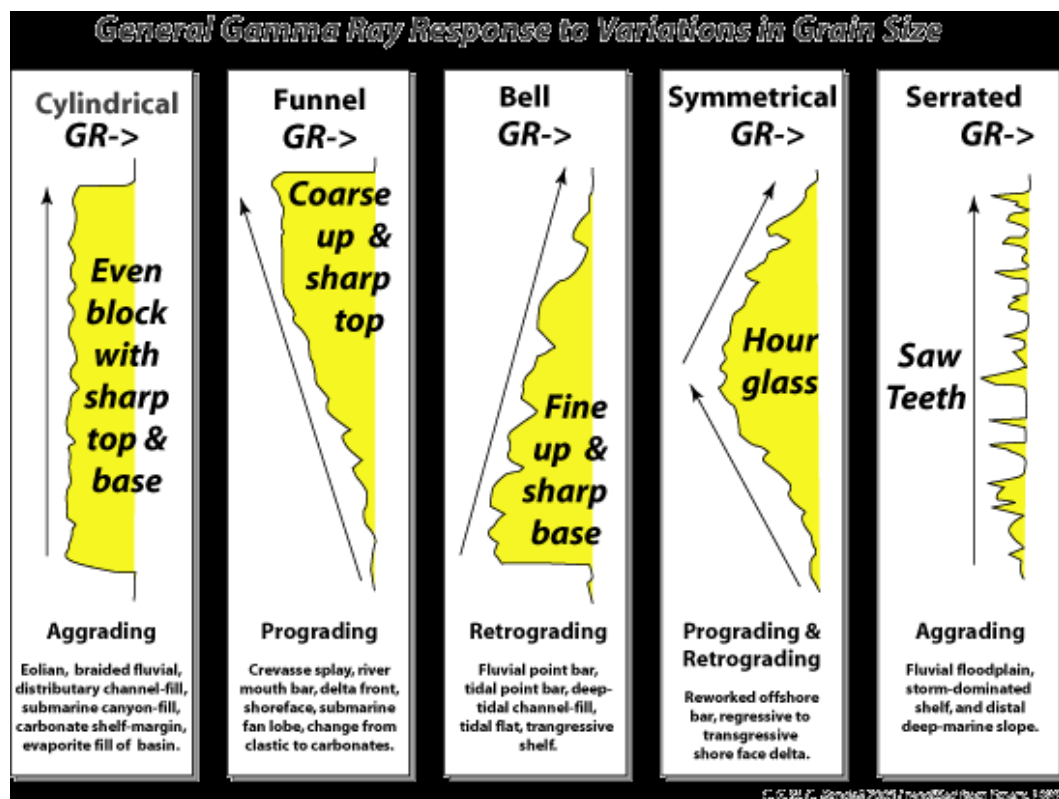
4. Korelasi atas dasar persamaan posisi stratigrafi batuan.

5. Korelasi atas dasar aspek fisik/litologis. Metode korelasi ini merupakan metode yang sangat kasar dan hanya akurat diterapkan pada korelasi jarak pendek.

6. Korelasi atas dasar horison siluman (*panthom horizon*).
7. Korelasi atas dasar *maximum flooding surface*, *maximum flooding surface* merupakan suatu permukaan lapisan yang lebih tua dari lapisan yang lebih muda yang menunjukkan adanya peningkatan kedalaman air secara tiba-tiba.

III. 4 Elektrofases

Elektrofases dianalisis dari pola kurva *log gamma ray* (GR).



Gambar 18. Respon *gamma ray* terhadap variasi ukuran butir dan lingkungan Pengendapan

Menurut Selley (1978) 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.

Gambar 18 menunjukkan lima pola bentuk dasar dari kurva *log GR*, sebagai *respons* terhadap proses pengendapan. Berikut ini adalah penjelasan mengenai bentuk dasar kurva *log*:

1. Cylindrical

Bentuk silinder pada *log GR* atau *log SP* dapat menunjukkan sedimen tebal dan homogen yang dibatasi oleh pengisian *channel (channel-fills)* dengan kontak yang tajam. *Cylindrical* merupakan bentuk dasar yang mewakili homogenitas dan ideal sifatnya. Bentuk *cylindrical* diasosiasikan dengan endapan sedimen *braided channel, estuarine* atau *sub-marine channel fill, anastomosed channel, eolian dune, tidal sand*

2. Funnel shape

Profil berbentuk corong (*funnel*) menunjukkan pengkasaran regresi atas yang merupakan bentuk kebalikan dari bentuk *bell*. Bentuk funnel kemungkinan dihasilkan regresi progradasi seperti *sub marine fan lobes, regressive shallow marine bar, barrier islands* atau karbonat terumbu depan yang berprogradasi di atas *mudstone, delta front (distributary mounth bar), creavase splay, beach* dan *barrier beach (barrier island), strandplain, shoreface, prograding (shallow marine) shelf sands* dan *submarine fan lobes*.

3. Bell Shape

Profil berbentuk *bell* menunjukkan penghalusan ke arah atas, kemungkinan akibat pengisian *channel (channel fills)*. Pengamatan membuktikan bahwa range besar butir pada setiap level cenderung sama, namun jumlahnya memperlihatkan gradasi menuju berbutir halus (dalam arti lempung yang bersifat radioaktif makin banyak ke atas). Bentuk *bell* dihasilkan oleh endapan *point bars, tidal deposits,*

transgressive shelfsands (Dominated tidal), sub marine channel dan *endapan turbidit*.

4. Symmetrical-Asymmetrical Shape

Bentuk *symmetrical* merupakan kombinasi antara bentuk *bell-funnel*. Kombinasi *coarsening-finning upward* ini dapat dihasilkan oleh proses bioturbasi. Selain tatanan secara geologi yang merupakan ciri dari *shelf sand bodies, submarine fans* dan *sandy offshore bars*. Bentuk *asymmetrical* merupakan ketidakselarasan secara proporsional dari kombinasi *bell-funnel* pada lingkungan pengendapan yang sama.

5. Irregular

Bentuk ini merupakan dasar untuk mewakili heterogenitas batuan reservoir. Bentuk *irregular* diasosiasikan dengan regresi *alluvial plain, floodplain, tidal sand, shelf* atau *back barriers*. Umumnya mengidentifikasi lapisan tipis silang siur (*thin interbedded*). Unsur endapan tipis mungkin berupa *crevasse splay, overbanks regresi* dalam laguna serta turbidit.

IV. METODE PENELITIAN

IV.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

1. Waktu Penelitian

Tugas Akhir telah dilaksanakan di PT. Bukit Asam (Persero, Tbk) pada 15 Agustus 2011 – 05 Oktober 2011.

2. Tempat Penelitian

Tempat Tugas Akhir dilaksanakan di Lingkungan Tambang PT. Bukit Asam, di Satuan Kerja Unit Eksplorasi Rinci Kab. Lahat dan daerah penelitian di Banko Barat Pit 1, Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

IV.2 Metode Penelitian

Dalam penyusunan tugas akhir ini, metode yang digunakan yaitu Metode Sekunder dan Primer. Metode Sekunder yaitu melakukan survei untuk mendapatkan data yang sudah ada, dan Metode Primer dilakukan untuk mendapatkan data informasi geologi secara langsung ke tempat daerah penelitian.

IV.3 Metode Analisis

1. Metode Kualitatif

Metode kualitatif adalah metode pendekatan yang digunakan untuk menganalisis data yang berbentuk non numerik atau data yang tidak dapat diterjemahkan dalam

bentuk angka-angka. Penggunaan metode ini lebih bersifat deskripsi dengan memberikan gambaran dan penjelasan tentang daerah penelitian. Pendekatan ini meliputi analisa penentuan lapisan berdasarkan data *logging*, penentuan lapisan seam batubara, analisa karakteristik *roof* dan *floor* berdasarkan dari hasil korelasi penampang struktur bawah permukaan.

2. Metode Kuantitatif

Analisis data yang berbentuk angka, penggunaan metode ini untuk menghitung volume prospek batubara.

IV.4 Prosedur Kerja

1. Pengumpulan data

Hal yang pertama kali dilakukan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data. Dalam tahap ini dikumpulkan semua data yang akan digunakan dalam penelitian ini, data-data tersebut meliputi:

a. Data Primer

Data primer ini meliputi data inti dari penyusunan tugas akhir ini, seperti peta lokasi titik bor, lembar diskripsi litologi setiap titik pemboran, data *logging* (log *density* dan log *gamma ray*) yang diambil dari 11 buah titik bor yang terdapat pada lokasi penelitian.

b. Data Sekunder

Data sekunder ini merupakan data penunjang untuk kelengkapan analisis dalam penyusunan tugas akhir yang seperti data geologi daerah penelitian yang meliputi

data stratigrafi daerah penelitian digunakan sebagai referensi dalam penelitian dan peta administrasi Sumatera Selatan. Secara umum telah didiskripsikan pada Bab II.

2. Tahapan pengambilan data *logging*

a. Pemboran geologi

Sebelum melakukan pengambilan data log, maka dilakukan pemboran geologi. Sebelum dilakukan pemboran maka harus ditentukan terlebih dahulu titik bor berdasarkan peta geologi dan penampang geologi dengan skala memadai serta mempertimbangkan kesampaian lokasi pemboran, keadaan lokasi sekitar rencana titik bor mengenai kesediaan air, tata guna lahan, topografi dan izinnya. Metode yang efektif untuk pemboran adalah metode *core drilling*, agar inti bor tidak rusak dan terlindungi maka digunakan *triple tube core barrel*. Cara ini memungkinkan untuk mengurutkan dan mencatat secara rinci ketika inti masih di dalam tabung atau setelah dipindahkan ke dalam *core box*.

Adapun tujuan dilakukannya pemboran adalah:

1. Memastikan letak dan kedalaman *seam* batubara sasaran.
2. Mengetahui *sequence* stratigrafi dan geologi untuk perbandingan.
3. Memperoleh contoh batubara termasuk komposisinya.

b. Deskripsi batuan inti

Bagian ini merupakan satu-satunya data yang langsung memperlihatkan bukti nyata dari kondisi bawah permukaan. Deskripsi batuan inti merupakan acuan untuk mengidentifikasi *lithologi*.

Parameter parameter dalam deskripsi inti antara lain:

1. Jenis batuan, sesuai jenis batuan murni atau komponen paling dominan
2. Warna, kenampakan warna batuan
3. Ukuran butir, berdasarkan standar baku internasional
4. Derajat kebundaran, berdasarkan kenampakan butiran dibandingkan dengan bentuk bola.

Deskripsi batuan inti nantinya akan dibandingkan dengan data hasil *logging*.

3. Deskripsi data *logging*

Proses ini dimulai dengan mendeskripsikan data *logging* dari tiap- tiap *bore hole* yang telah di import datanya ke dalam bentuk *well cad*. Dalam penginterpretasian data *logging*, maka dilakukan perbandingan antara data *logging* dan data dari deskripsi batuan inti. Interpretasi data dilakukan setelah data *logging* diolah dan didapatkan outputnya berupa grafik *log* dengan menggunakan *software* yang mendukung. Dimana jenis *lithologi* batuan dapat diinterpretasi berdasarkan defleksi kurva atau grafik *log* yang terdapat pada *log gamma ray*, dan *log density*. Berdasarkan data lapangan yang didapatkan umumnya *lithologi* batuan yang ditemukan adalah jenis batulempung, batupasir, batu lanau dan batubara sesuai dengan formasi geologi daerah penelitian. Untuk *log Gamma Ray* dalam menginterpretasi tiap jenis *lithologi* menunjukkan defleksi (*kick*) *log* yang berbeda satu sama lainnya, nilai *Gamma Ray* akan menunjukkan nilai yang besar secara signifikan adalah pada *lithologi* batulempung, nilai dibawahnya adalah jenis *lithologi* batulanau dimana karena pada jenis *lithologi* ini sifat batumannya adalah kombinasi antara sifat lumpur dan pasir, sedangkan pada lapisan atau *lithologi*

pasir dan batubara nilai *Gamma Ray* akan sangat rendah, hal ini disebabkan karena unsur radioaktif yang terkena radiasi sinar gamma banyak terdapat pada lapisan serpih dan hanya sedikit sekali yang terdapat pada lapisan pasir dan batubara. Dari sinilah dapat diinterpretasikan dimanakah adanya keterdapatan lapisan batubara beserta ketebalannya.

Interpretasi data *log* geofisika dilakukan untuk menentukan besarnya nilai *log* densitas pada masing-masing lapisan batubara. Karakteristik *log* dari beberapa batuan adalah sebagai berikut:

- a. Batubara, sinar gamma rendah dengan densitas rendah
- b. Batuan lempung, sinar gamma menengah dengan densitas menengah
- c. Batupasir, sinar gamma agak rendah dengan densitas menengah sampai tinggi
- d. Batuan basa vulkanik, sinar gamma rendah dengan densitas tinggi

4. Pembuatan profil penampang korelasi struktur

Menurut Kosoemadinata (1978), korelasi adalah suatu operasi dimana satu titik dalam suatu penampang stratigrafi disambungkan dengan titik pada penampang yang lain, dengan pengertian bahwa titik–titik tersebut terdapat bidang perlapisan yang sama.

Prinsip dalam pembuatan penampang stuktur bawah permukaan berdasarkan data bor (Koesomadinata, 1978):

- a. Penampang dibuat dengan skala vertikal sama dengan skala horizontal, hanya dalam keadaan tertentu skala vertikal diperbesar daripada skala horizontal.

- b. Struktur geologi diperlihatkan dalam penampang oleh bidang–bidang perlapisan, antiklin misalnya diperlihatkan oleh terlipatnya bidang perlapisan.
- c. Gejala tektonik seperti patahan atau lipatan melibatkan semua lapisan yang telah terendapkan sebelum gejala itu terjadi tetapi tidak melibatkan lapisan di atasnya.
- d. Suatu patahan atau sesar dapat dikenali dari suatu penampang melintang dengan berbagai macam gejala menghilangnya atau menipisnya lapisan tiba–tiba atau menebalnya tiba–tiba.
- e. Lipatan dapat dibagi antara sinklin dan antisinklin, juga suatu lipatan dapat bersifat asimetris atau simetris. Jika kita menganggap lipatan itu simetris maka pembuatan lipatan itu juga harus didasarkan atas yang diketahui dari permukaan (*surface geology*).

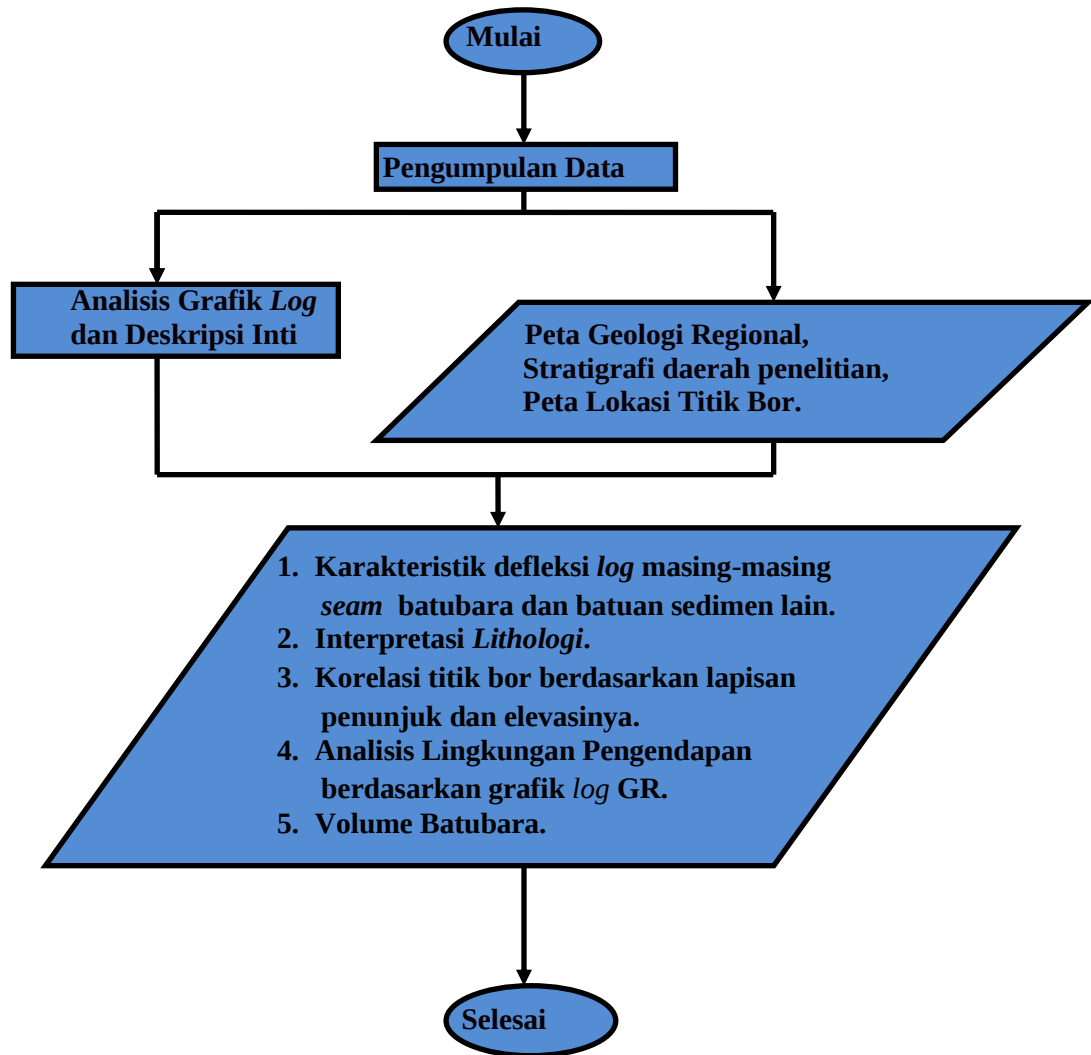
Dalam pembuatan penampang korelasi struktur dengan cara membuat profil sayatan dari setiap *cross line*, kemudian setiap titik bor diletakkan pada sayatan sesuai jarak masing–masing. Skala vertikal dan horizontal dibuat sama. Setelah itu baru dibuat korelasi setiap lapisan batuanannya. Profil penampang korelasi struktur ini dibuat dengan program *Adobe Photoshop CS2*. Profil penampang korelasi dibuat untuk melihat kondisi bawah permukaan berdasarkan data *logging*. Selain itu, dalam korelasi ini dapat dilihat arah ketebalan batubara serta sedimen pembawanya.

5. Analisis Lingkungan Pengendapan

Analisis Lingkungan Pengendapan bertujuan untuk mengetahui lingkungan pengendapan batubara serta *sub-environment* dari pembacaan grafik *log* dan analisis *core* yang dihubungkan dengan lingkungan pengendapan dari model Horne, 1978.

IV.5 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi tahap persiapan dan pengumpulan data, tahap pemrosesan data dan tahap interpretasi sehingga akhirnya didapatkan kesimpulan. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Diagram Alir Penelitian

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

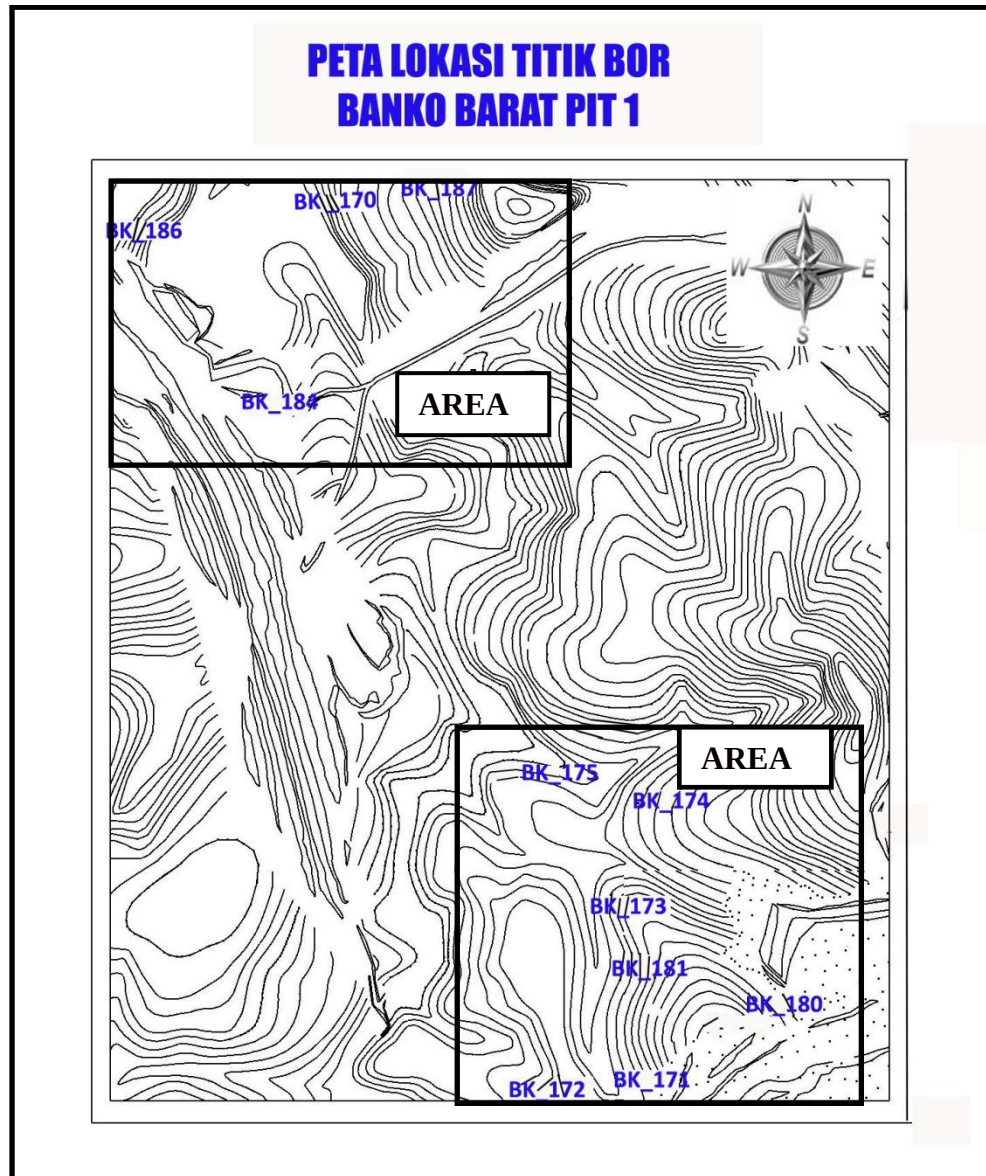
V.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan data *logging* dan data pemboran berupa 11 (sebelas) titik bor daerah Banko Barat Pit 1. Tabel 1 merupakan data titik bor dan koordinat pada daerah penelitian. Data ini selanjutnya digunakan untuk interpretasi *lithologi* dan penghitungan *volume* batubara.

