

**ANALISIS *LOG* DENSITAS TERHADAP DATA PROKSIMAT
DAN PERHITUNGAN VOLUME BATUBARA
MENGUNAKAN DATA *LOG* PADA LAPANGAN “DEA”
SUMATERA SELATAN**

(Skripsi)

Oleh

**Dimas Putra Suendra
1215051018**



**KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2016**

ABSTRACT

DENSITY LOG ANALYSIS OF PROXIMATE DATA AND COAL VOLUME CALCULATION USING LOG DATA IN "DEA" FIELD SOUTH SUMATERA

By

Dimas Putra Suendra

Application of Geophysical Logging methods on 6 exploratory wells and interpretation of gamma ray and density log using WellCAD 4.3 has been conducted to determine the subsurface lithology, thickness, and spread direction of coal seams in the DEA field, South Sumatra. The purpose of this study was to determine the correlation between the value of density and proximate coal data, also to know the volume of coal in research area. To determine the correlation between the value of density and proximate coal data, used approach of Pearson r correlation method, while the Oasis Montaj 8.3.3 software and rockwork 15 was used to volume calculation. Results of geophysical logging data interpretation shows that the constituent dominant lithology in the research area are sandstones, claystone, coal, and siltstone. Relations with the caloric value and density log, moisture content and ash content has a strong correlation with the each R^2 value at 0.7504, 0.6763, and 0.6587, while the density log values relations with volatile matter in coal has a weak correlation with R^2 value = 0.3835. In calculating the volume of coal, obtained stripping ratio of 1:2, which means it must eliminate approximately 2 tonnes of overburden layer to obtain 1 ton of coal.

Keywords: Geophysical Logging, coal, Pearson r correlation, proximate, stripping ratio

ABSTRAK

ANALISIS LOG DENSITAS TERHADAP DATA PROKSIMAT DAN PERHITUNGAN VOLUME BATUBARA MENGUNAKAN DATA LOG PADA LAPANGAN “DEA” SUMATERA SELATAN

Oleh

Dimas Putra Suendra

Aplikasi metode *Geophysical Logging* pada 6 titik sumur eksplorasi dan interpretasi data *log gamma ray* dan *log densitas* menggunakan *WellCAD 4.3*, telah dilakukan untuk mengetahui litologi bawah permukaan, ketebalan, dan arah penyebaran lapisan batubara pada lapangan DEA Sumatera Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi antara nilai densitas terhadap data proksimat batubara dan juga untuk mengetahui volume batubara di daerah penelitian. Untuk mengetahui korelasi antara nilai densitas terhadap data proksimat batubara digunakan pendekatan dengan metode *Pearson r correlation*, sedangkan untuk perhitungan volume penulis menggunakan *software Oasis Montaj 8.3.3* dan *Rockwork 15*. Hasil interpretasi data *geophysical logging* menunjukkan bahwa litologi penyusun yang dominan pada daerah penelitian adalah batupasir, batulempung, batubara, dan batulanau. Hubungan nilai log densitas dengan kalori, kadar air, dan kadar abu memiliki korelasi yang kuat dengan nilai R^2 masing-masing sebesar 0,7504, 0,6763, dan 0,6587, sedangkan hubungan nilai log densitas dengan zat terbang pada batubara memiliki korelasi lemah dengan nilai $R^2 = 0,3835$. Dalam perhitungan volume batubara didapatkan *stripping ratio* sebesar 1:2 yang berarti harus menghilangkan sekitar 2 ton lapisan *overburden* untuk mendapatkan 1 ton batubara.

Kata kunci: *Geophysical Logging*, batubara, *pearson r correlation*, proksimat, *stripping ratio*

**ANALISIS LOG DENSITAS TERHADAP DATA PROKSIMAT
DAN PERHITUNGAN VOLUME BATUBARA
MENGUNAKAN DATA LOG PADA LAPANGAN “DEA”
SUMATERA SELATAN**

Oleh

Dimas Putra Suendra

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2016**

**Judul Skripsi : ANALISIS LOG DENSITAS TERHADAP
DATA PROKSIMAT DAN PERHITUNGAN
VOLUME BATUBARA MENGGUNAKAN
DATA LOG PADA LAPANGAN "DEA"
SUMATERA SELATAN**