Tabel 1. Data titik bor dan koordinat pada daerah penelitian.

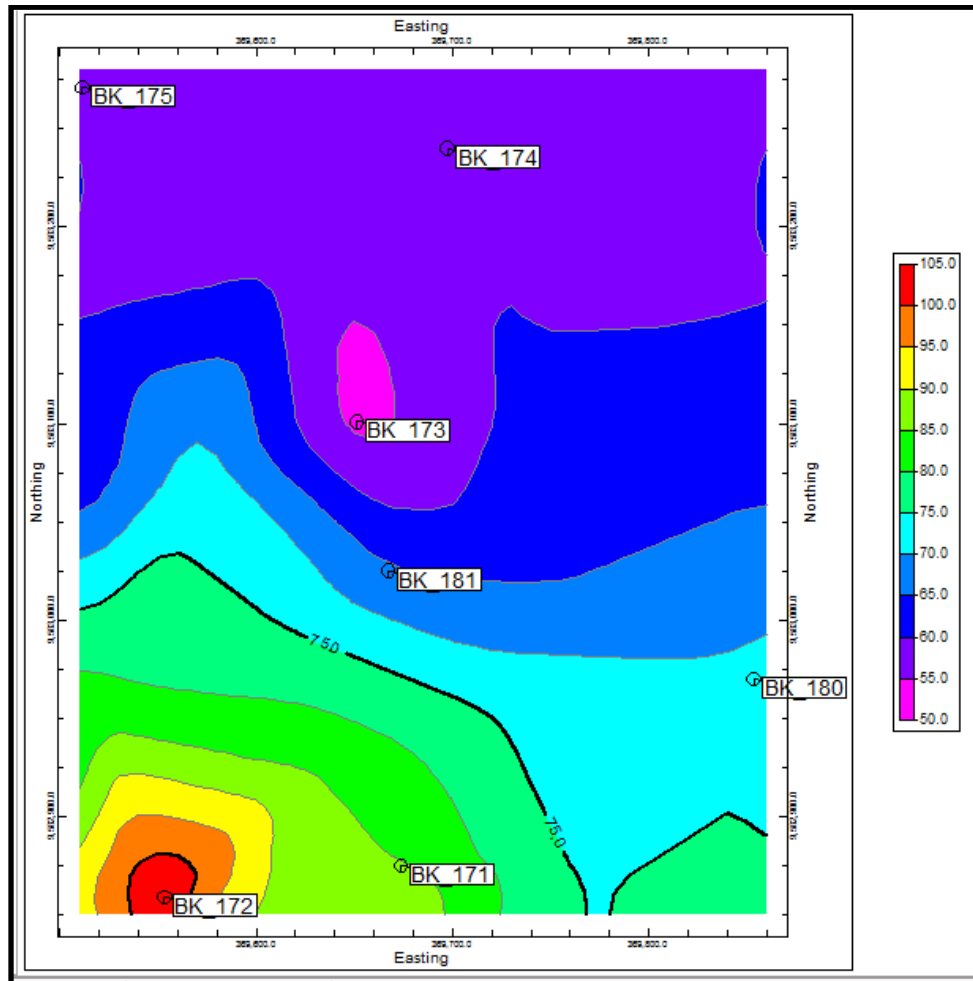
No.	Borehole	Easting	Northing	Elevation	Total Depth
1	BK170	369236.438	9584016	54.13	92.6
2	BK171	369673.688	9582875	84.84	145
3	BK172	369552.969	9582859	105.91	171.36
4	BK173	369651.094	9583101	52.96	122.6
5	BK174	369697.344	9583240	59.12	101.52
6	BK175	369511.250	9583271	58	127.18
7	BK180	369853.594	9582970	71.23	119.74
8	BK181	369667.250	9583025	65.14	127.26
9	BK184	369173.094	9583753	59.29	153.74
10	BK186	368995.781	9583979	60.33	172.6
11	BK187	369383.563	9584039	65	64.94

Gambar 20 merupakan peta lokasi penelitian dan Gambar 21, Gambar 22 adalah peta topografi titik bor.

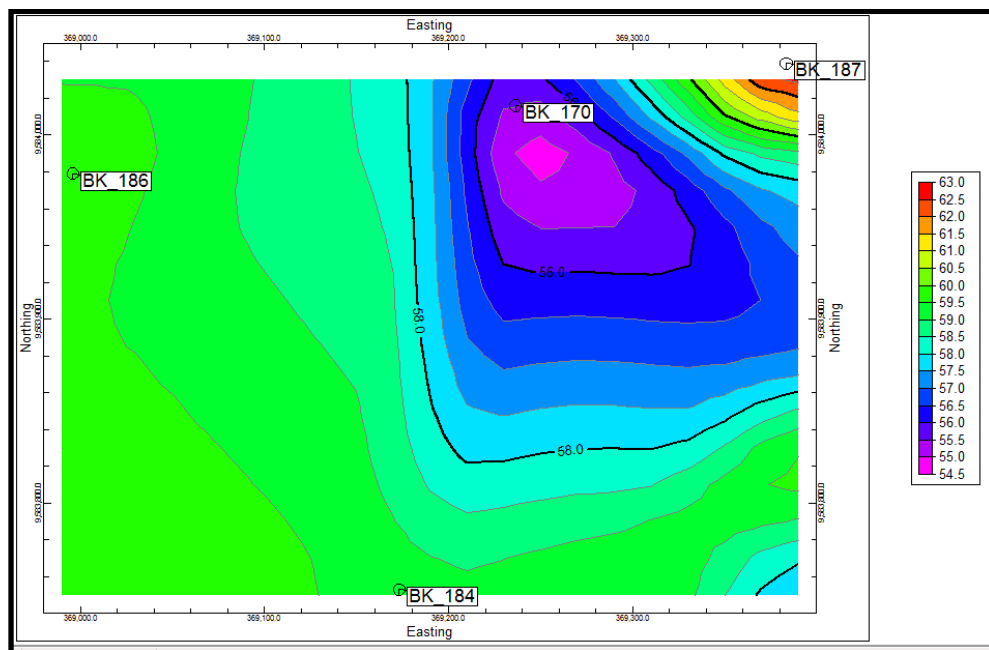


Gambar 20. Peta lokasi titik bor

Gambar 21 dan 22 merupakan peta topografi hasil pemodelan 2D dari *software Rockwork15* dengan *input* data titik bor dan koordinat untuk Area 1 dan Area 2.



Gambar 21. Peta topografi titik bor pada area 1



Gambar 22. Peta topografi titik bor pada area 2

Peta topografi memperlihatkan morfologi daerah penelitian terdiri dari pebukitan dan pedataran. Satuan pebukitan berlereng sedang dengan ketinggian antara 50 meter sampai dengan 105 meter dari permukaan laut. Pada daerah blok 1 elevasi terendah pada titik bor BK173 dan tertinggi pada BK172. Sedangkan pada blok 2 daerah penelitian memiliki morfologi pedataran yang relatif sedang dengan elevasi terendah pada titik bor BK170 dan tertinggi pada BK187.

V.2 Pembahasan

Sebelum melakukan tahap *geophysical logging* dilakukan tahapan kegiatan pemboran eksplorasi. Dalam melakukan pemboran eksplorasi harus memperhatikan kondisi daerah tersebut yang meliputi tata guna lahan, infrastruktur dan kondisi geologi umum. Pemboran eksplorasi bertujuan untuk memperoleh data *lithologi* yang sebenarnya. Sedangkan dalam tahapan *logging* yaitu untuk akurasi kedalaman dari kegiatan pemboran tersebut. Disini penulis akan melakukan analisis grafik *log*, menghitung ketebalan lapisan (*seam*) batubara, interpretasi data hasil pemboran, korelasi penampang 2D berdasarkan titik bor dengan menggunakan data *log* yang meliputi korelasi dengan lapisan penunjuk (*key bed*) dan korelasi berdasarkan elevasi titik bor, analisis karakteristik *roof dan floor*, analisis ini merupakan sebagai penciri dari *seam* batubara yang memiliki karakteristik berbeda, kemudian analisis lingkungan pengendapan berdasarkan data *log* dan variasi runtunan *lithologi* daerah penelitian, serta menghitung *volume* prospek batubara daerah penelitian tersebut.

Setelah dilakukan kegiatan pemboran, maka dilakukan pengambilan data *Geophysical Logging* yang merekam grafik *gamma ray* dan *density* batuan. Dalam

kegiatan *logging* yang dilakukan, data yang direkam hanya *gamma ray* dan *short density*. *Log gamma ray* digunakan untuk mendeteksi *lithologi* sedangkan *short density* dapat mendeteksi lapisan-lapisan yang tipis. *Logging* yang dilakukan secara *in casing* yang artinya dilakukan dalam pipa sehingga tidak memerlukan *caliper arm* yang mengukur diameter pada lubang bor. *Logging* secara *in casing* akan memudahkan dalam pengambilan data *logging* yaitu akan lebih cepat dilakukan, tidak ada resiko runtuhnya batuan didalam lubang, tidak ada resiko terjepitnya *probe* di dalam lubang, dan *recovery* data *logging* dapat mencapai 98% sesuai dengan kedalaman bor. Hasil pengukuran *gamma ray* memperlihatkan penyimpangan grafik defleksi sinar *gamma* yang kontras untuk lapisan batubara di daerah penelitian (Lampiran 1, 2).

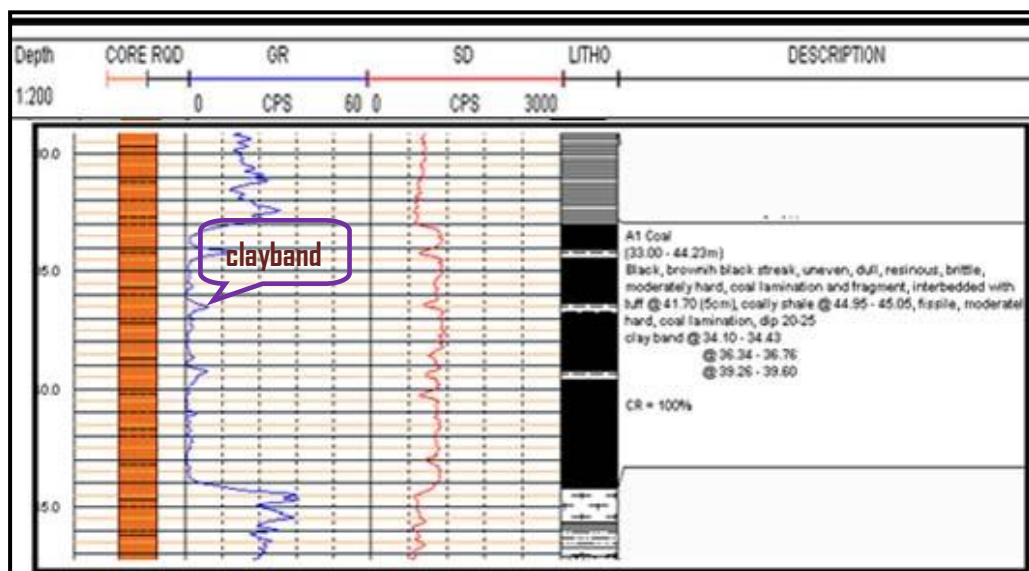
1. Analisis Grafik Defleksi Log Gamma ray – Short Density

Daerah Banko Barat Pit 1 terletak pada Formasi Muara Enim. Formasi Muara Enim terbagi atas 4 (empat) unit stratigrafi dimana lapisan batubara di daerah Banko Barat ini terdapat di unit M2 yang mengandung mayoritas batubara. Lapisan batubara pada daerah ini memiliki 4 lapisan (*seam*) yaitu Petai (C), Suban (B) dan lapisan Mangus Lower (A2) dan Mangus Upper (A1). Lapisan batubara sendiri akan tertutup oleh batuan sedimen, dimana pada daerah ini batuan sedimen yang umumnya dijumpai adalah batupasir (*sandstone*), batulempung (*claystone*), batulanau (*siltstone*), batulempung lanauan (*carbonaceous claystone*) dan sedikit terdapat batupasir tuffaan (*tuffaceous sandstone*).

a. Analisis grafik defleksi *log* pada batubara

Gambar 23, 24, 25, 26 merupakan contoh dari defleksi *gamma ray* dan densitas yang terekam pada *software RecsaLog* dan analisis dilakukan penulis pada *software WellCad* untuk hasil *logging* yang telah dilakukan. Analisis yang telah dilakukan dengan terlebih dahulu menganalisis data *lithologi* dari hasil pemboran. Data dari hasil pemboran inilah yang menunjukkan data sebenarnya, dari sanalah dapat dilihat karakteristik batuan yang meliputi warna, kekerasan batuan, dan keterdapat mineral lain. Sedangkan untuk analisis dengan melihat grafik defleksi *log* hanya dapat mengetahui jenis batuannya saja. Akan tetapi dari grafik *log* yang terekam, akan dapat pula diketahui lingkungan pengendapan batubara tersebut.

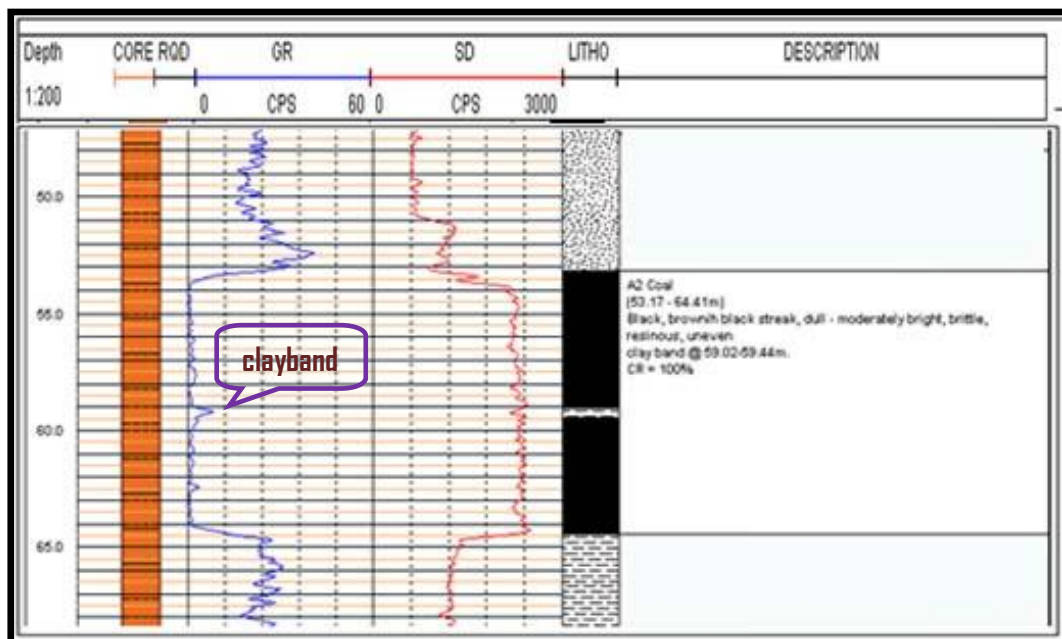
Lapisan batubara akan mudah dikenali karena memiliki grafik yang menunjukkan seperti pada Gambar (Gambar 23, 24, 25, 26).



Gambar 23. Grafik analisis *log* untuk seam A1

Gambar 23 menunjukkan lapisan (*seam*) batubara A1, dimana *seam* A1 rata-rata memiliki ketebalan 10 meter. Untuk deskripsi batubara meliputi warna batuan

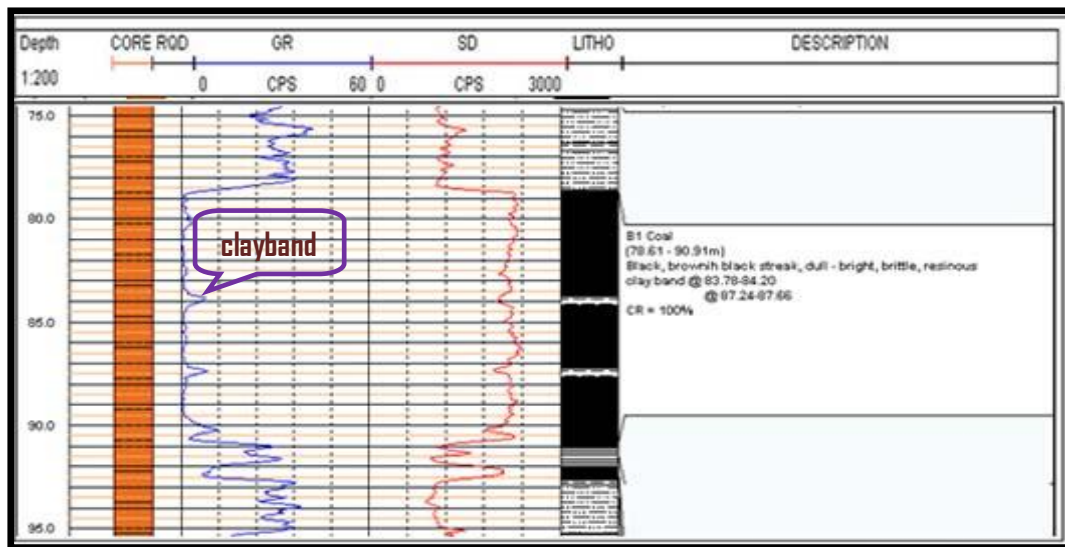
(colour, shade), tingkat kekerasan (*mechanical state*), *minor lithology adjective*, yang meliputi *rock tipe/mineral* (tipe batuan), tingkat kekerasan batuan lain, dan keterdapatan (*abundant*). Pada Gambar *seam A1* memiliki warna hitam kecoklatan-hitam (*brownish black-black*), kusam (*dull*), *brittle* (rapuh) dan keterdapatan mineral lain yaitu resin (*resinous*), untuk keterdapatannya (*abundant*), *rare* yaitu kurang dari 10% dari batuan utama yang diperoleh. Umumnya *seam A1* memiliki tiga *clayband* (*clayband*) yang berinterkalasi dengan batuan *tuff* atau *coaly shale*. Range nilai *gamma ray* pada batubara berkisar antara 0 sampai 10 cps dan *density* berkisar antara 1300 sampai 3000 cps. Nilai *gamma ray* dan *density* yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).



Gambar 24. Grafik analisis *log* untuk *seam A2 coal*

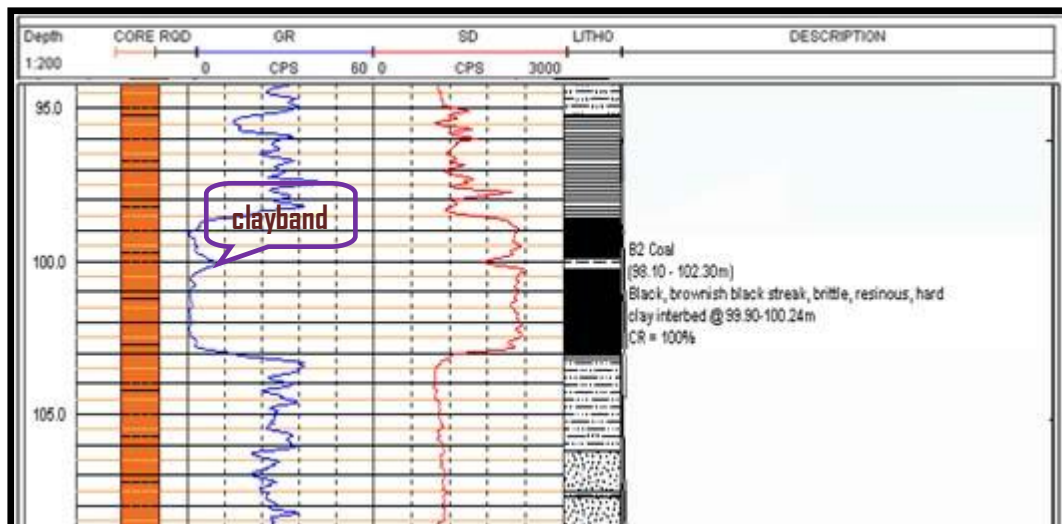
Gambar 24 grafik defleksi *log* pada *seam* ini, umumnya memiliki satu sampai dua *clayband* (*clayband*). *Seam A2* memiliki ketebalan lebih dari 10 (sepuluh) meter memiliki ciri berwarna hitam kecoklatan sampai hitam (*brownish black-black*), kusam sampai agak cerah (*dull-moderately bright*), umumnya tingkat kekerasan

(*mechanical state*) rapuh/mudah hancur (*brittle*). Biasanya terdapat mineral lain yaitu resin (*resinous*) and the abundant is rare (keterdapatannya jarang). Range nilai *gamma ray* pada batubara berkisar antara 0 sampai 10 cps dan *density* berkisar antara 1300 sampai 3000 cps. Nilai *gamma ray* dan *density* yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).



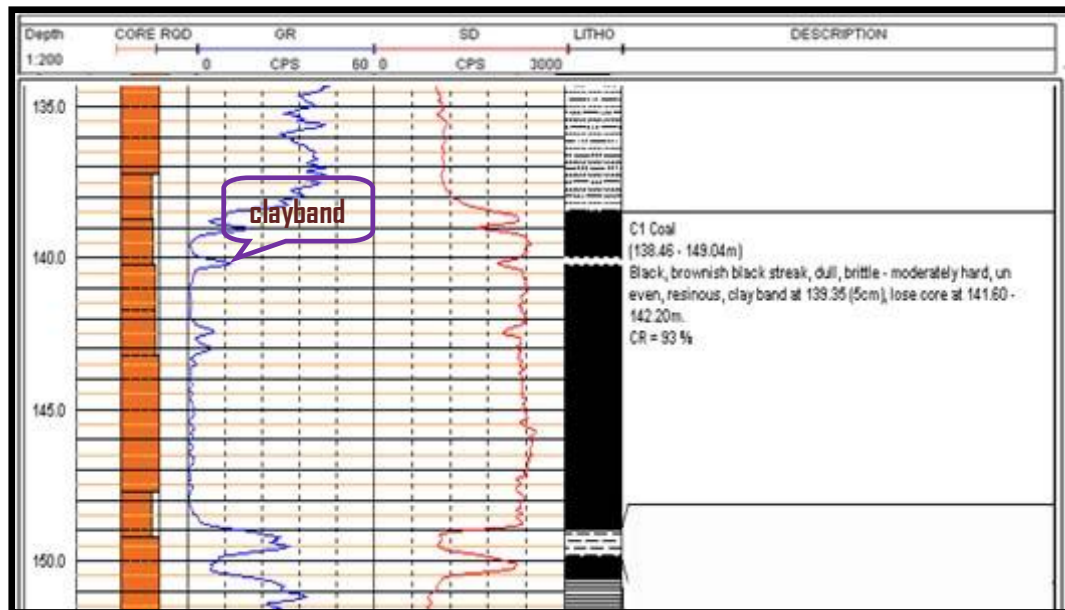
Gambar 25. Grafik analisis *log* untuk seam B1

Gambar 25 grafik defleksi *log* pada seam ini, umumnya memiliki dua sampai tiga *clayband* (*clayband*). Seam B1 memiliki ketebalan lebih dari 10 (sepuluh) meter dan merupakan seam batubara yang paling tebal di daerah ini. Memiliki ciri berwarna hitam kecoklatan sampai hitam (*brownish black – black*), kusam sampai agak cerah (*dull – moderately bright*), umumnya tingkat kekerasan (*mechanical state*) rapuh/mudah hancur (*brittle*). Biasanya terdapat mineral lain yaitu resin (*resinous*) and the abundant is rare (keterdapatannya jarang). Batubara ini biasanya berinterkalasi dengan batulempung sebagai *clayband* (*intercalated with claystone*) Range nilai *gamma ray* pada batubara berkisar antara 0 sampai 10 cps dan *density* berkisar antara 1300 sampai 3000 cps. Nilai *gamma ray* dan *density* yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).



Gambar 26. Grafik analisis log untuk seam B2

Gambar 26 grafik *defleksi log* pada seam ini, umumnya memiliki satu *clayband* (*clayband*). Seam B2 merupakan seam paling tipis, dengan ketebalan kurang dari 10 (sepuluh) meter. Memiliki ciri berwarna hitam kecoklatan sampai hitam (*brownish black – black*), kusam sampai agak cerah (*dull – moderately bright*), umumnya tingkat kekerasan (*mechanichal state*) rapuh/mudah hancur (*brittle*). Biasanya terdapat mineral lain yaitu resin (*resinous*). Batubara ini biasanya berinterkalasi dengan batulempung sebagai *clayband* (*intercalated with claystone as clayband*). Range nilai *gamma ray* pada batubara berkisar antara 0 sampai 10 cps dan *density* berkisar antara 1300 sampai 3000 cps. Nilai *gamma ray* dan *density* yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).

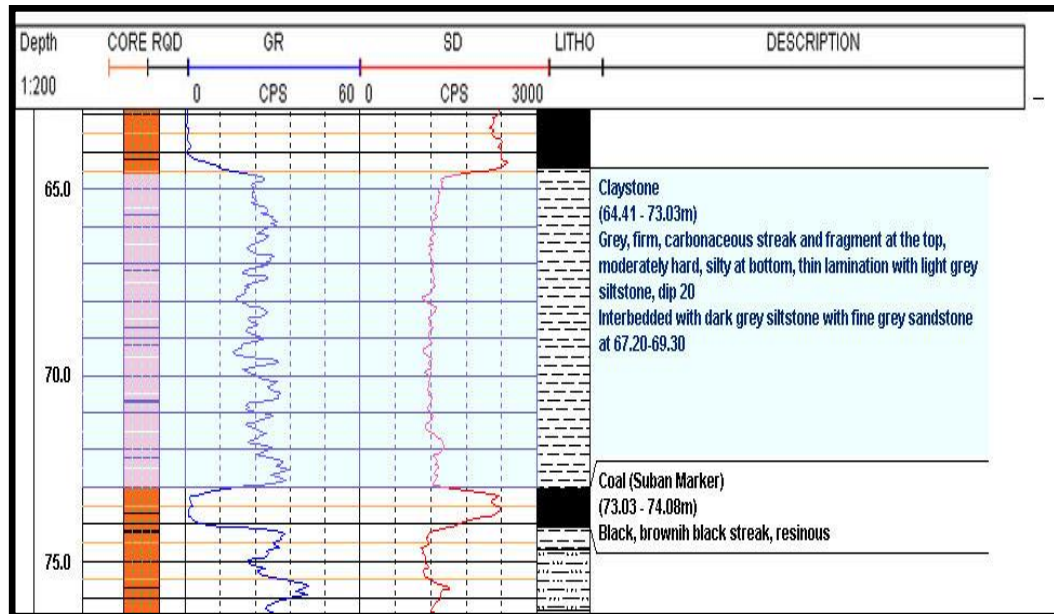


Gambar 27. Grafik analisis *log* untuk *seam C*

Gambar 27 grafik defleksi *log* pada *seam* ini, umumnya memiliki satu sampai dua *clayband* (*clayband*). *Seam C* merupakan *seam* paling akhir, dengan ketebalan lebih dari 10 (sepuluh) meter. Memiliki ciri berwarna hitam kecoklatan sampai hitam (*brownish black – black*), kusam sampai agak cerah (*dull – moderately bright*), umumnya tingkat kekerasan (*mechanical state*) rapuh/mudah hancur (*brittle*). Biasanya terdapat mineral lain yaitu resin (*resinous*). Batubara ini biasanya berinterkalasi dengan batulempung sebagai *clayband* (*intercalated with claystone as clayband*). Range nilai *gamma ray* pada batubara berkisar antara 0 sampai 10 cps dan *density* berkisar antara 1300 sampai 3000 cps. Nilai *gamma ray* dan *density* yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).

b. Analisis grafik defleksi *log* pada batuan sedimen

1. Analisis grafik *log* pada *claystone* (batulempung)

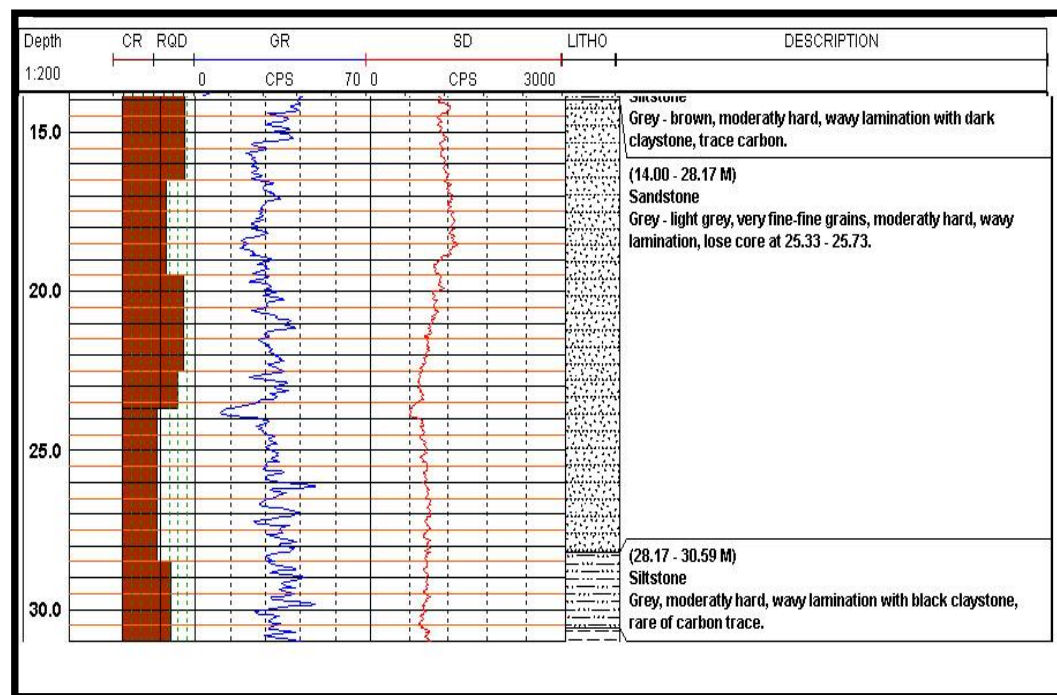


Gambar 28. Grafik analisis *log* untuk *claystone*

Gambar 28 grafik *log* menunjukkan batulempung (*claystone*). Umumnya batuan sedimen ini berwarna abu-abu terang sampai gelap. Untuk *log* pada Gambar ini menunjukkan deskripsi yaitu *grey* (abu-abu), biasanya terdapat fragmen carbon pada bagian *top* (atas) dan pada bagian *bottom* (bawah) yaitu *siltstone* (batulanau), *with moderately hard mechanical state* (kekerasan batuan umumnya menengah/agak keras), *intercalated with dark grey siltstone* yaitu berinterkalasi dengan *siltstone* (batulanau) yang berwarna abu-abu gelap serta berinterkalasi dengan *sandstone* (batupasir). Batulempung (*claystone*) biasanya memiliki laminasi paralel dan bergelombang (*parallel and wavy lamination*). Range untuk nilai *gamma ray* pada batulempung berkisar antara 15 sampai 30 cps dan *density*

berkisar antara 1500 sampai 2000 cps. Nilai *gamma ray* dan *density* yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).

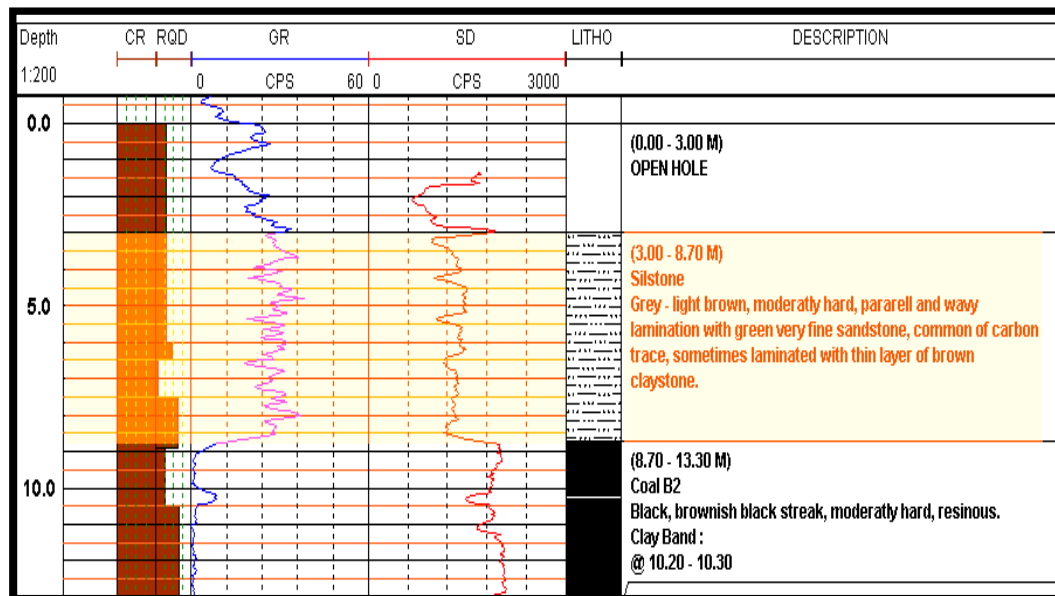
2. Analisis grafik *log* pada batupasir (*sandstone*).



Gambar 29. Grafik analisis *log* untuk *sandstone*

Gambar 29 grafik *log* menunjukkan batupasir (*sandstone*). Batupasir (*sandstone*) umumnya memiliki warna abu-abu sampai abu-abu terang (*grey – light grey*). Ukuran butir dari kasar sampai halus. Untuk contoh pada grafik *log* ini batupasir (*sandstone*) ini memiliki ukuran butir halus (*fine grain*), dengan tingkat kekerasan (*mechanical state*) agak keras (*moderately hard*), batupasir (*sandstone*) memiliki laminasi bergelombang (*wavy lamination*). Range untuk nilai *gamma ray* pada batupasir berkisar antara 10 sampai 25 cps dan *density* 900 sampai 1400. Nilai *gamma ray* dan *density* yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).

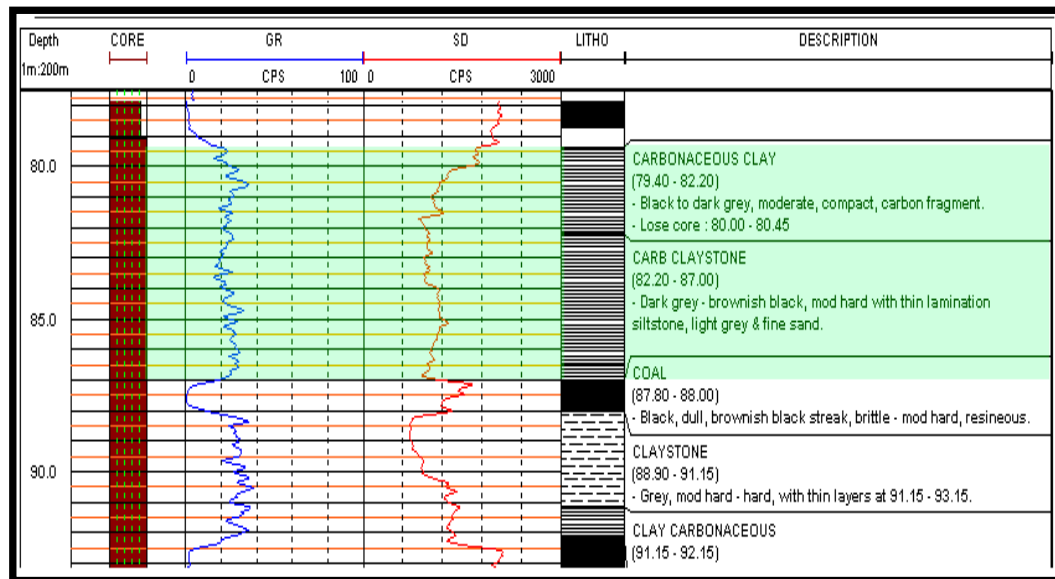
3. Analisis grafik *log* untuk batulanau (*siltstone*)



Gambar 30. Grafik analisis *log* untuk *siltstone*

Gambar 30 grafik *log* menunjukkan batulanau (*siltstone*). Batulanau (*siltstone*) umumnya memiliki warna abu-abu sampai coklat terang (*grey – light brown*). *Siltstone* memiliki ukuran butir yang sangat halus. Pada grafik *log* ini batulanau (*siltstone*) memiliki tingkat kekerasan (*mechanical state*) agak keras (*moderately hard*), batulanau (*siltstone*) memiliki laminasi bergelombang dan paralel (*wavy and parallel lamination*). Umumnya mengandung unsur karbon. *Range* untuk nilai *gamma ray* pada batulanau berkisar antara 10 sampai 25 cps dan *density* berkisar antara 500 sampai 800 cps. Nilai *gamma ray* dan *density* yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).

4. Analisis grafik *log* untuk batulempung karbonan (*carbonaceous claystone*)



Gambar 31. Grafik analisis *log* untuk *carbonaceous claystone*

Gambar 31 grafik *log* menunjukkan batulempung karbonan (*carbonaceous claystone*). Umumnya batuan ini berwarna abu-abu gelap sampai hitam kecoklatan. Untuk *log* pada Gambar ini menunjukkan deskripsi yaitu *dark grey-brownish black* (abu-abu gelap sampai hitam kecoklatan), biasanya terdapat fragmen karbon, *with moderately hard mechanical state* (kekerasan batuan umumnya menengah/agak keras). Biasanya terdapat laminasi tipis batulanau (*siltstone*). Nilai *gamma ray* dan densitas yang terekam ada pada data las (Lampiran 3).

Tabel 2 merupakan data ketebalan lapisan batubara yang didapatkan dari hasil analisis grafik *log* yang telah diakurasikan dengan data hasil pemboran. Selanjutnya data ini digunakan untuk korelasi antar titik bor untuk mengetahui karakteristik *roof* dan *floor* serta untuk perhitungan *volume* batubara.

Tabel 2. Ketebalan masing–masing *seam* batubara.

<i>Borehole</i>	<i>Seam A1</i>			<i>Seam A2</i>		
	From	To	Thick	From	To	Thick
BK170						
BK171	19.8	30.4	10.6	45.5	57.05	11.55
BK172	40.5	51.8	11.3	65	77.15	12.15
BK173				14.15	25.5	11.35
BK174						
BK175	3	8.5	5.5	19.85	31.75	11.9
BK180				16.02	27.24	11.22
BK181	3	11.82	8.82	24.06	35.92	11.86
BK184	33	44.23	11.23	53.17	64.41	11.24
BK186	48.3	58.8	10.5	68.4	79.4	11
BK187						
<i>Borehole</i>	<i>Seam B1</i>			<i>Seam B2</i>		
	From	To	Thick	From	To	Thick
BK170	14.7	27.7	13	34.5	38.7	4.2
BK171	68.95	81.1	12.15	88.75	92.7	3.95
BK172	89.7	102.8	13.1	108.5	113.2	4.7
BK173	39.8	52.13	12.33	59.2	64.1	4.9
BK174	20	33.2	13.2	41.5	45.9	4.4
BK175	44.6	56	11.4	64.1	69.05	4.95
BK180	41.23	53.94	12.71	62.3	66.9	4.6
BK181	51.2	63.12	11.92	69.92	74.36	4.44
BK184	78.61	90.91	12.3	98.1	102.3	4.2
BK186	92.15	105.2	13.05	112.5	116.2	3.7
BK187				5.92	10.4	4.48
<i>Borehole</i>	<i>Seam C</i>					
	From	To	Thick			
BK170	79	89.2	10.2			
BK171	132.25	144	11.75			
BK172	154.15	165.4	11.25			
BK173	103.1	115.25	12.15			
BK174	85.25	95.8	10.55			
BK175	109	120.75	11.75			
BK180	106.74	117.24	10.5			
BK181	114	125.38	11.38			
BK184	138.46	149.04	10.58			
BK186	156.9	167.6	10.7			
BK187	48.14	59.26	11.12			

Karakteristik *roof* dan *floor* tiap *seam* batubara digunakan untuk mengetahui sifat fisik batubara yang memiliki lapisan yang sama yaitu tiap *seam* yang berbeda maka akan memiliki karakteristik *roof* dan *floor* yang berbeda pula. Korelasi juga memungkinkan untuk mengetahui variasi *lithologi* dan kemenerusan dari lapisan batubara.

2. Interpretasi *Lithologi* Batuan Berdasarkan Data Pemboran (*core*) dan Data *Logging* pada masing–masing Titik Bor.

Berdasarkan data sebelas titik bor, variasi runtunan litologi di daerah penelitian dikuasai oleh satuan batuan batupasir (*sandstone*), batulempung (*claystone*), batulempung karbonan (*carbonaceous claystone*), batulanau (*siltstone*), dan batubara (*coal*)

Pada setiap pemboran, antara kedalaman 0 – 7 m merupakan *open hole*. Yang dimaksud dengan “*Open Hole*” adalah hasil pengeboran yaitu partikel lepas berupa “*cutting*” dialirkan keluar lubang bor dengan tekanan air dan sampai dipermukaan, keluar melalui parit dan ayakan pemisah diamati material yang keluar (*sandstone*, *claystone*, *siltstone* dan lain sebagainya) tetapi tidak dianalisis.

Interpretasi yang penulis lakukan disini berdasarkan hasil *coring* di lapangan, kemudian dilakukan *logging*. Interpretasi *logging* dengan melihat pola defleksi *log GR* dan *density* (Lampiran 1) untuk jenis litologi batuan, sedangkan untuk kenampakan sifat batuan (karakteristik) diamati dari hasil *coring* yang tidak mungkin dapat dilihat dari hasil *logging* (Lampiran 2).