Nama Mahasiswa : Dimas Putra Suendra

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215051018

Program Studi : Teknik Geofisika S-1

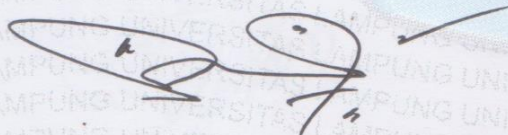
Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

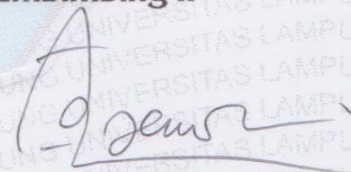
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



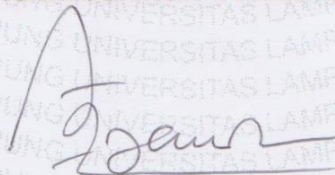
Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.
NIP 19661222 199603 1 001

Pembimbing II



Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720928 199903 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika



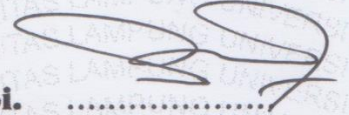
Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720928 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

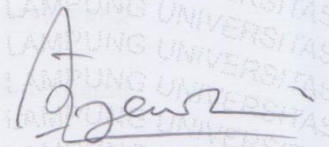
Ketua

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



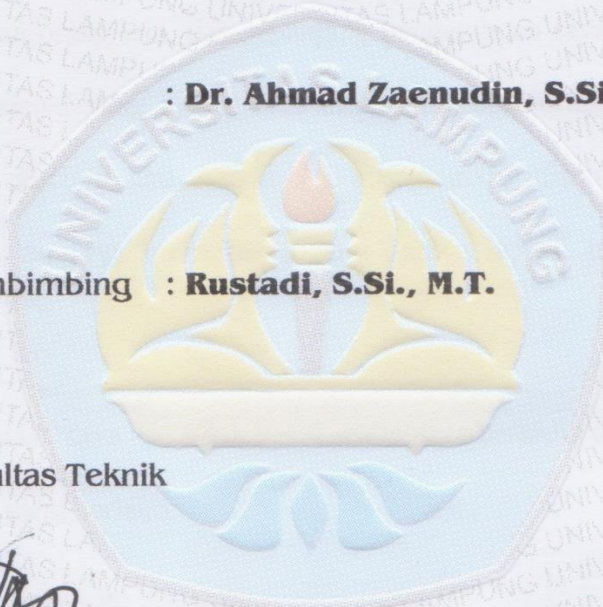
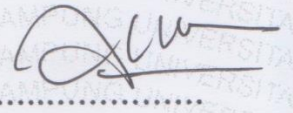
Sekretaris

: **Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Rustadi, S.Si., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002 

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Desember 2016

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 14 Desember 2016

Penulis,



Dimas Putra Suendra

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 23 Januari 1995. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Alm. Bapak Sugihartono dan Ibu Endrawati. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Diniyah Putri pada tahun 2000. Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 3 Sungai Langka, pada tahun 2006.

Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Gedong Tataan, pada tahun 2009. Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung, pada tahun 2012.

Pada tahun 2012 penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pada periode 2012/2013 di dalam organisasi jurusan penulis terdaftar sebagai anggota bidang Sosial Budaya Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana Universitas Lampung dan di tahun selanjutnya periode 2013/2014 di angkat menjadi sekretaris bidang Sosial Budaya Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana Universitas Lampung. Pada tahun 2012 s.d. 2016 penulis juga tercatat sebagai anggota HMGI Regional 1 Sumatera, pada tahun 2013

menjadi Wakil Ketua bidang Hubungan Masyarakat, dan pada periode 2014/2015 menjadi Koordinator Wilayah Regional 1 Sumatera Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia. Pada tahun 2013 s.d. 2015 penulis tercatat sebagai anggota *American association of Petroleum Geologist (AAPG)* SC Universitas Lampung. Pada tahun 2015 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata di Desa Bandar Sari, Kecamatan Way Tuba, Kabupaten Way Kanan. Pada tahun 2016 di bulan februari penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktek di Pusat Survei Geologi (Kementrian ESDM), Bandung dengan mengambil tema “Pemodelan Data Gayabarat Dan Analisis Struktur Bawah Permukaan Daerah Lampung”. Penulis melakukan Tugas Akhir (TA) untuk penulisan skripsi di PT. Bikut Asam (persero) tbk, pada april 2016 Hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada tanggal 14 Desember 2016 dengan skripsi yang berjudul “Analisis *Log* Densitas Terhadap Data Proksimat dan Perhitungan Volume Batubara Menggunakan Data *Log* Pada Lapangan “DEA” Sumatera Selatan”