Tabel 3. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK170

TITIK BOR BK170		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	6	<i>Open hole</i>
6	7,9	batulempung: abu-abu, lembut-keras, mengandung fragmen karbon.
7,9	9,5	Batubara suban marker: hitam, kusam, rapuh sampai agak keras, mengandung resin.
9,5	14,6	batulempung: abu-abu sampai abu-abu gelap, agak keras sampai keras, umumnya mengandung fragmen karbon, dan terdapat laminasi batubara pada bagian bawah.
14,7	27,7	Batubara B1: hitam, kusam, mudah hancur, rapuh sampai agak keras, mengandung resin.
27,7	34,5	batulempung : abu-abu gelap, agak keras-keras, laminasi pasir dan lanau, dan laminasi batubara pada bagian bawah.
34,5	38,7	Batubara B2: hitam, kusam, rapuh sampai agak keras, mengandung resin.
38,7	41,8	Batulempung karbonan: abu-abu gelap sampai coklat kehitaman, kekerasan menengah sampai keras, laminasi batubara pada bagian atas, menjadi lanauan pada bagian bawah.
41,8	44,75	Batulanau: abu-abu, tingkat kekerasan menengah, laminasi paralel dan bergelombang pasir halus.
44,75	47,75	Batupasir: abu-abu terang sampai abu-abu kehijauan, ukuran butir halus sampai sedang, laminasi lanau, paralel laminasi.
47,75	55,5	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, kekerasan menengah, interkalasi dengan sandstone.
55,5	72,2	Batupasir: abu-abu terang sampai abu-abu kehijauan, ukuran butir halus sampai sedang, laminasi lanau, paralel laminasi.
72,2	79	Batulempung karbonan: abu-abu gelap sampai coklat kehitaman, kekerasan menengah sampai keras, laminasi batubara pada bagian bawah.
79	89,2	Batubara C: hitam, kusam, rapuh sampai agak keras, mengandung resin.
89,2	90,7	Batulempung: abu-abu gelap, agak keras-keras, laminasi pasir, mengandung fragmen karbon.
90,7	92,6	Batupasir: abu-abu sampai abu-abu kehijauan, ukuran butir menengah sampai halus laminasi claystone, paralel dan laminasi bergelombang.
92,6	94,56	Batulempung: abu-abu gelap, agak keras-keras, mengandung fragmen karbon.

Tabel 4. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK171

TITIK BOR BK171		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	3,5	<i>Open hole</i>
3,5	7,5	<i>Soil</i>
7,5	19,8	Batulempung: Abu-abu gelap, kehitaman, kompak ,keras, padat, pejal, menyerpih,terdapat cerat batubara mendekati bagian atas batubara.
19,8	30,4	Batubara A: hitam, kusam, kompak, padat, hancur, menyerpih, terdapat tiga sisipan <i>clayband</i> .
30,4	45,5	Batupasir: Putih sampai keabu abuan, terang, padat, mudah hancur, bentonitan, ukuran butir halus sampai dengan kasar.
45,5	57,05	Batubara A2: Hitam, buram, kompak, padat, agak hancur, menyerpih.
57,05	63,7	Batulempung: Abu-abu gelap sampai hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih, terdapat cerat-cerat batubara.
63,7	64,9	Suban Marker: Hitam buram, kompak, padat, keras dengan sisipan batulempung pada bagian bawah .
64,9	68,95	Batulempung: Abu-abu gelap sampai hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih, terdapat cerat batubara pada bagian atas.
68,95	81,1	Batubara B1: hitam, buram, kompak, padat, agak hancur, menyerpih, terdapat dua sisipan <i>clayband</i> .
81,1	88,75	Batulempung:Abu-abu gelap, kehijauan, kompak, keras, padat.
88,75	92,7	Batubara B2:hitam, kusam, kompak, padat, keras terdapat satu sisipan <i>clayband</i> .
92,7	105	Batulempung: Abu-abu terang, kompak, keras, padat.
105	117,5	Batupasir: Abu-abu sampai putih,kompak,keras,padat,laminasi lempung karbonan
117,5	124	Batulanau: Abu abu terang, kompak, padat, laminasi batupasir.
124	132,25	Batulempung: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih, mengandung cerat batubara mendekati bagian atas batubara
132,25	144	Batubara C: Hitam, padat, agak hancur, menyerpih, terdapat tiga <i>clayband</i> (<i>clayband</i>).
144	145	Batulempung: abu-abu gelap, kompak, padat, keras.

Didapatkan batubara A1 sampai C dengan ketebalan batubara untuk *seam* A1 yaitu 11,3 m, A2 dengan ketebalan 11,55, B1 dengan ketebalan 12,15 m, B2 dengan ketebalan 3,95 m dan *seam* C dengan ketebalan 11,75 m.

Tabel 5. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK172

TITIK BOR BK172		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	3	<i>Open hole</i>
3	40,5	Batulempung: Abu abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih.
40,5	51,8	Batubara A1: Hitam buram, kompak, padat, agak hancur, menyerpih, sisipan 3(tiga) pengotor.
51,8	65	Batulempung tufaan: Putih kekuningan, abu-abu terang, padat mudah hancur, bentonitan, sisipan batupasir halus sampai kasar.
65	77,15	Batubara A2: Hitam buram, kompak, padat, agak hancur, menyerpih, terdapat satu sisipan <i>clayband</i> .
77,15	84,75	Batulempung karbonan: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih.
84,75	85,7	Batubara Suban Marker: Hitam buram, kompak, padat, keras sisipan batulempung.
85,7	89,7	Batulempung: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih, terdapat cerat batubara mendekati bagian bawah batubara.
89,7	102,8	Batubara B1: Hitam buram, kompak, padat, hancur, menyerpih, terdapat 3 <i>clayband</i> .
102,8	108,5	Batulempung: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, menyerpih.
108,5	113,2	Batubara B2: Hitam kusam, kompak, padat, terdapat satu <i>clayband</i> .
113,2	123	Batulempung: Abu-abu, terang, kompak, padat, keras, sisipan batu lanau.
123	154,15	Batulempung lanauan: Abu-abu terang, kompak, padat, keras.
154,15	165,4	Batubara C: Hitam, kompak, padat, agak hancur, menyerpih, terdapat 3 <i>clayband</i> .
165,4	171,36	Batulempung: Abu-abu putih, kompak, padat, keras, laminasi batupasir.

Semua lapisan batubara didapatkan pada titik bor ini. Dengan total kedalaman pemboran 172 m dan dilakukan *logging* dengan akurasi kedalaman sedalam 171,36 m didapatkan lapisan batubara A1 dengan ketebalan 11,3 m, kemudian *seam* A2 dengan ketebalan 12,15 m, ketebalan *seam* B1 sebesar 13,1 m, B2 sebesar 3,95 m dan C dengan ketebalan 11,25 m.

Tabel 6. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK173

TITIK BOR BK173		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	4	<i>Open hole</i>
4	14,15	Batupasir Tufaan: Putih, kekuningan, terang, padat mudah hancur, batu pasir dari halus sampai menengah.
14,15	25,5	Batubara A2: Hitam buram, kompak, padat, agak hancur, terdapat dua <i>clayband</i> .
25,5	33,95	Batulempung: Abu-abu putih, kompak, padat, keras, laminasi batupasir.
33,95	35,03	Batubara Suban Marker: Hitam, kusam, kompak, padat, keras.
35,03	39,8	Batulempung: Abu-abu putih terang, kompak, padat, terdapat cerat batubara mendekati bagian atas.
39,8	52,13	Batubara B1: Hitam, buram, kompak, padat, keras, terdapat tiga <i>clayband</i>
52,13	59,2	Batulempung: Abu- abu, kompak, padat, keras, pejal, menyerpih, mengandung cerat batubara.
59,2	64,1	Batubara B2: Hitam, kusam, kompak, padat, kompak, padat, terdapat satu <i>clayband</i> .
64,1	96,5	Batupasir: Abu-abu, kompak, padat, keras, batupasir halus.
96,5	103,1	Batulempung: abu-abu gelap, hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih, mengandung cerat batubara mendekati bagian atas.
103,1	115,25	Batubara C: Hitam, kusam, kompak, padat, agak, hancur, terdapat <i>clayband</i> .
115,25	122,6	Batulempung: Abu-abu gelap, kompak, padat, keras, pejal, mengandung cerat batubara.

Total kedalaman pemboran pada titik bor ini adalah 123 m dan dilakukan *logging* dengan akurasi kedalaman sedalam 122,6 m. Batubara yang diperoleh pada titik bor ini adalah *seam* A2 sampai C. Ketebalan *seam* A2 adalah 11,35 m, *seam* B1 dengan ketebalan 12,33 m, B2 dengan ketebalan 4,9 m dan *seam* C dengan ketebalan 12,15 m. Pada bagian bawah dikuasai oleh lapisan batupasir dan lempung, kemudian semakin ke atas lapisan didominasi satuan batulempung.

Tabel 7. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK174

TITIK BOR BK174		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	4	<i>Open hole</i>
4	14,8	Batulempung: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih.
14,8	15,75	Batubara Suban Marker: Hitam buram, kompak, padat, keras sisipan batulempung.
15,75	20	Batulempung: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih, mengandung cerat batubara mendekati bagian atas.
20	33,2	Batubara B1: Hitam buram, kompak, padat-agak hancur, menyerpih, terdapat satu <i>clayband</i> .
33,2	41,5	Batulempung: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih, mengandung cerat-cerat batubara mendekati bagian atas.
41,5	45,9	Batubara B2: Hitam kusam, kompak, padat, pejal, terdapat satu <i>clayband</i> .
45,9	78	Batupasir: Putih kekuningan, abu-abu terang, padat, diameter dari halus sampai dengan kasar.
78	85,25	Batulempung: Abu-abu gelap, hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih, mengandung cerat batubara mendekati bagian atas.
85,25	95,8	Batubara C: Hitam, kompak, padat, agak hancur, terdapat tiga <i>clayband</i> .
95,8	101,52	Batupasir: Abu-abu terang, kompak, padat diameter batu pasir sedang.

Total kedalaman *logging* adalah 101,52 m, sedangkan kedalaman pemboran sedalam 102 m. Pada titik bor ini batubara yang diperoleh adalah *seam* B1, B2 dan C. Ketebalan *seam* B1 13,2 m, B2 dengan ketebalan 4,4 m, dan *seam* C memiliki ketebalan 10,55 m. Karakteristik batubara relatif berwarna hitam kusam dan rapuh. Perselingan batupasir dan lempung mendominasi pada titik bor ini. Batupasir berbutir sedang sampai halus dengan ketebalan batupasir mencapai 33 m. Lapisan batulempung dengan karakteristik umumnya mengandung cerat-cerat batubara.

Tabel 8. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK175

TITIK BOR BK175		
From (m)	To (m)	Deskripsi
0	3	<i>Open hole</i>
3	8,5	Batubara A1: Hitam buram, kompak, padat, agak hancur, menyerpih, terdapat satu <i>clayband</i> .
8,5	15	Batulempung: Putih , abu-abu terang, padat, mudah hancur
15	19,85	Batupasir Tufaan: Putih kekuningan, terang, padat, mudah, hancur bentonitan.
19,85	31,75	Batubara A2: Hitam buram, kompak, padat, agak hancur, menyerpih, terdapat satu <i>clayband</i> .
31,75	38,7	Batulempung: Abu-abu putih, terang, padat, keras, laminasi batupasir.
38,7	39,5	Batubara Suban Marker : hitam, kusam, kompak, padat, keras.
39,5	44,6	Batulempung: Abu-abu putih, terang, padat, keras, kompak, terdapat cerat batubara mendekati batubara.
44,6	56	Batubara B1: Hitam buram, kompak, padat, keras, terdapat satu <i>clayband</i> .
56	64,1	Batulempung: Abu-abu putih, kompak, padat, keras, pejal, menyerpih.
64,1	69,05	Batubara B2: Hitam kusam, kompak, padat, terdapat satu <i>clayband</i> .
69,05	109	Batupasir: Abu-abu hitam, kompak, padat, keras, batupasir halus.
109	120,75	Batubara C: Hitam kusam, kompak, padat, agak hancur, terdapat <i>clayband</i> .
120,75	127,18	Batulempung: Abu-abu gelap, kompak, padat, keras, pejal, mengandung cerat batubara mendekati bawah.

Total kedalaman *logging* adalah 127,18 m, sedangkan kedalaman pemboran sedalam 128 m. Pada titik bor ini batubara yang diperoleh adalah *seam* A1, A2, B1, B2 dan C. *Seam* A1 memiliki ketebalan 5,5 m, *seam* A2 memiliki ketebalan 11,9 m, B1 11,4 m, B2 dengan ketebalan 4,95 m, dan *seam* C memiliki ketebalan 11,75 m. Karakteristik batubara relatif berwarna hitam kusam dan rapuh. Perselingan batupasir dan lempung mendominasi pada titik bor ini. Ketebalan batupasir mencapai 40 m.

Tabel 9. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK180

TITIK BOR BK180		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	6	<i>Open hole</i>
6	16,02	Batupasir Tufaan: abu-abu keputihan, besar butir halus kasar.
16,02	27,24	Batubara A2: Hitam, kusam, agak keras, kompak, padat, terdapat sisipan resin damar.
27,24	31	Batulempung: Abu-abu kehitaman, menyerpih, agak keras-getas, kompak.
31	36,12	Batupasir lanauan: Abu-abu kehitaman, menyerpih, sedikit keras, getas, kompak, laminasi bergelombang, terdapat nodul clay iron stone.
36,12	37,12	Suban Marker: Hitam, kusam, terdapat sisipan resin.
37,12	41,23	Batupasir lanauan: Abu-abu kehitaman, menyerpih, sedikit keras, getas, kompak, laminasi bergelombang.
41,23	53,94	Batubara B1: Hitam, kusam, agak keras, pecah-pecah, kompak padat, terdapat <i>clayband</i> .
53,94	62,3	Batulempung karbonan: abu-abu kuning kehitaman, warna segar hitam, menyerpih, lunak-agak keras, getas, kompak.
62,3	66,9	Batubara B2: Hitam, kusam, agak keras pecah-pecah, kompak, padat.
66,9	92	Batupasir lanauan: Abu-abu kompak, padat, keras, laminasi bergelombang, butir pasir halus.
92	106,74	Batulempung karbonan: Abu-abu, kuning kehitaman, warna segar menyerpih, lunak, keras-getas kompak.
106,74	117,24	Batubara C: Hitam, kusam, agak keras, pecah-pecah, kompak padat, terdapat <i>clayband</i> .
117,24	119,78	Batupasir: Abu abu, kompak, padat, keras, bentonitan.

Total kedalaman *logging* adalah 119,78 m, sedangkan kedalaman pemboran sedalam 120 m. Pada titik bor ini batubara yang diperoleh adalah *seam* A2, B1, B2 dan C. *Seam* A2 memiliki ketebalan 11,22 m, B1 memiliki ketebalan 12,71 m, B2 dengan ketebalan 4,6 m, dan *seam* C memiliki ketebalan 10,5 m. Karakteristik batubara relatif berwarna hitam kusam dan rapuh. Perselingan lempung karbonan, batupasir lanauan dan lempung mendominasi pada titik bor ini. Ketebalan batupasir mencapai 26 m.

Tabel 10. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK181

TITIK BOR BK181		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	3	<i>Open hole</i>
3	11,82	Batubara A1: Hitam, kusam, kompak, padat, terdapat <i>clayband</i> .
11,82	24,06	Batupasir Tufaan: Abu-abu, kompak, padat, keras dengan butir pasir kasar.
24,06	35,92	Batubara A2: Hitam, kusam, kompak, padat, keras.
35,92	39	Batulempung: Abu-abu, kompak, padat.
39	43,98	Batupasir lanauan: Abu abu, kehijauan, kompak, padat.
43,98	45,18	Suban Marker: Hitam, kusam, terdapat sisipan resin.
45,18	51,2	Batupasir lanauan: Abu-abu, kehijauan, kompak, padat.
51,2	63,12	Batubara B1: Hitam, kusam, kompak, padat, keras, terdapat 3 <i>clayband</i> .
63,12	69,92	Batulempung: Abu-abu, kompak, padat, dengan sisipan batupasir lanauan dengan butir pasir halus.
69,92	74,36	Batubara B2: Hitam, kusam, kompak, padat, keras dengan 2 <i>clayband</i> .
74,36	106,4	Batupasir lanauan: Abu-abu, kompak, padat, keras, laminasi bergelombang dengan butir pasir halus.
106,4	114	Batulempung karbonan: Abu-abu, kehitaman, kompak, padat.
114	125,38	Batubara C: Hitam, kusam, kompak, padat.
125,38	127,26	Batulempung: Abu-abu, kompak, padat.

Total kedalaman *logging* adalah 127,26 m, sedangkan kedalaman pemboran sedalam 128 m. Pada titik bor ini batubara yang diperoleh adalah *seam* A1, A2, B1, B2 dan C. *Seam* A1 memiliki ketebalan 8,82 m, *seam* A2 memiliki ketebalan 11,86 m, B1 memiliki ketebalan 11,92 m, B2 dengan ketebalan 4,44 m, dan *seam* C memiliki ketebalan 11,38 m. Karakteristik batubara relatif berwarna hitam kusam, kompak, mengandung sisipan resin. Perselingan batupasir lanauan dan lempung mendominasi pada titik bor ini. Ketebalan batupasir mencapai 32 m dengan ukuran butir sedang sampai halus.

Tabel 11. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK184

TITIK BOR BK 184		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	7,85	<i>Open hole</i>
7,85	16,85	Batulempung: Abu-abu kehitaman, menyerpih, agak keras-getas, kompak.
16,85	24	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, lunak-keras.
24	26,9	Batulempung: Abu-abu kehitaman, menyerpih, agak keras-getas, kompak, mengandung fragmen karbon dan laminasi paralel.
26,9	29	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, lunak-keras, terdapat fragmen batulempung karbonan.
29	32,8	Batulempung karbonan: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih.
32,8	45,05	Batubara A1: hitam, coklat kehitaman, kusam, mengandung resin, rapuh mudah hancur, tingkat kekerasan sedang.
45,05	47,1	Batulempung tuffaan: coklat terang, lunak-keras, mengandung fragmen karbon, laminasi karbonan dan berinterkalasi dengan batulanau.
47,1	53,17	Batupasir: abu-abu terang, ukuran butir sedang sampai kasar, sortasi buruk, terdapat material gunung api.
53,17	64,41	Batubara A2: Hitam-hitam kecoklatan, kusam, tingkat kekerasan sedang, rapuh, mengandung resin dan terdapat satu <i>clayband</i> .
64,41	73,03	Batulempung; abu-abu, keras, mengandung fragmen karbon, kekerasan sedang, laminasi batulanau, pasir dan batulempung
73,03	74,08	Suban Marker: Hitam, kusam, terdapat sisipan resin, rapuh.
74,08	78,61	Batulanau: abu-abu gelap, keras, laminasi batulempung, tingkat kekerasan sedang.
78,61	90,91	Batubara B1: Batubara B1: Hitam, kusam, kompak, padat, keras, terdapat 3 <i>clayband</i> .
90,91	95,2	Batulanau: abu-abu gelap, keras, laminasi batulempung, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen karbon.
95,2	98,1	Batulempung karbonan: Abu-abu gelap hijau, kompak, padat, pejal, menyerpih.
98,1	102,3	Batubara B2: Hitam, kusam, kompak, padat, keras dengan 2 <i>clayband</i> , interkalasi dengan batulempung.
102,3	103,2	Batulempung: Abu-abu, kompak, padat.
103,2	106,2	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, paralel laminasi dengan batupasir terang, laminasi karbon pada bagian atas.

TITIK BOR BK 184		
Kedalaman (m)		Deskripsi
106,2	123	Batupasir: Abu-abu sampai abu-abu kehijauan, kompak, padat, keras, batupasir halus, sortasi baik.
123	125,32	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, paralel laminasi dengan batupasir terang.
125,32	138,48	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang.
138,48	149,04	Batubara C: Hitam, rapuh, tingkat kekerasan sedang, mengandung resin, terdapat 3 <i>clayband</i> .
149,04	149,86	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara.
149,86	150,56	Batubara: hitam, hitam kecoklatan, rapuh, kusam, mengandung resin, terdapat satu <i>clayband</i> .
150,56	153,74	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, interkalasi dengan batulanau, mengandung fragmen karbon.

Total kedalaman *logging* adalah 153,74 m, sedangkan kedalaman pemboran sedalam 154 m. Pada titik bor ini batubara yang diperoleh adalah *seam* A1, A2, B1, B2 dan C. *Seam* A1 memiliki ketebalan 11,23m, *seam* A2 memiliki ketebalan 11,24 m, B1 memiliki ketebalan 12,3 m, B2 dengan ketebalan 4,2 m, dan *seam* C memiliki ketebalan 10,58 m. Karakteristik batubara relatif berwarna hitam kusam, kompak, tingkat kekerasan sedang, mengandung sisipan resin. Perselingan batupasir, batulanau, batulempung dan batulempung karbonan mendominasi pada titik bor ini. Ketebalan batupasir mencapai 17 m dengan ukuran butir sedang sampai halus. Bagian bawah dikuasai oleh satuan batulempung, kemudian pada semakin ke atas batuan didominasi perselingan antara batulempung dan batulanau dengan laminasi batupasir.

Tabel 12. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK186

TITIK BOR BK186		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	6	<i>Open hole</i>
6	7,4	<i>Lose Core</i>
7,4	37,2	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, interkalasi dengan batulanau.
37,2	43,2	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara.
43,2	48,3	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, interkalasi dengan batulanau, mengandung fragmen karbon.
48,3	58,8	Batubara A1: hitam, kusam, kompak, padat, hancur, menyerpih, terdapat tiga sisipan <i>clayband</i> .
58,8	60,12	Batulanau: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang.
60,12	63,3	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara.
63,3	68,4	Batupasir tuffaan: abu-abu, ukuran butir halus sampai sedang, sortasi buruk, tingkat kekerasan sedang.
68,4	79,4	Batubara A2: Hitam-hitam kecoklatan, kusam, tingkat kekerasan sedang, rapuh, mengandung resin dan terdapat satu <i>clayband</i> .
79,4	82,2	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, agak kehitaman, interkalasi dengan batulanau, mengandung fragmen karbon.
82,2	87	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, mengandung fragmen karbon, interkalasi dengan batupasir.
87	88	Batubara suban marker: Hitam, kusam, rapuh, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen karbon.
88	91,15	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara.
91,15	92,15	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, mengandung fragmen karbon, interkalasi dengan batupasir, laminasi batubara.
92,15	105,2	Batubara B1: Hitam, kusam, rapuh, tingkat kekerasan sedang, mengandung resin.
105,2	106,8	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara.