PERSEMBAHAN

Aku persembahkan karya ini untuk:

ALLAH SWT

Ayahanda Tercinta Alm. Bapak Sugihartono

dan Ibunda Tercinta Ibu Endrawati

Adikku Tersayang

*Astria Ade Tasya Putri Suendra, Rizki Ramadhani Putra Suendra, dan Nihayah
Saidatunnisa Putri Suendra*

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2012

Keluarga Besar Teknik Geofisika UNILA

Almamater Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur senantiasa penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Analisis Log Densitas Terhadap Data Proksimat Dan Perhitungan Volume Batubara Menggunakan Data Log Pada Lapangan “DEA” Sumatera Selatan”**.

Adapun dalam pelaksanaan dan penulisan laporan ini penulis menyadari bahwa selesainya proses ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT
2. Ibu tercinta, Endrawati yang tak henti-hentinya mendidik, berkorban, berdoa dan mendukung penulis dalam segala hal terutama dalam pendidikan
3. Almarhum Ayah tercinta, Sugihartono bin Soekiran, semoga Allah menempatkan ayah di Surga-Nya.
4. Adikku Tasya, Rama, dan Nisa yang terus memberikan semangat kepada penulis;
5. PT. Bukit Asam (persero) tbk, sebagai institusi yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan Tugas Akhir;

6. Bapak Bagus Totok Purnomo, S.T., selaku pembimbing saya di PT. Bukit Asam (persero) tbk, pada Unit Eksplorasi Rinci;
7. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si., selaku pembimbing I yang selalu memberikan masukan, arahan serta motivasi dalam penulisan skripsi ini;
8. Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T., selaku pembimbing II yang memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
9. Bapak Rustadi, S.Si., M.T., selaku pembahas dalam Tugas Akhir;
10. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati terima kasih untuk semua ilmu yang diberikan;
11. Orang tersayang, Andreina Tifani Yus, Amd.AK., yang selalu memberi dukungan dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
12. Teman-teman Teknik Geofisika 2012, Agus, Gifari, Andin, Dedcin, Anta, Ari, Azis, Bagas, Bella, Beny, Betha, carta, dediyul, onoy, koped, edo, elen, esha, gita, hilman, berekbek, irwan, Jordi, kevin, lita, made, medi, nana, niar, dilla, aldo, resti, rival, gata, ucok, sigit, vee, virgi, zhai, vivi, kukuh, sule, bari, andre dan legowo. terima kasih atas dukungan, canda tawa, hingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
13. Teman-teman seperjuangan di Muara Enim, Amay, Anggoro, Azura, Dian, Didit, Edhi, Elsa, Erwin, Hennja, Horas, Indra, Lucky, Nadira, Nuri, Rissal, Saver, dan Taslim. Terima kasih atas segala dukungan dan canda tawa selama berada di PT. Bukit Asam.
14. Teman-teman terbaik, KENDUR yang tidak henti-hentinya selalu memberi dorongan agar cepat selesai dalam penelitian.

Semoga dengan adanya laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Kritik dan saran yang membangun penulis sangat diharapkan untuk kebaikan penulis menjadi lebih baik.

Bandar Lampung, 15 Desember 2016
Penulis,

Dimas Putra Suendra

DAFTAR ISI

	halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sejarah PT. Bukit Asam	3
2.2 Daerah Penelitian	4
2.3 Kondisi Daerah Penelitian	8

III. TEORI DASAR

3.1 Definisi Batubara	20
3.2 Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Batubara	20
3.3 Cara dan Tempat Terbentuknya Batubara	23
3.4 <i>Well Logging</i> (<i>Log</i> Sumur)	26
3.5 Analisis Kualitas Batubara	32
3.6 Uji Statistik	36
3.7 Analisis Nisbah Kupas (<i>Stripping Ratio</i>)	40

IV. METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	43
4.2 Metode Penelitian	43
4.3 Diagram Alir	44

V. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Titik Pengukuran <i>Geophysical Logging</i>	45
5.2 Interpretasi Litologi dan Lapisan Pengotor	46
5.3 Korelasi Penampang 2D Berdasarkan <i>Key Bed</i>	69
5.4 Hubungan Nilai <i>Log</i> Densitas dengan <i>Calorific Value</i>	76
5.5 Volume Prospek Batubara	84

VI. KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Lokasi Pertambangan PT Bukit Asam Tanjung Enim	4
Gambar 2. Sub Cekungan di Sumatra Selatan.....	6
Gambar 3. Peta Lokasi Deposit Dan Aktivitas Tambang Batubara	7
Gambar 4. Peta geologi regional daerah penelitian	9
Gambar 5. Skema cekungan Sumatera Selatan, tanpa skala	11
Gambar 6. Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan.....	16
Gambar 7. Stratigrafi Batuan Di Daerah Bukit Asam Dan Sekitarnya	17
Gambar 8. Proses pembentukan batubara.....	25
Gambar 9. Pengukuran <i>Wireline Logging</i> sumur eksplorasi.....	27
Gambar 10. Contoh interpretasi lapisan batuan dengan log <i>Gamma ray</i>	29
Gambar 11. Respon <i>Log Densitas</i>	30
Gambar 12. Diagram alir penelitian	44
Gambar 13. Titik pengukuran <i>Geophysical Logging</i>	45
Gambar 14. Respon <i>log</i> terhadap lapisan batubara	47
Gambar 15. Respon <i>log</i> terhadap lapisan pengotor di <i>seam</i> batubara.....	47
Gambar 16. Grafik <i>log</i> titik DEA_01	48
Gambar 17. Grafik <i>log</i> titik DEA_02	49
Gambar 18. Grafik <i>log</i> titik DEA_03	50

Gambar 19. Grafik <i>log</i> titik DEA_04	51
Gambar 20. Grafik <i>log</i> titik DEA_05	52
Gambar 21. Grafik <i>log</i> titik DEA_06	53
Gambar 22. Arah sayatan untuk korelasi.....	71
Gambar 23. Penampang korelasi A-A' berdasarkan lapisan penunjuk	72
Gambar 24. Penampang korelasi B-B' berdasarkan lapisan penunjuk	73
Gambar 25. Hasil pendekatan geostatistik	77
Gambar 26. Hasil pendekatan geostatistik 2	79
Gambar 27. Hasil pendekatan geostatistik 3	81
Gambar 28. Hasil pendekatan geostatistik 4	83
Gambar 29. Daerah perhitungan volume prospek batubara	84
Gambar 30. Model 3D lapisan batubara, <i>overburden</i> , dan <i>interburden</i>	85
Gambar 31. Model 3D lapisan Batubara	86
Gambar 32. Model 3D lapisan <i>overburden</i> dan <i>interburden</i>	86
Gambar 33. Model litologi 3D daerah penelitian	88
Gambar 34. Model 3D persebaran <i>claystone</i> daerah penelitian	89
Gambar 35. Model 3D persebaran <i>siltstone</i> daerah penelitian.....	89
Gambar 36. Model 3D persebaran batubara daerah penelitian	90
Gambar 37. Luasan perhitungan volume dengan <i>Oasis Montaj 8.3.3</i>	92
Gambar 38. Luasan perhitungan volume dengan <i>Rockwork 15</i>	93

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Respon litologi perlapisan batuan	28
Tabel 2. Interpretasi angka korelasi.....	38
Tabel 3. Litologi sumur DEA_01	54
Tabel 4. <i>Seam</i> batubara beserta lapisan pengotor sumur DEA_01	55
Tabel 5. Litologi sumur DEA_02	56
Tabel 6. <i>Seam</i> batubara beserta lapisan pengotor sumur DEA_02	57
Tabel 7. Litologi sumur DEA_03	60
Tabel 8. <i>Seam</i> batubara dan lapisan pengotor sumur DEA_03	60
Tabel 9. Litologi sumur DEA_04	61
Tabel 10. <i>Seam</i> batubara dan lapisan pengotor sumur DEA_04	62
Tabel 11. Litologi Sumur DEA_05	64
Tabel 12. <i>Seam</i> batubara dan lapisan pengotor pada sumur DEA_05	65
Tabel 13. Litologi sumur DEA_06	66
Tabel 14. <i>Seam</i> batubara dan lapisan pengotor pada sumur DEA_06	67
Tabel 15. Ketebalan tiap <i>seam</i> pada sayatan A-A'	74
Tabel 16. Ketebalan tiap <i>seam</i> pada sayatan B-B'	74
Tabel 17. Karakteristik <i>roof</i> dan <i>floor</i> tiap <i>seam</i> batubara	75
Tabel 18. Nilai rata-rata densitas dan nilai kalori (CV).....	76