TITIK BOR BK186		
Kedalaman (m)		Deskripsi
106,8	112,5	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, mengandung fragmen karbon, interkalasi dengan batulanau, laminasi batubara.
112,5	116,2	Batubara B2: Hitam, kusam, rapuh, tingkat kekerasan sedang, mengandung resin, laminasi tipis batulempung.
116,2	118,2	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara.
118,2	121,2	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara, laminasi pasir pada bagian bawah.
121,2	129,4	Batupasir: Abu-abu sampai abu-abu kehijauan, kompak, padat, keras, batupasir halus, sortasi buruk, paralel dan laminasi bergelombang, laminasi batulanau dan lempung.
129,4	132,05	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara, laminasi pasir pada bagian bawah.
132,05	133,2	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara, laminasi pasir.
133,2	145,15	Batupasir: Abu-abu sampai abu-abu kehijauan, kompak, padat, keras, batupasir halus, sortasi buruk, paralel dan laminasi bergelombang, laminasi batulanau dan lempung.
145,15	149,8	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara, laminasi batubara, kompak.
149,8	156,45	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, agak kehitaman, interkalasi dengan batulanau, mengandung fragmen karbon.
156,45	156,9	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara, laminasi pasir.
156,9	167,6	Batubara C: Hitam, agak terang, rapuh, tingkat kekerasan sedang, mengandung resin.
167,6	172,6	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, agak kehitaman, interkalasi dengan batulanau, mengandung fragmen karbon.

Tabel 13. Interpretasi *lithologi* Titik Bor BK187

TITIK BOR BK187		
Kedalaman (m)		Deskripsi
0	3	<i>Open hole</i>
3	5,92	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara, laminasi batubara pada bagian bawah.
5,92	10,4	Batubara B2: Hitam, kusam, kompak, padat, keras dengan 2 <i>clayband</i> , interkalasi dengan batulempung, mengandung resin.
10,4	13,32	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, agak kehitaman, interkalasi dengan batulanau, mengandung fragmen karbon.
13,32	15,2	Batupasir: abu-abu sampai abu-abu kehijauan, kompak, padat, keras, batupasir halus, sortasi buruk, paralel dan laminasi bergelombang, laminasi batulanau dan lempung.
15,2	30,94	Batulanau: abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara, laminasi batupasir, kompak.
30,94	34,84	Batupasir: abu-abu sampai abu-abu kehijauan, ukuran butir medium, tingkat kekerasan sedang, laminasi batulanau, laminasi batulempung pasa bagian bawah, laminasi paralel dan bergelombang.
34,84	48,14	Batulempung karbonan: abu-abu gelap, agak kehitaman, interkalasi dengan batulanau, mengandung fragmen karbon.
48,14	59,26	Batubara C: Hitam, agak terang, rapuh, tingkat kekerasan sedang, mengandung resin.
59,26	60,96	Batulempung: Abu-abu sampai abu-abu sampai abu-abu gelap, tingkat kekerasan sedang, mengandung fragmen batubara, laminasi pasir.
60,96	64,94	Batupasir: abu-abu sampai abu-abu kehijauan, kompak, padat, keras, batupasir halus, sortasi buruk, paralel dan laminasi bergelombang, laminasi batulanau dan lempung, mengandung fragmen karbon.

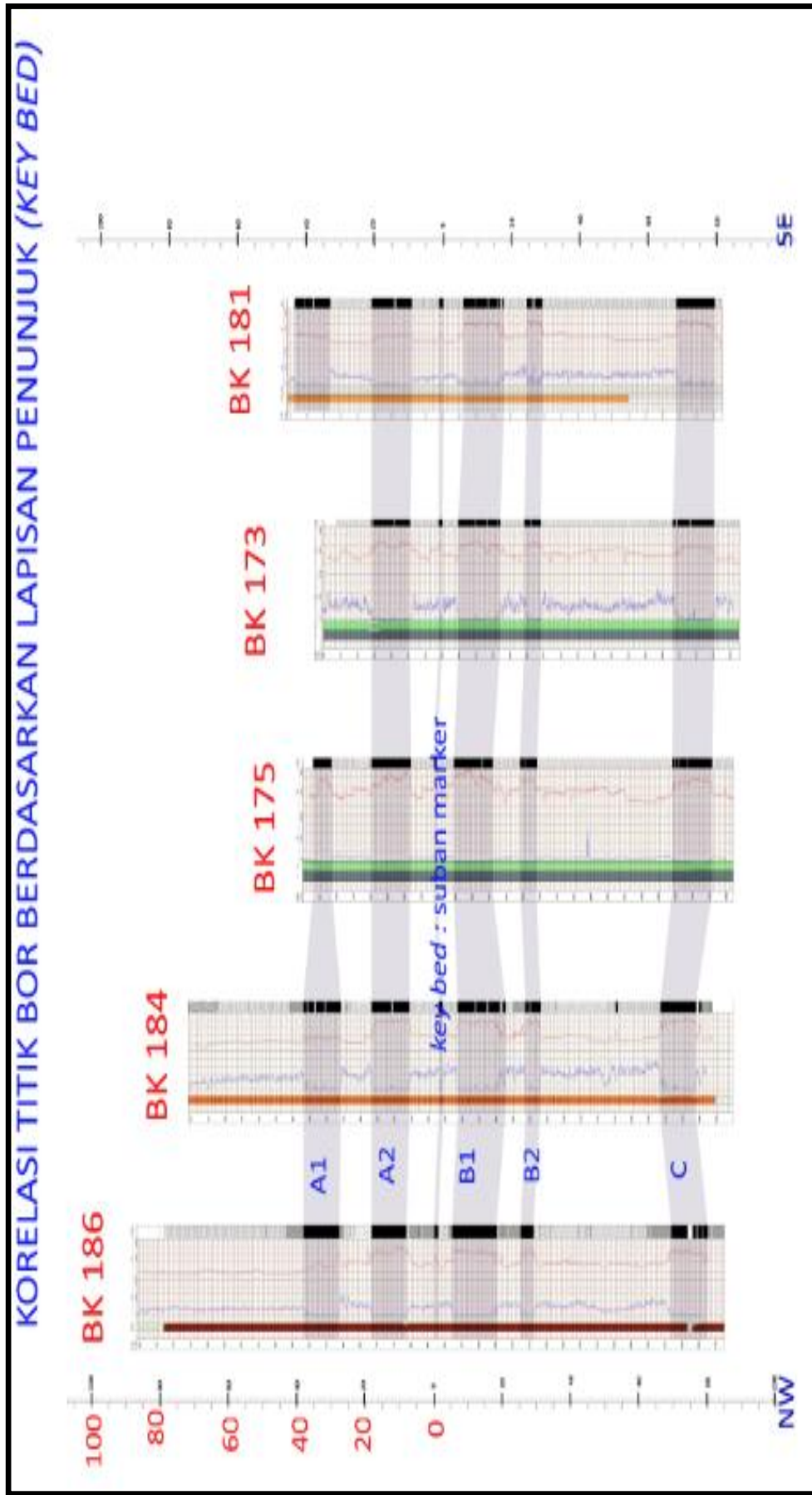
Interpretasi ini selanjutnya digunakan untuk korelasi dan digunakan untuk analisa lingkungan pengendapan batubara dengan melihat suatu geometri atau karakteristik dari batuan sedimen.

3. Korelasi Penampang 2D Berdasarkan *Key Bed* dan Elevasi.

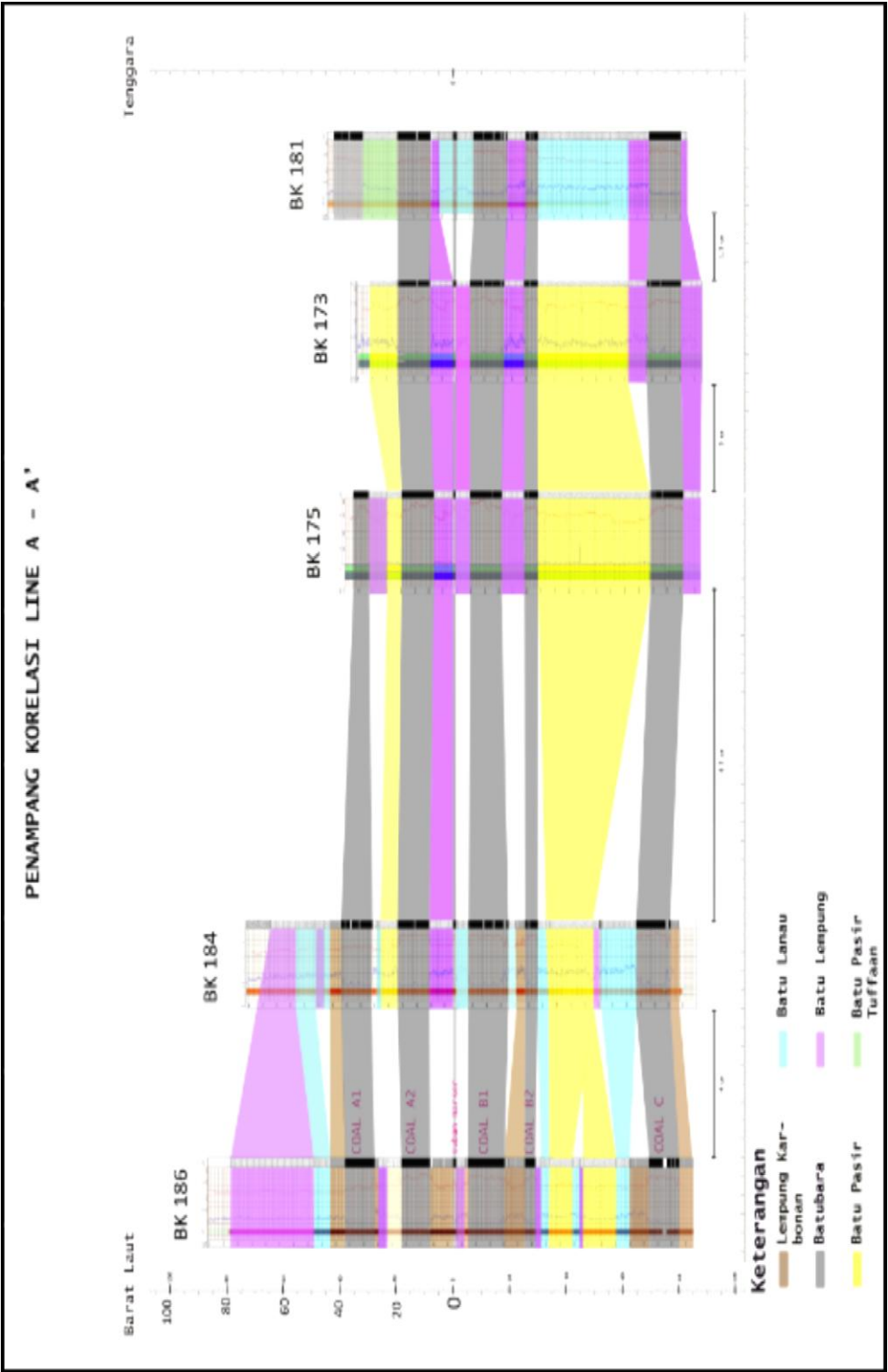
Lapisan sedimen diendapkan secara menerus dan berkesinambungan sampai batas cekungan sedimentasinya. Penerusan bidang perlapisan adalah penerusan bidang kesamaan waktu (waktu pengendapan) atau merupakan dasar dari prinsip korelasi. Dalam pembuatan penampang korelasi struktur dengan cara membuat profil dari setiap *cross line*, setiap titik bor diletakkan pada sayatan sesuai jarak masing-masing. Skala vertikal dan horizontal dibuat sama. Setelah itu baru dibuat korelasi setiap lapisan batuan. Profil penampang korelasi struktur ini dibuat dengan program *Adobe Photoshop CS2*. Profil korelasi struktur 2D ini bertujuan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dan melihat kemenerusan lapisan batubara serta batuan yang berada pada *roof* dan *floor* batubara tersebut. Korelasi yang penulis lakukan dengan berdasarkan lapisan penunjuk (*key bed*) dan berdasarkan ketinggian (mdpl) masing-masing titik bor. Alasan penggunaan lapisan penunjuk untuk mengetahui lapisan batubara yang berada pada *seam* yang sama, sehingga dapat dilihat kondisi bawah permukaan pada awal pembentukan (yang belum mengalami deformasi, atau terkena pengaruh lain). Sedangkan untuk korelasi 2D dengan melihat nilai dari elevasi titik bor maka kondisi bawah permukaan akan berbeda dengan korelasi berdasarkan lapisan penunjuk, karena dalam korelasi ini, dapat dilihat struktur yang telah mengalami tekanan sehingga kondisi bawah permukaannya tidak lagi seperti pada kondisi awal pembentukan.

a. Profil penampang korelasi struktur berdasarkan lapisan penunjuk (*key bed*).

Penulis melakukan korelasi pada titik bor BK186, BK184, BK 175 dan BK181 dengan arahan Barat Laut – Tenggara.



Gambar 32. Penampang korelasi *seam* batubara berdasarkan lapisan penunjuk



Gambar 33. Penampang korelasi antar *lithologi* berdasarkan lapisan penunjuk

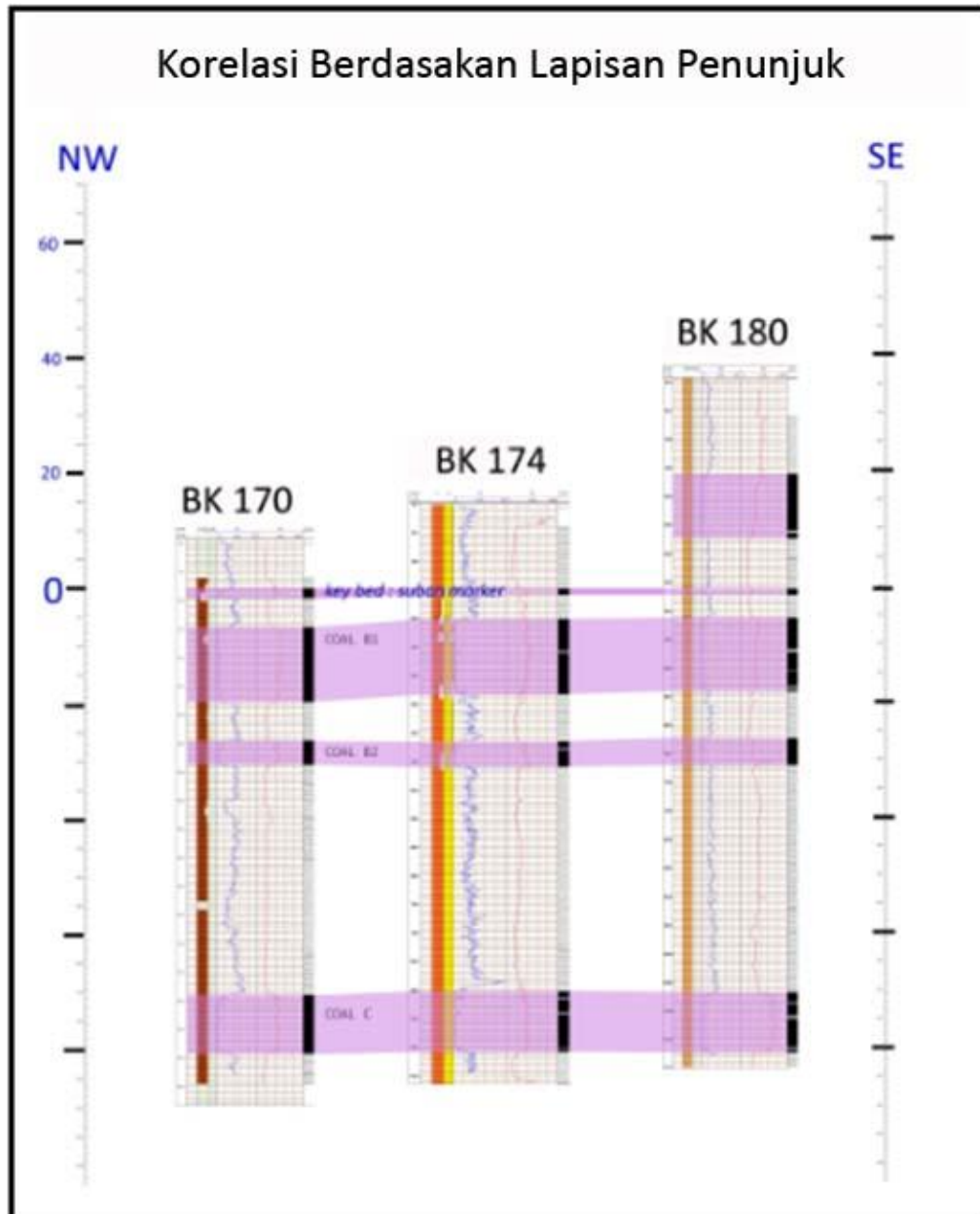
Gambar 32 dan 33 merupakan hasil dari korelasi yang telah dilakukan, lapisan batubara *suban marker* disini sebagai lapisan penunjuk. Batubara *suban marker* ditempatkan pada posisi elevasi 0 mdpl, tujuannya adalah melihat kemenerusan dari masing-masing *seam* batubara. Gambar 32 hasil korelasi antar *seam* batubara saja, sedangkan Gambar 33 korelasi variasi runtunan dari semua *lithologi*.

Hasil korelasi antar kelima lubang bor berdasarkan lapisan penunjuk, menunjukkan bahwa keberadaan batubara secara lateral kemungkinan terkontrol oleh adanya struktur sesar normal. Perbedaan litologi antara *roof* dan *floor* batubara juga terlihat jelas pada hasil korelasi dari beberapa titik lubang bor.

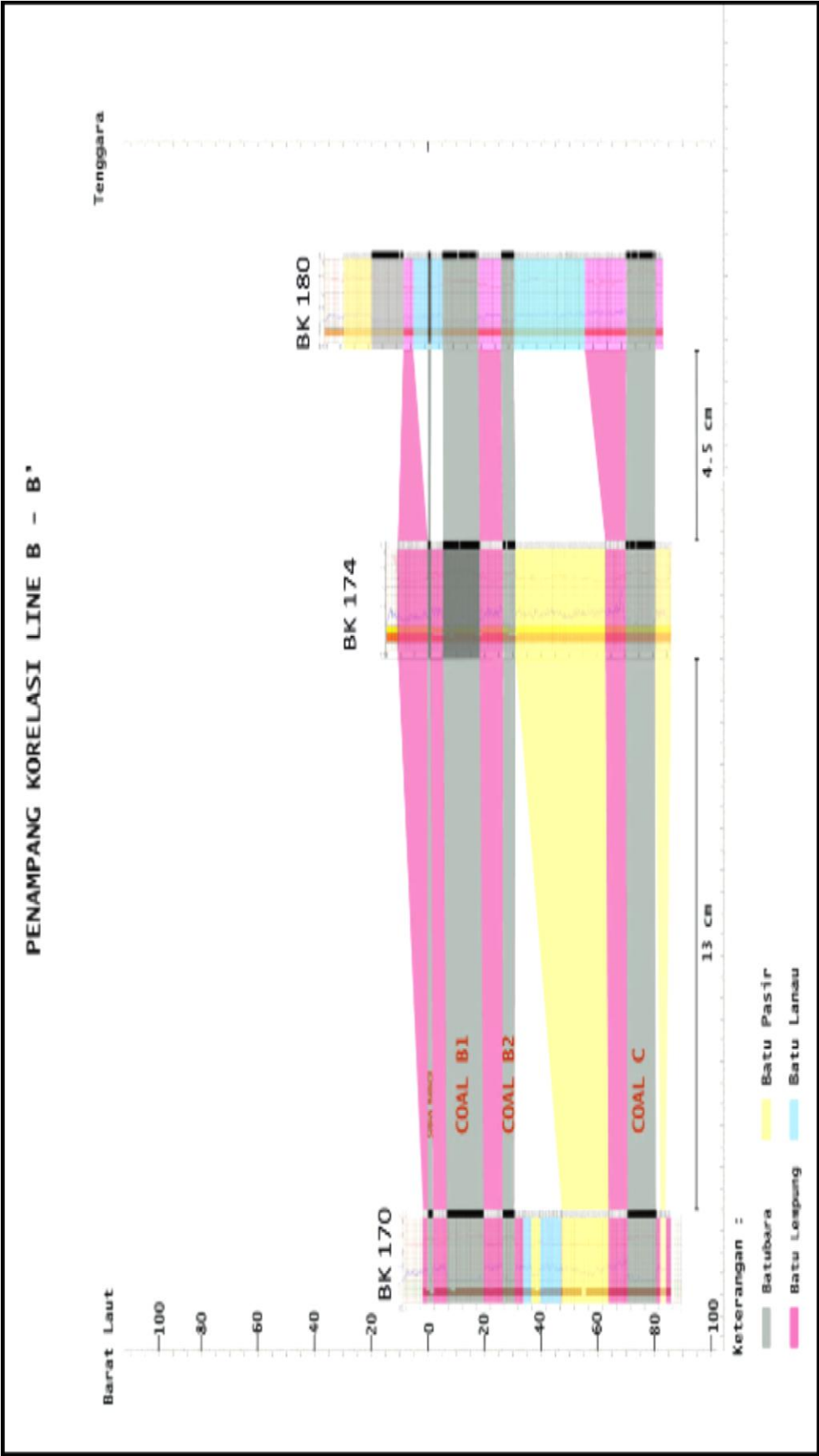
Ketebalan tiap lapisan batubara yang memiliki *seam* yang sama, memiliki ketebalan yang relatif sama. Sedangkan batuan yang banyak dijumpai pada korelasi tersebut adalah lapisan batupasir (*sandstone*) dan lempung (*claystone*).

Korelasi antar titik bor pada lapisan batubara dan *lithologi* penulis lakukan kembali pada titik bor BK170, BK174 dan BK180.

Gambar 34 merupakan hasil korelasi untuk titik bor BK170, BK174 dan BK180 untuk *seam* batubara saja, sedangkan Gambar 35 merupakan hasil korelasi antar *lithologi*.



Gambar 34. Penampang korelasi antar *seam* batubara berdasarkan lapisan penunjuk (*key bed*).

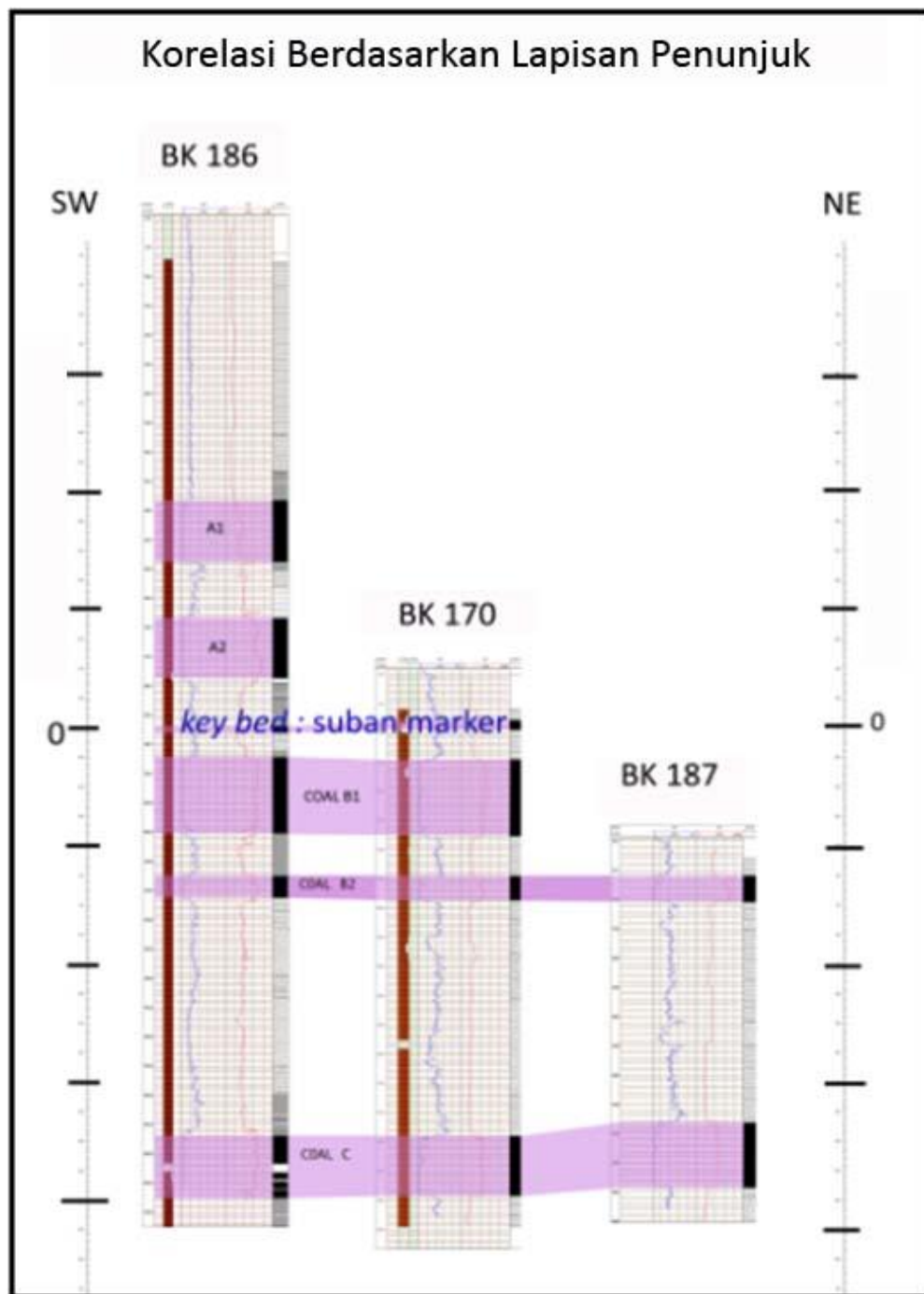


Gambar 35. Penampang korelasi antar *lithologi* berdasarkan lapisan penunjuk

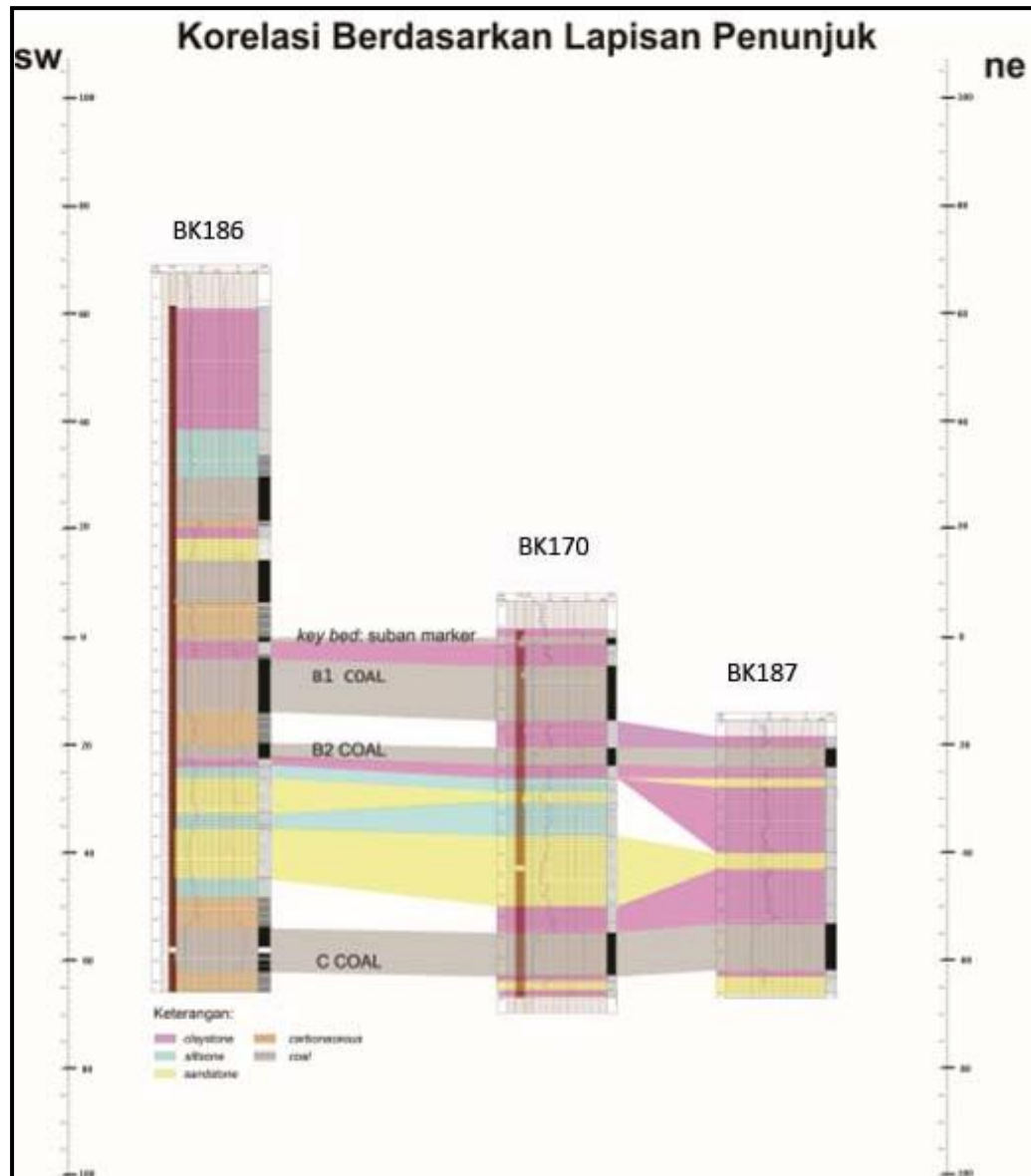
Bagian bawah satuan batuan pembawa batubara dikuasai oleh batupasir (*sandstone*), lanau (*siltstone*) dan lempung (*claystone*). Sedangkan semakin ke atas satuan pembawa batubara dikuasai oleh batupasir (*sandstone*) dan lempung (*claystone*). Ketebalan masing–masing *seam* batubara relatif sama.

Korelasi antar titik bor pada lapisan batubara dan *lithologi* penulis lakukan kembali pada titik bor BK186, BK170 dan BK187. Gambar 36 untuk *seam* batubara saja, sedangkan Gambar 37 merupakan hasil korelasi antar *lithologi*.

Variasi *lithology* terdiri atas batupasir (*sandstone*), *carbonaceous*, *coal*, *siltstone*, dan *claystone*. Ketebalan batubara dari hasil korelasi menunjukkan tebal yang relatif sama pada masing–masing *seam*. Arah endapan lapisan batuan sedimen semakin ke Timur Laut mengalami penebalan pada lapisan *claystone*, sedangkan batupasir (*sandstone*) mengalami penipisan. Batubara dari hasil korelasi dengan menggunakan lapisan penunjuk *yaitu suban marker* relatif memiliki ketebalan yang sama. Sedangkan pada sedimen lain mengalami perubahan *lithologi* (fasies).



Gambar 36. Penampang korelasi antar *seam* batubara berdasarkan lapisan penunjuk (*key bed*).



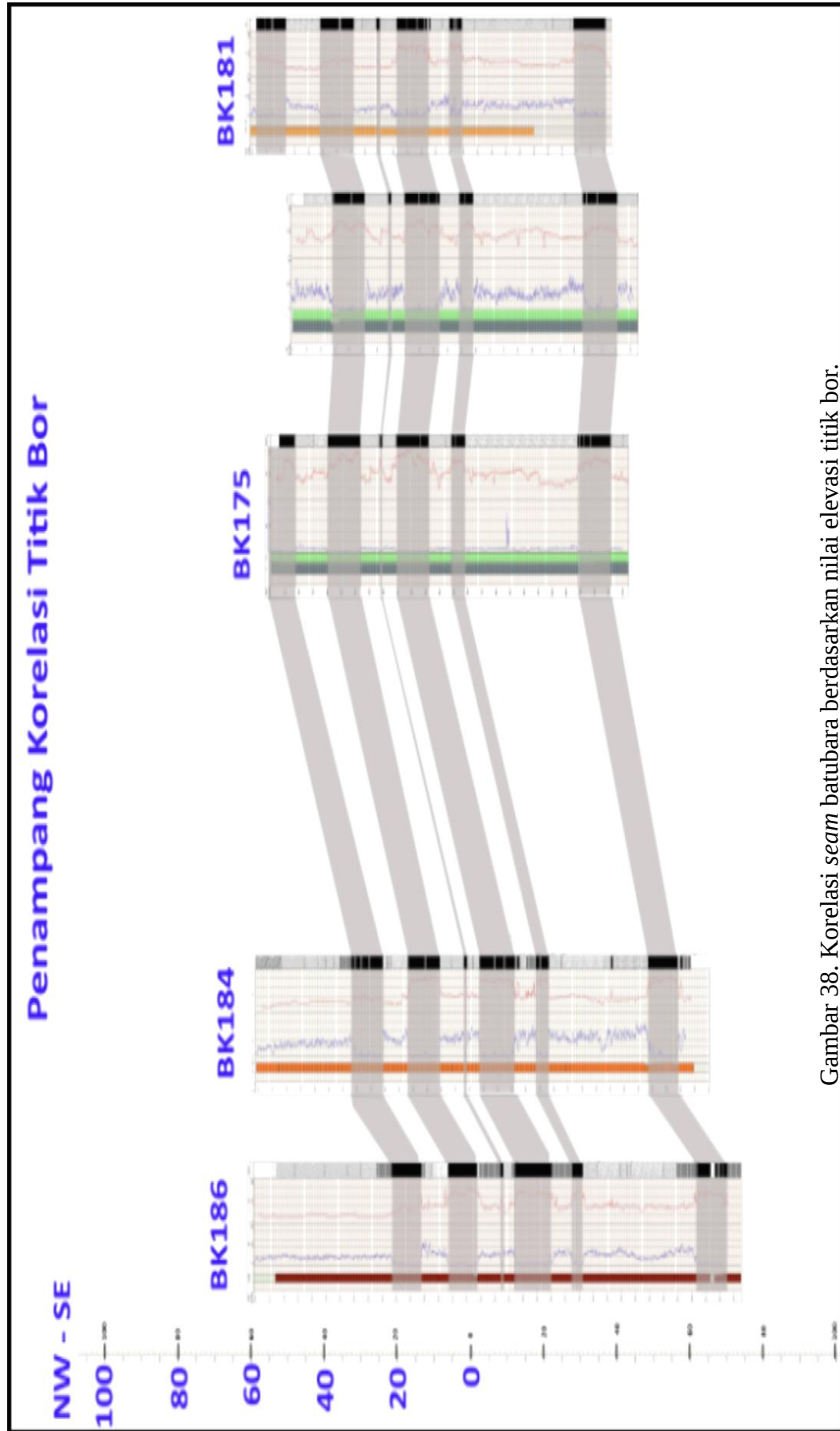
Gambar 37. Penampang korelasi antar *lithologi* berdasarkan lapisan penunjuk (*key bed*).

b. Korelasi berdasarkan elevasi setiap titik bor.

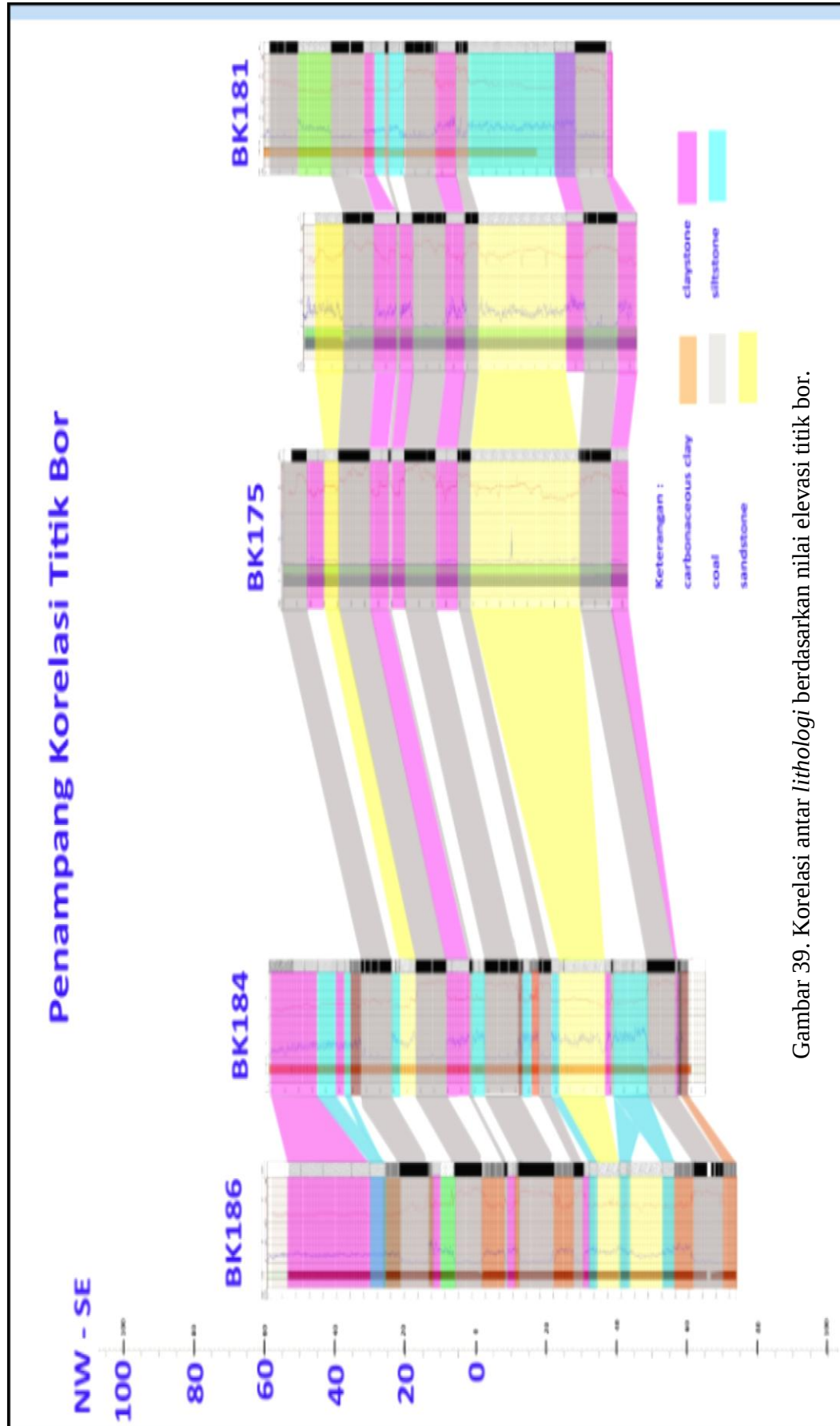
Gambar 38, 39 dan 40 merupakan hasil korelasi berdasarkan elevasi setiap titik bor. Perbedaan antara korelasi dengan menggunakan lapisan penunjuk adalah untuk mengetahui perbedaan yang terjadi. Jika pada lapisan penunjuk lapisan batubara cenderung memiliki kemenerusan secara lateral pengendapan batubaranya sedangkan korelasi ini berdasarkan elevasi sekarang, sehingga dapat diketahui jika adanya aktivitas tektonik, maka batubara tidak menerus (mengalami patahan).

Gambar 38 merupakan hasil penampang korelasi 2D berdasarkan elevasi masing-masing titik bor terhadap lapisan (*seam*) batubara saja serta Gambar 39 korelasi terhadap masing-masing *lithologi* batuan sedimen.

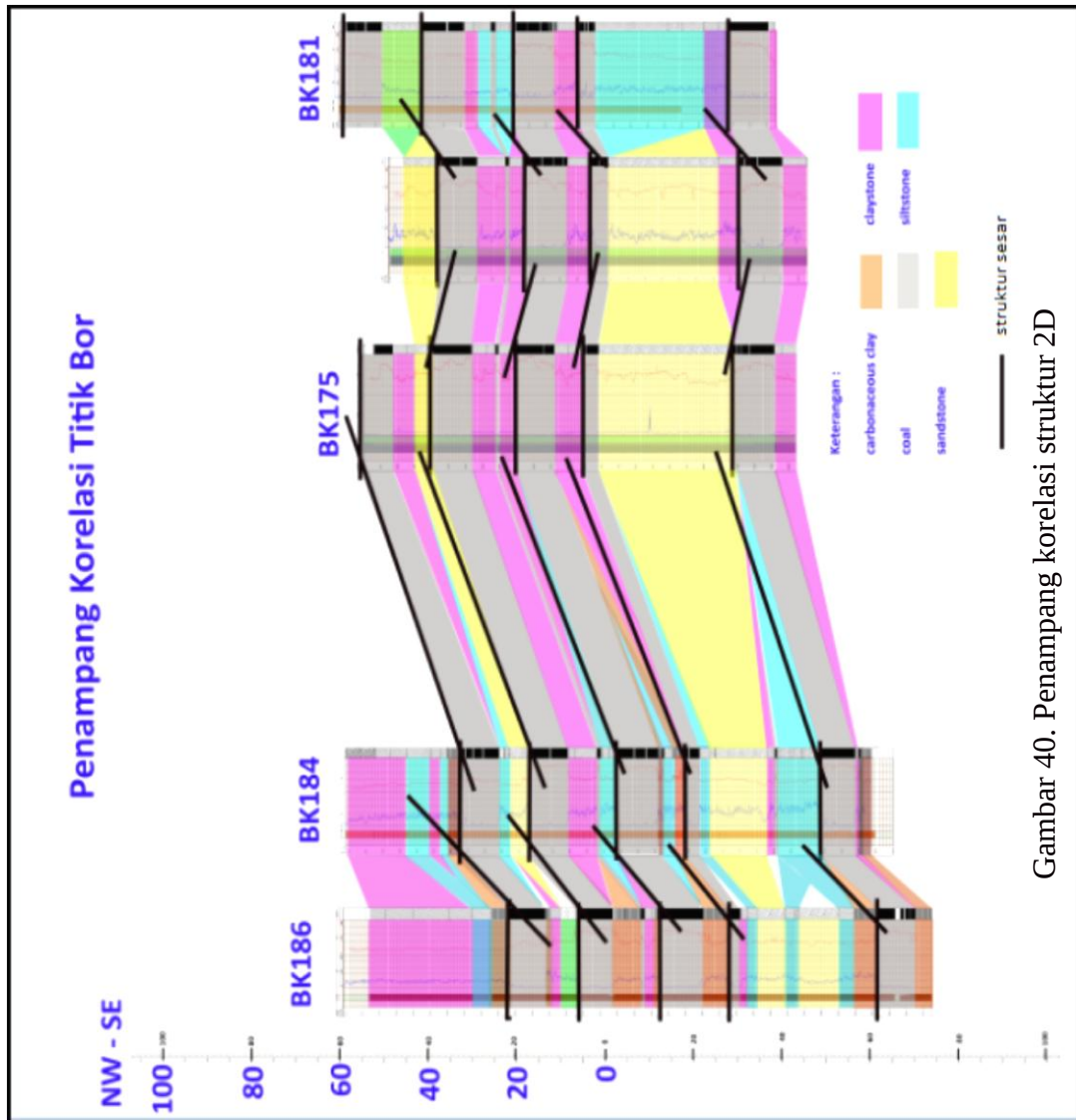
Berdasarkan korelasi menggunakan ketinggian titik bor, dapat dilihat dari arah Barat Laut ke Timur Tenggara, keberadaan batubara mengalami patahan. Titik bor BK185, BK184, BK175, BK173, dan BK181 relatif memiliki ketinggian yang hampir sama yaitu untuk ketinggian BK186 adalah 63.33 mdpl, BK184 ketinggiannya adalah 59 mdpl, BK175 ketinggiannya adalah 58 mdpl, BK173 ketinggiannya adalah 52.9 mdpl, dan BK181 ketinggiannya adalah 65 mdpl. Penyebaran batubara tidak merata dikarenakan mengalami patahan.