Tabel 19. Nilai rata-rata densitas (Cps) terhadap nilai kadar air (%).....	79
Tabel 20. Nilai rata-rata densitas (Cps) terhadap nilai zat terbang (%)	80
Tabel 21. Nilai rata-rata densitas (Cps) terhadap nilai kadar abu (%)	82
Tabel 22. Perolehan volume dengan <i>Oasis Montaj</i> pada daerah penelitian.....	86
Tabel 23. Perolehan volume dengan <i>Rockwork 15</i> pada daerah penelitian	90

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumberdaya mineral yang melimpah di Indonesia. Menyadari pentingnya ketersediaan batubara untuk pemenuhan energi nasional, maka eksploitasi batubara harus seimbang dengan penemuan lokasi baru yang prospek agar kestabilan energi tetap terjaga.

Energi merupakan kebutuhan infrastruktur dasar manusia, yang akan digunakan dalam segala bidang guna memenuhi kebutuhan manusia. Batubara merupakan sumber energi yang banyak digunakan, sejak masa awal perkembangan teknologi mesin uap. Saat ini batubara dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik, kereta api, bahan bakar dasar dan katalisator dalam industri semen, baja serta kimia.

Salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mendapatkan data geologi batubara bawah permukaan secara cepat dan tepat yaitu metode Well Logging. Metode Well Logging adalah suatu perekaman besaran –besaran fisis di sumur pemboran yang biasanya dilakukan dari dasar sumur kemudian ditarik ke atas secara perlahan-lahan dengan maksud agar sensor atau probe yang diturunkan ke dalam sumur lubang bor mendeteksi batuan di dinding sumur.

Untuk itu diperlukan pemahaman tentang karakteristik lapisan batubara berdasarkan analisis data Well Logging supaya menghasilkan interpretasi yang

akurat. Selain itu, pemanfaatan analisis statistik di dalam data log yang sudah diinterpretasikan dapat melihat suatu hubungan yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam eksplorasi awal sebelum dilakukan uji laboratorium.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menginterpretasi litologi batuan berdasarkan data Log Gamma Ray dan Log Densitas.
2. Mengetahui hubungan antara nilai Densitas dengan data proksimat batubara.
3. Mengetahui volume batubara di daerah penelitian

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah menginterpretasikan data logging meliputi urutan litologi serta sifat karakteristik batuan, ketebalan, dan arah penyebaran batubara, melihat hubungan antara nilai densitas dengan data proksimat batubara pada sumur tersebut dan juga mengetahui volume batubara, lapisan *overburden* serta *interburden* 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 densitas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