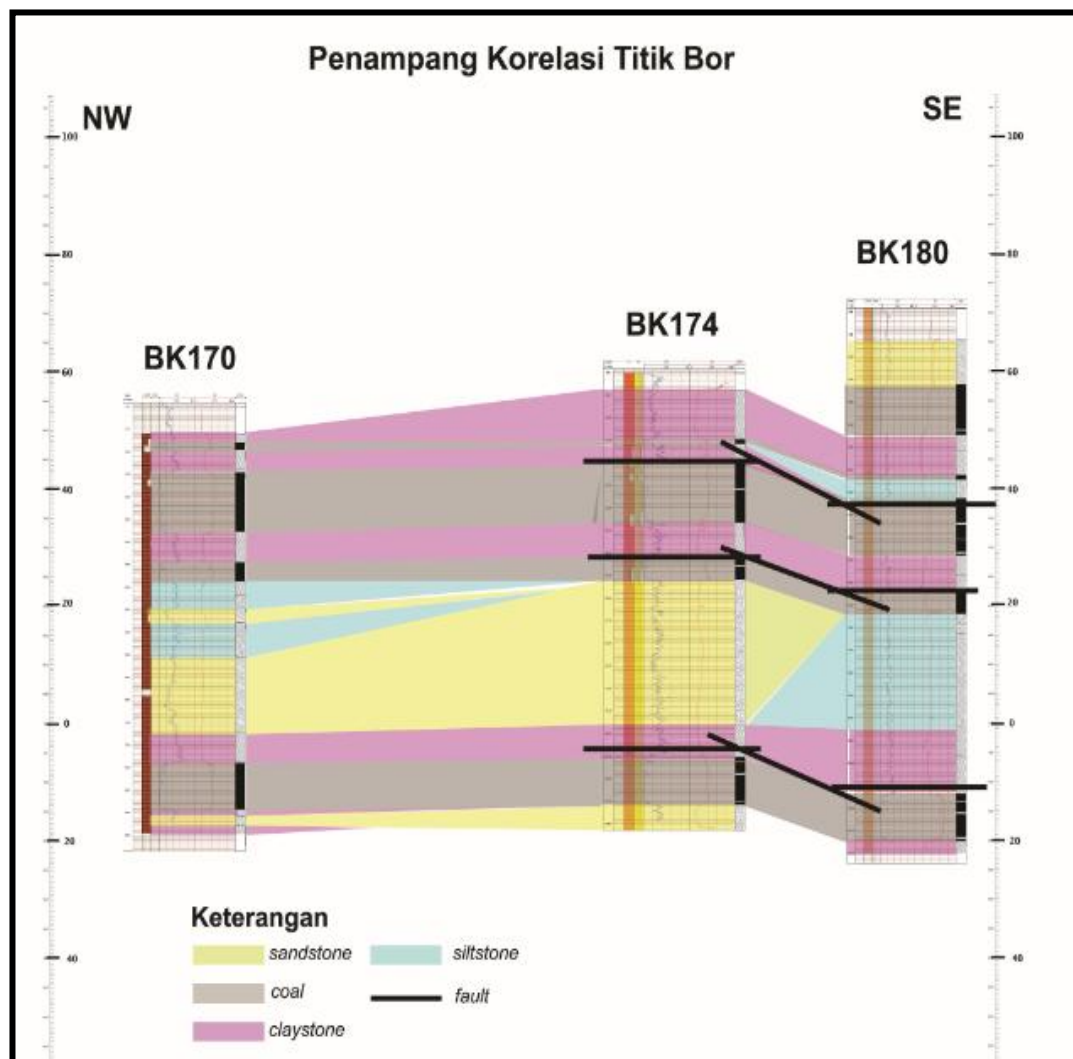
Gambar 38. Korelasi *seam* batubara berdasarkan nilai elevasi titik bor.



Gambar 39. Korelasi antar *lithologi* berdasarkan nilai elevasi titik bor.



Gambar 40. Penampang korelasi struktur 2D

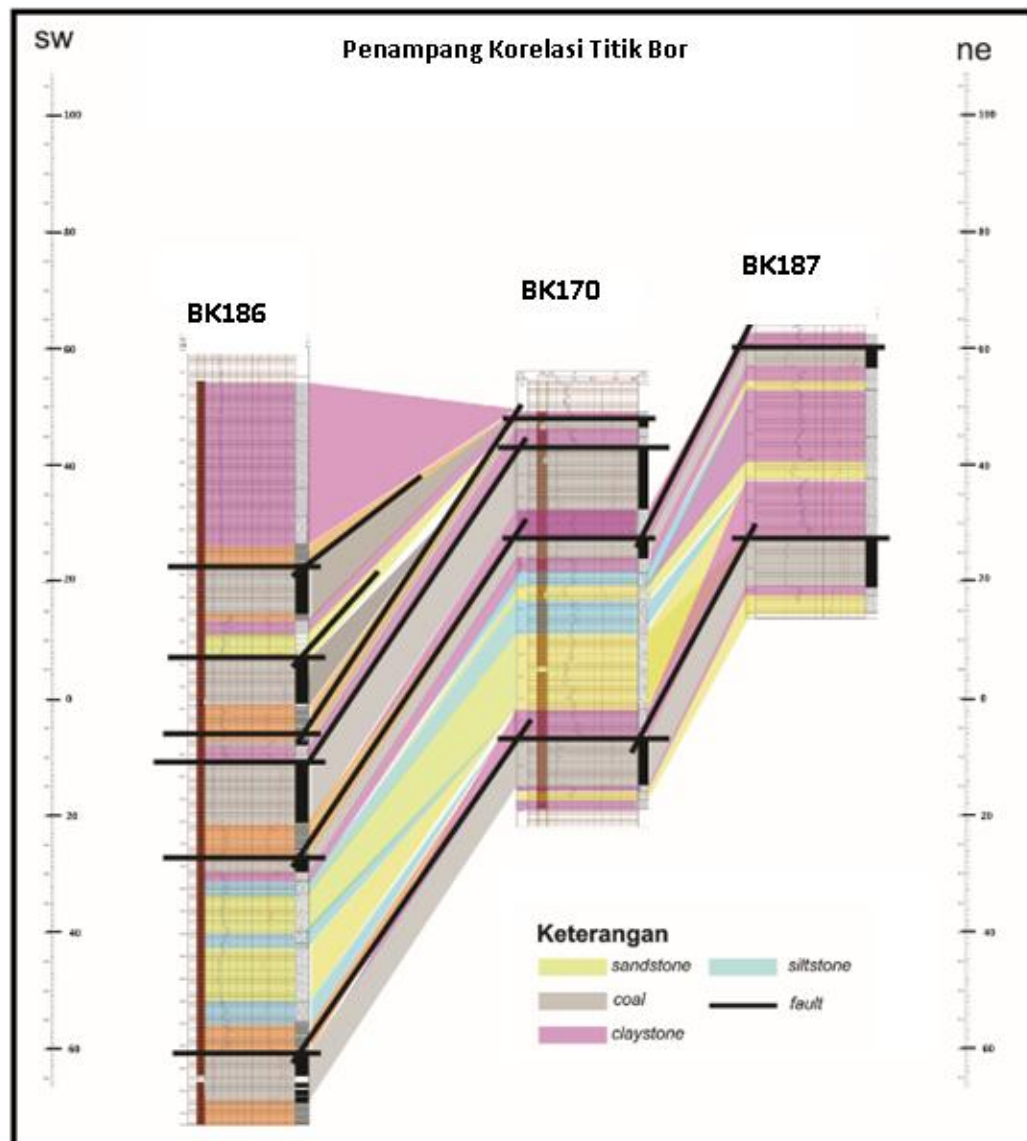


Gambar 41. Penampang korelasi stuktur 2D

Korelasi yang dilakukan pada titik bor BK170, BK174, dan BK180 dengan ketinggian (elevasi) BK170 adalah 54 mdpl, BK174 ketinggiannya adalah 59 mdpl, dan BK180 ketinggiannya adalah 71 mdpl, diketahui bahwa penyebaran endapan sedimen hampir merata di semua titik bor dari arah Barat Laut ke Tenggara. Perubahan lapisan sedimen terjadi pada bagian bawah. Lapisan batupasir (*sandstone*) dan lanau (*siltstone*) mengalami perubahan endapan.

Batulanau (*siltstone*) menipis ke arah bagian Tenggara, sedangkan batupasir (*sandstone*) mengalami penebalan kemudian terputus secara lateral. Lapisan tersebut mengalami pergeseran lapisan batuan karena gaya tektonik sehingga menyebabkan terjadinya sesar atau patahan, terlihat pada bagian Tenggara yang lapisan batumannya mengalami patahan.

Dapat dilihat bahwa, semakin ke Tenggara, batuan sedimen semakin mengalami penebalan dan mengalami perubahan *lithologi*. Dalam keadaan normal suatu lapisan sedimen tidak mungkin terpotong secara lateral dengan tiba-tiba, kecuali oleh beberapa sebab yang menyebabkan terhentinya kesinambungan lateral. Dari hasil korelasi yang dilakukan, beberapa lapisan sedimen mengalami terputusnya lapisan. Hal ini dapat diduga karena menipisnya suatu lapisan batuan pada suatu cekungan sedimentasinya, mengalami perubahan fasies pengendapan, ketidakselarasan yang membentuk sudut dengan batuan di atasnya, atau dikarenakan karena pergeseran lapisan batuan karena gaya tektonik yang menyebabkan terjadinya sesar atau patahan.



Gambar 42. Penampang korelasi struktur 2D

Korelasi struktur 2D penulis lakukan pada titik bor BK186, BK170, dan BK187 dengan ketinggian (elevasi) BK186 adalah 60.33 mdpl, BK170 ketinggiannya adalah 54 mdpl, dan BK187 ketinggiannya adalah 65 mdpl, diketahui bahwa penyebaran endapan sedimen tidak merata dari arah Barat Daya ke Timur Laut.

Hampir semua *seam* batubara mengalami patahan dan lapisan sedimen mengalami penipisan dari arah Barat Daya ke Timur Laut.

Dari hasil korelasi dengan menggunakan lapisan penunjuk dan dengan menggunakan elevasi sekarang, diketahui bahwa lapisan batuan mengalami perubahan secara mencolok. Pada proses awal pengendapan, lapisan sedimen mengalami kemenerusan secara lateral, karena diendapkan secara terus menerus. Lapisan sedimen diendapkan secara menerus dan berkesinambungan sampai batas cekungan sedimentasinya. Sedangkan dari hasil korelasi menggunakan elevasi banyak terjadi terhentinya kesinambungan lapisan secara lateral dikarenakan oleh gaya tektonik sehingga lapisan mengalami deformasi dan patahan.

Dari hasil korelasi dapat diketahui bahwa setiap *seam* batubara, memiliki karakteristik *roof* dan *floor* yang berbeda.

Tabel 14. Karakteristik *roof* dan *floor* tiap *seam* batubara

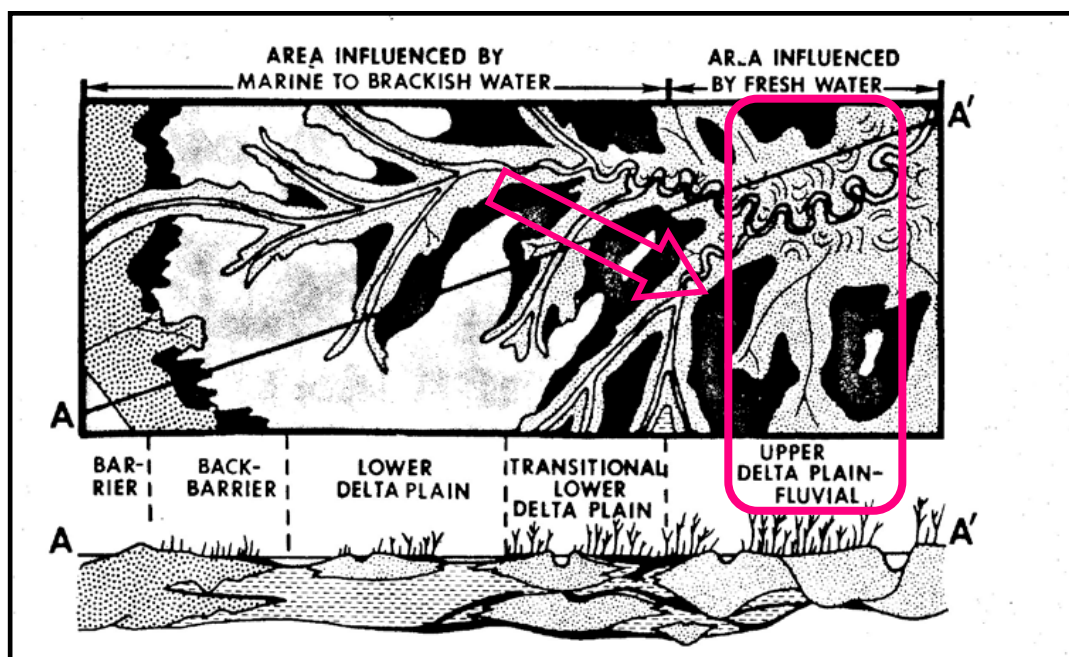
<i>Seam</i>	<i>Roof</i>	<i>floor</i>
A1	<i>carbonaceous claystone</i> (batulempung karbonan)	<i>sandstone</i> (batupasir)
A2	<i>sandstone</i> (batupasir)	<i>claystone</i> (batulempung)
B1	<i>claystone</i> (batulempung)	<i>claystone</i> (batulempung)
B2	<i>sandstone</i> (batupasir)	<i>siltstone</i> (batulanau)
C	<i>siltstone / claystone</i> (batulanau / batulempung)	<i>carbonaceous/claystone</i> (batulempung karbonan / lempung)

d. Analisis Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Data *Log* dan *Core*

Beberapa pakar membagi lingkungan pengendapan berdasarkan versi masing-masing. Selley (1988) misalnya, membagi lingkungan pengendapan menjadi 3

bagian besar: darat, peralihan dan laut sedangkan penulis disini menganalisis model lingkungan pengendapan batubara berdasarkan model Horne, 1978 dengan mengikuti pola defleksi grafik *log GR*.

Analisis lingkungan pengendapan batubara menurut model Horne, 1987 adalah lingkungan pengendapan *Upper Delta Plain-Fluvial*. Hal ini ditunjukkan dengan keberadaan batubara tebalnya dapat mencapai lebih dari 10 m di daerah penelitian, kemudian dari hasil analisis deskripsi *lithologi* batuan diketahui bahwa batupasir semakin ke atas berbutir halus dan juga dapat ditunjukkan dengan adanya pola *log* sumur yang sesuai dengan pola yang ada pada lingkungan pengendapan *Upper Delta Plain-Fluvial* menurut Horne, 1987 (Gambar 43).

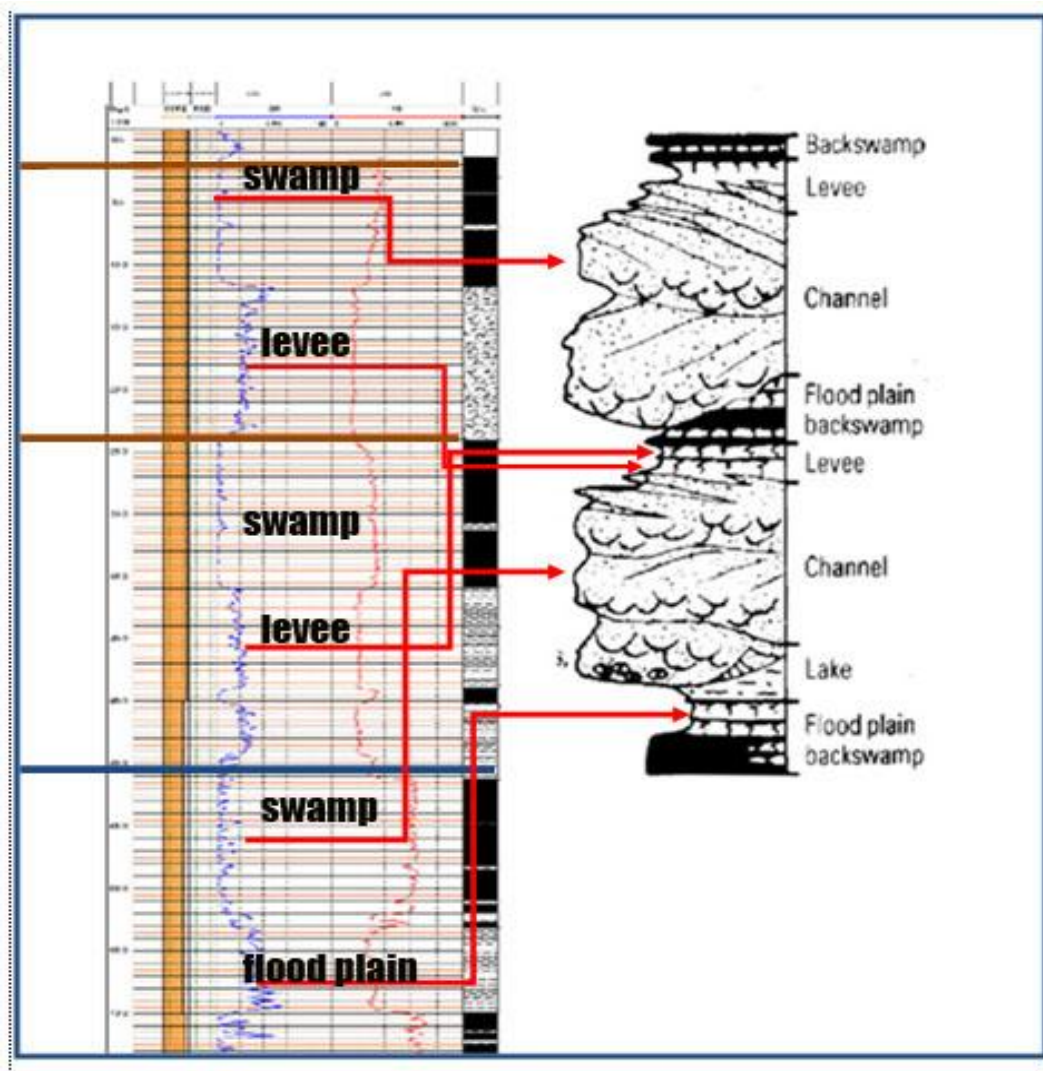


Gambar 43. Lingkungan Pengendapan daerah penelitian

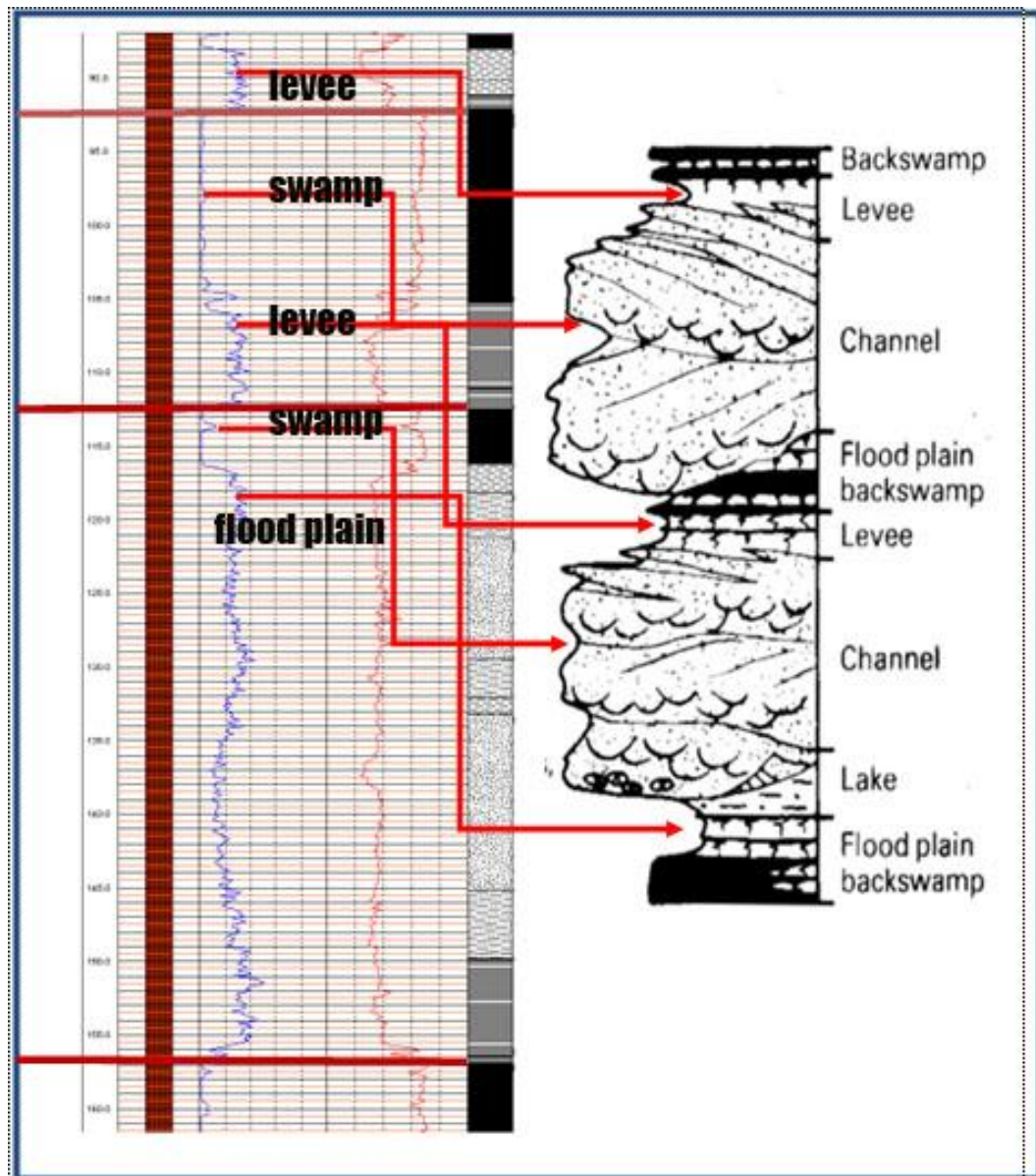
Lingkungan pengendapan tidak dapat ditafsirkan hanya berdasarkan suatu aspek fisik dari batuan saja. Oleh karena itu untuk menganalisis lingkungan pengendapan harus ditinjau mengenai struktur sedimen, ukuran butir (*grain size*),

kandungan fosil, kandungan mineral, runtunan tegak dan hubungan lateralnya, geometri serta distribusi batuan. Daerah penelitian merupakan daerah pengendapan delta dimana ketika sebuah sungai memasuki laut dan terjadi penurunan kecepatan secara drastis, yang diakibatkan bertemunya arus sungai dengan gelombang, maka endapan-endapan yang dibawanya akan terendapkan secara cepat dan terbentuklah sebuah delta.

Gambar 44 dan 45 merupakan hasil analisis lingkungan pengendapan pada lingkungan delta, dengan mengikuti pola *log* dengan berdasarkan lingkungan pengendapan menurut Horne, 1978.



Gambar 44. Identifikasi pengendapan *log* titik bor BK181 berdasarkan model Horne, 1978



Gambar 45. Identifikasi pengendapan *log* titik bor BK186 berdasarkan model Horne, 1978

Pada Gambar 44 dan 45 *log* sumur menunjukkan pola menghalus keatas yang menunjukkan adanya endapan *channel*, *swamp*, *levee* dan *flood plain*. Masing-masing lingkungan pengendapan dapat diketahui dari *lithologi* dan struktur

sedimen. Endapan *channel* dicirikan oleh batupasir dengan struktur sedimen *parallel lamination* (hal ini telah di bahas pada deskripsi *lithologi*). Endapan *channel* yang berasosiasi dengan endapan *swamp* merupakan jenis endapan yang lingkungan pengendapannya terendam air dimana lingkungan seperti ini sangat cocok untuk akumulasi gambut. Secara lateral endapan *channel* akan berangsur berubah menjadi endapan *flood plain* dan diantara endapan *channel* dan *flood plain* terdapat endapan *levee*. *Levee* dicirikan oleh sortasi yang buruk dapat dilihat dari pola grafik *log* yang *irregular*, akan tetapi ukuran butir batupasir (*sandstone*) semakin ke atas semakin halus. Perlapisan dan perselingan batupasir dan batulanau yang tidak teratur. Batubara pada daerah ini mengalami pemisahan (*splitting*), yang merupakan akibat dari pengendapan *channel*. Struktur sedimennya adalah laminasi sejajar (*parallel lamination*), menandakan bahwa pada bagian bawah terbentuk pada *flood plain area*. *Flood plain area* dicirikan oleh batulanau (*siltstone*) dan batulempung (*claystone*).

Daerah penelitian yang merupakan lingkungan *Upper Delta Plain* yaitu bagian yang ke arah darat dari suatu delta merupakan bagian dari delta yang karakteristik lingkungannya didominasi oleh proses *fluvial* (aktivitas aliran sungai) dan *tidal* (pasang surut). Pada *delta plain* sangat jarang ditemukan adanya aktivitas dari gelombang yang sangat besar. Daerah *delta plain* ini didominasi oleh batulempung dan pasir dengan kedalaman berkisar dari 5 – 30 m.

Analisa *core* dan pola *log GR* daerah penelitian, menunjukkan bahwa daerah *delta plain* ini didominasi oleh sungai yang lebih dominan daripada endapan laut (*Barrier dan Back Barrier*) dan membentuk rawa-rawa yang didominasi oleh sedimen yang pada bagian atas berbutir halus. Kecenderungan sedimen yang

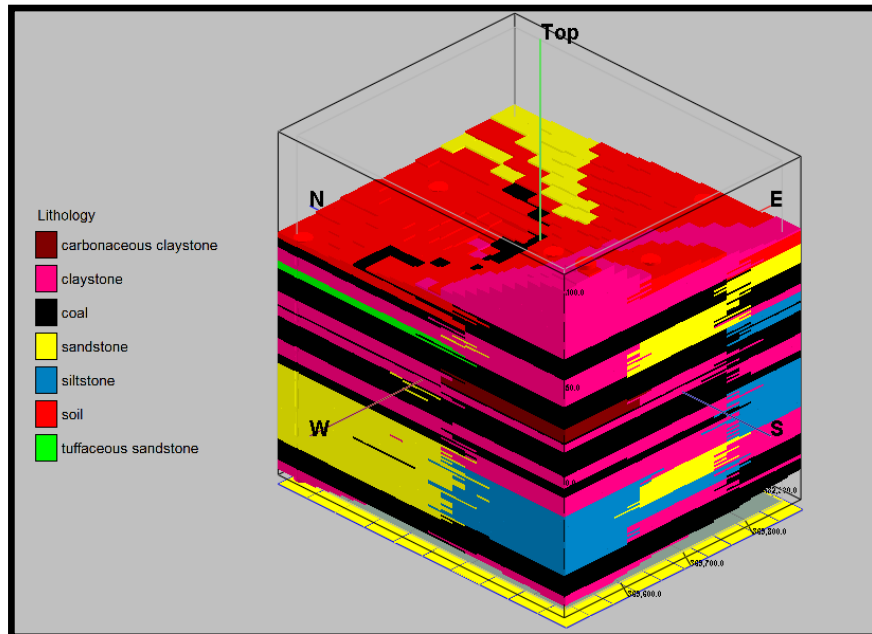
makin menghalus ke atas pada sub-lingkungan *levee* yang berasosiasi dengan *channel* terbentuk sebagai hasil luapan material selama terjadi banjir. Lingkungan ini mempunyai kecepatan arus kecil, dangkal, dan tidak berelief, sehingga proses akumulasi lambat yang ditunjukkan oleh batuan sedimen yang mayoritas memiliki laminasi paralel dan tipis. Kemudian karena pengaruh dari gelombang pasang surut, laminasi pada batuan sedimen berubah menjadi bergelombang (*wavy lamination*).

Gelombang pasang surut serta turun naiknya muka air laut menyebabkan siklus penggenangan di setiap bagian delta, sehingga berpengaruh pada kecepatan suplai sedimen yang dibawa oleh sungai.

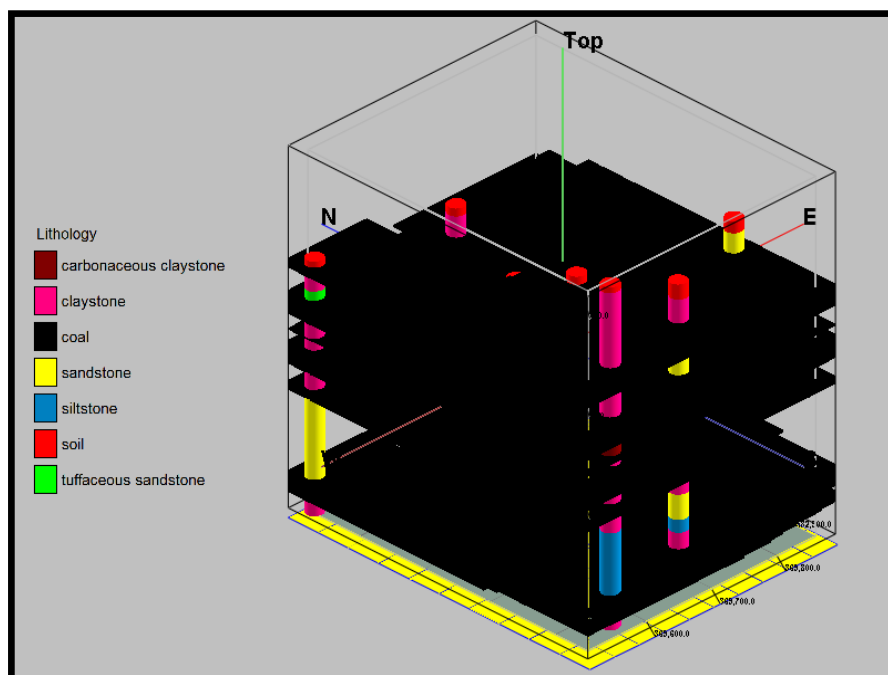
4. Volume Prospek Batubara dengan Menggunakan Software Rockwork 15.

Untuk mengetahui *volume* prospek batubara serta *volume* batuan sedimen lain, penulis melakukan pemodelan 3D dan penghitungan *volume* dengan bantuan *software Rockwork15*. Dalam *input* pemodelan data dan perhitungan volum, yang digunakan meliputi data titik bor yang meliputi koordinat (*easting, northing*), total kedalaman pemboran, serta data litologi batuan semua titik bor. Disini penulis tidak menggunakan nilai dari *gamma ray* dan densitas, karena dari nilai *gamma ray* serta *density* masih tercampur dengan batuan lain yang memiliki nilai *range gamma ray* dan *density* yang hampir sama, maka untuk perhitungan volum digunakan data *lithologi* yang merupakan data sebenarnya. Dengan pertimbangan batubara yang diperoleh pada daerah penelitian ini ketebalan paling pendek sebesar 3 meter, maka penulis melakukan pemodelan dengan spasi $X = 20$, $Y = 20$ dan $Z = 1$. Daerah penelitian penulis bagi menjadi dua area (Gambar 20), hal

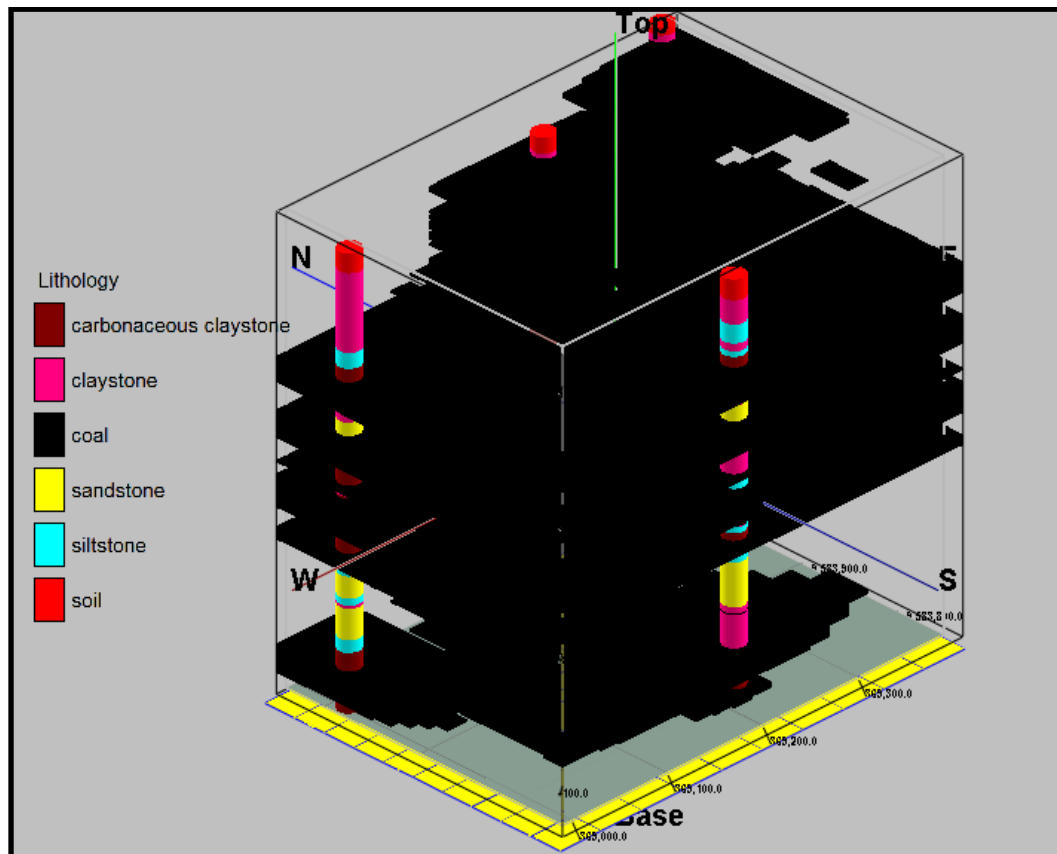
ini dikarenakan jarak antar titik bor yang jauh. Gambar 46 merupakan hasil pemodelan variasi runtunan *lithologi* daerah penelitian dan Gambar 47 merupakan pemodelan 3D untuk batubara (*coal*).



Gambar 46. Pemodelan 3D variasi runtunan *lithologi* area 1.



Gambar 47. Pemodelan 3D *seam* batubara pada area 1



Gambar 48. Pemodelan 3D *seam* batubara pada area 2.

Batubara hampir menyebar merata pada daerah penelitian ini. Pada area 1 di bagian utara yang merupakan daerah lembahan di titik bor BK173 dan BK174 tidak ditemukan *seam* A1 dan A2, namun pada bagian selatan pada semua titik bor didapatkan semua *seam*. Pada area 2 penyebaran batubara hampir merata.

Tabel 15. Merupakan hasil perolehan *volume* dengan menggunakan *software Rockwork15*. Batuan yang *volumenya* paling tinggi adalah batubara (*coal*) dan dikuasai oleh batupasir (*sandstone*). Hal ini telah dibahas sebelumnya bahwa variasi runtunan *lithologi* dikuasai oleh batupasir (*sandstone*).

Tabel 15. Perolehan *Volume* pada Area 1

Tabel Perolehan <i>Volume</i> pada Area 1			
No	<i>Lithology</i>	<i>Volume</i> (m ³)	<i>Volume</i> (m ³)*1,3 = tonase
1	<i>carbonaceous claystone</i>	132.000	171.600
2	<i>claystone</i>	6.065.200	7.884.760
3	<i>coal</i>	7.672.000	9.973.600
4	<i>siltstone</i>	2.723.600	3.540.680
5	<i>soil</i>	768.800	999.440
6	<i>sandstone</i>	4.242.000	5.514.600
	Total <i>Volume</i>	21.603.600	28.084.680
	<i>OB and IB volume</i>	13.931.600	18.111.080
	<i>Coal Volume</i>	7.672.000	9.973.600
	<i>Stripping ratio Coal : OB</i>	1:2	

Volume (cadangan) paling tinggi adalah batubara (*coal*) dan dikuasai oleh batupasir (*sandstone*). Hal ini telah dibahas sebelumnya bahwa runtunan variasi *lithologi* dikuasai oleh batupasir (*sandstone*). *Volume* batubara pada area 1 yang diperoleh sekitar 7 juta meter kubik, sedangkan *volume* yang bukan batubara diperoleh sekitar 13 juta meter kubik.

Perbandingan antara *volume* batubara serta lapisan yang bukan batubara (OB dan IB) adalah nilai *stripping ratio*, yaitu sebagai kelayakan tambang. Batas maksimum SR yang telah ditetapkan adalah 1:5, sedangkan hasil SR yang diperoleh pada area 1 adalah SR = 1:2.

Tabel 16. Perolehan *Volume* pada Area 2

Tabel Perolehan <i>Volume</i> pada Area 2			
No	<i>lithology</i>	<i>Volume</i> (m ³)	<i>Volume</i> (m ³)*1,3 = tonase
1	<i>carbonaceous claystone</i>	1.747.200	2.271.360
2	<i>claystone</i>	3.467.600	4.507.880
3	<i>coal</i>	5.157.200	6.704.360
4	<i>siltstone</i>	2.112.000	2.745.600
5	<i>soil</i>	771.200	1.002.560
6	<i>sandstone</i>	2.947.200	3.831.360
	Total <i>Volume</i>	16.202.400	21.063.120
	OB and IB <i>volume</i>	11.045.200	14.358.760
	Coal <i>Volume</i>	5.157.200	6.704.360
	<i>Stripping ratio</i> Coal : OB	1:2	

Volume batubara pada area 2 yang diperoleh sekitar 5 juta meter kubik, sedangkan *volume* yang bukan batubara diperoleh sekitar 11 juta meter kubik.

SR yang diperoleh pada area 2 adalah SR = 1:2.

VI. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisa data, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ketebalan lapisan batubara dengan *seam* yang sama, memiliki ketebalan yang relatif sama. Endapan batuan sedimen ke arah bagian tenggara semakin menebal kemudian menipis kembali dan menunjukkan bahwa keberadaan batubara secara lateral kemungkinan terkontrol oleh adanya struktur sesar normal. Karakteristik *roof* dan *floor* pada masing–masing *seam* batubara memiliki karakteristik yang berbeda.
2. Endapan batubara berada pada lingkungan pengendapan *Upper Delta Plain-Fluvial*.
3. *Volume* (cadangan) batubara (*coal*) pada area 1 diperoleh sekitar $7 \times 10^6 \text{ m}^3$, dan pada area 2 diperoleh sekitar $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ dengan nilai *stripping ratio* sebesar 1:2.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim^a. 2000. *Karakteristik Batubara dan Batuan Sedimen Pembawanya, Formasi Talangakar, di daerah Lampung Tengah*. Tersedia pada www.docstoc.com. Diakses tanggal 12 Desember 2010.
- Anonim^b. 2000. *Logging for Geologist Guidance*. PT.Bukit Asam. Tidak dipublikasikan
- Anonim^c. *Introduction to Borehole Geophysics*. Tersedia pada www.4shared.com. Diakses tanggal 13 Desember 2010.
- Horne. 1978 dalam Allen G.P Chambers. 1998. *Sedimentation in the Modern and Miocene Delta*. IPA.
- Ediyanto, R. 2008. *Modul Kompetensi Geologi Level 3 (Bahan Galian Batubara)*. Tersedia pada www.scribd.com, diakses tanggal 10 Desember 2010.
- De. Coster G.L. 1974 *The Geology of the Central Sumatra and South Sumatra Basins*. Proceeding Indonesia Petroleum Assoc 4 Annual Convention.
- Diessel, C.F.K. 1986. *On the correlation between coal fasies and depositional environment*. Proceedings 20th Symposium of Department Geology. University of New Castle, New South Wales. Tersedia pada www.4shared.com. Diakses tanggal 10 Desember 2010.
- Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 4 No. 4 Desember 2009.
- Koesoemadinata, R.P. 1978. *Tertiary Coal Basin Of Indonesia*. United Nation ESCAP, CCOP Technical Bulletin. Bandung.
- Kusnama dan Panggabean, H. 2009. *Karakteristik Batubara dan Batuan Sedimen Pembawanya, Formasi Talangakar, di daerah Lampung Tengah*. Jurnal Geologi Indonesia. Pusat Survei Geologi. Bandung.
- Mastoadji, E. 2007. *Basic Well Log Interpretation*. Handout of AAPG SC UNDIP Course.

- Pertambangan Indonesia. 2008. *Tinjauan Tahunan ke-10 Atas Trend Industri Pertambangan Indonesia*. Asosiasi Pertambangan Batubara Indonesia. Jakarta
- Priatna, B. 2000. *Aplikasi Metoda Geofisika dalam Eksplorasi Mineral Logam dan Batubara*. Sub Dit. Geofisika dan Pemboran Eksplorasi. Direktorat Sumberdaya Mineral. Bandung.
- PT. Bukit Asam (Persero). 2007. *Laporan Internal Pemboran Eksplorasi dan Geophysical Logging*. Tbk. Satuan Kerja Unit Eksplorasi Rinci. Tidak dipublikasikan.
- Ratih, S. 2002. *Penyelidikan Endapan Lempung dan Pasir Kuarsa di Daerah Endapan Batubara, Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim Propinsi Sumatera Selatan*. Kolokium Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral.
- Simanjuntak, T.O. dan Barber, A.J. 1996. *Contrasting tectonic styles in the Neogene Orogenic Belts of Indonesia*. Dalam: Hall, R. & Blundell, D. (eds.) *Tectonic Evolution of Southeast Asia*. Geological Society Special Publication.
- SNI. SNI 13-5014-1998. *Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara*. Tersedia pada http://www.dim.esdm.go.id/kepmen_pp_uu/SNI_13-5104-1998.pdf. Diakses tanggal 10 Desember 2010.
- Sukandarrumidi. 1995. *Batubara dan Gambut*. Jurusan Teknik Geologi UGM. Yogyakarta.
- Sukendar Asikin. 1998. *Geologi Struktur Indonesia*. Jurusan Teknik Geologi ITB. Bandung.