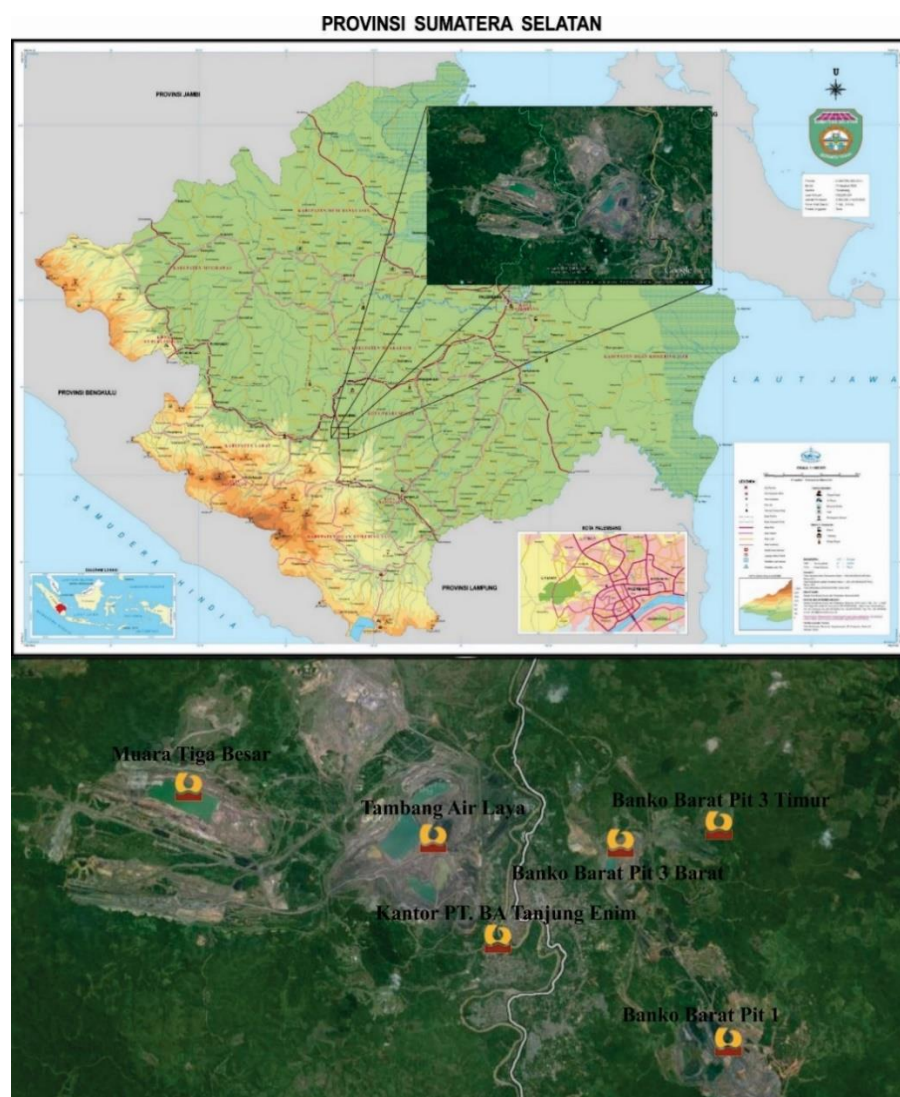
2.1 Sejarah PT. Bukit Asam

Semasa penjajahan Belanda dilakukan penyelidikan batubara di Sumatera Selatan dimulai antara tahun 1918. Satu tahun kemudian, baru dilakukan penambangan pertama di Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan dengan kapasitas 9.700 ton per tahun dan terus meningkat pada tahun-tahun berikutnya. Tambang tersebut dihubungkan dengan jalan kereta api ke Kertapati, Palembang sejauh 165 km dan dihubungkan dengan jalan darat sejauh kurang lebih 200 km. Pada tahun 1942-1945 pertambangan dikuasai oleh penjajah Jepang dan produksi batubara menurun drastis karena banyak kerusakan pada alatnya. Setelah Indonesia merdeka tambang batubara tersebut dikuasai kembali oleh pemerintah Indonesia pada tahun 1945-1947, namun pada tahun 1947-1949 kembali dikuasai oleh pemerintah Belanda pada Agresi Belanda II. Kemudian pada tahun 1950 diambil alih lagi oleh pemerintah Indonesia dan diberi nama Perusahaan Negara Tambang Arang Bukit Asam (PN TABA).

Pada tahun 1981, PN.PTBA berubah status menjadi Perseroan Terbatas. Namanya juga berganti PT. Tambang Bukit Asam. Tahun 1990 PTBA digabung dengan Perum Tambang Batubara, dan mulai tahun 1994 ditugaskan mengelola Proyek Briket Batubara yang tersebar diberbagai daerah di Indonesia. Saat ini

PTBA merupakan satu-satunya BUMN di sektor tambang batubara dan mempunyai 2 lokasi penambangan, yaitu unit Tanjung Enim dan unit Ombilin. Pada akhir 2002, PTBA mulai menjadi perusahaan publik dan seharusnya mulai tercatat di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya dengan kode “PTBA” (PT.Bukit Asam, 2015).

2.2 Daerah Penelitian

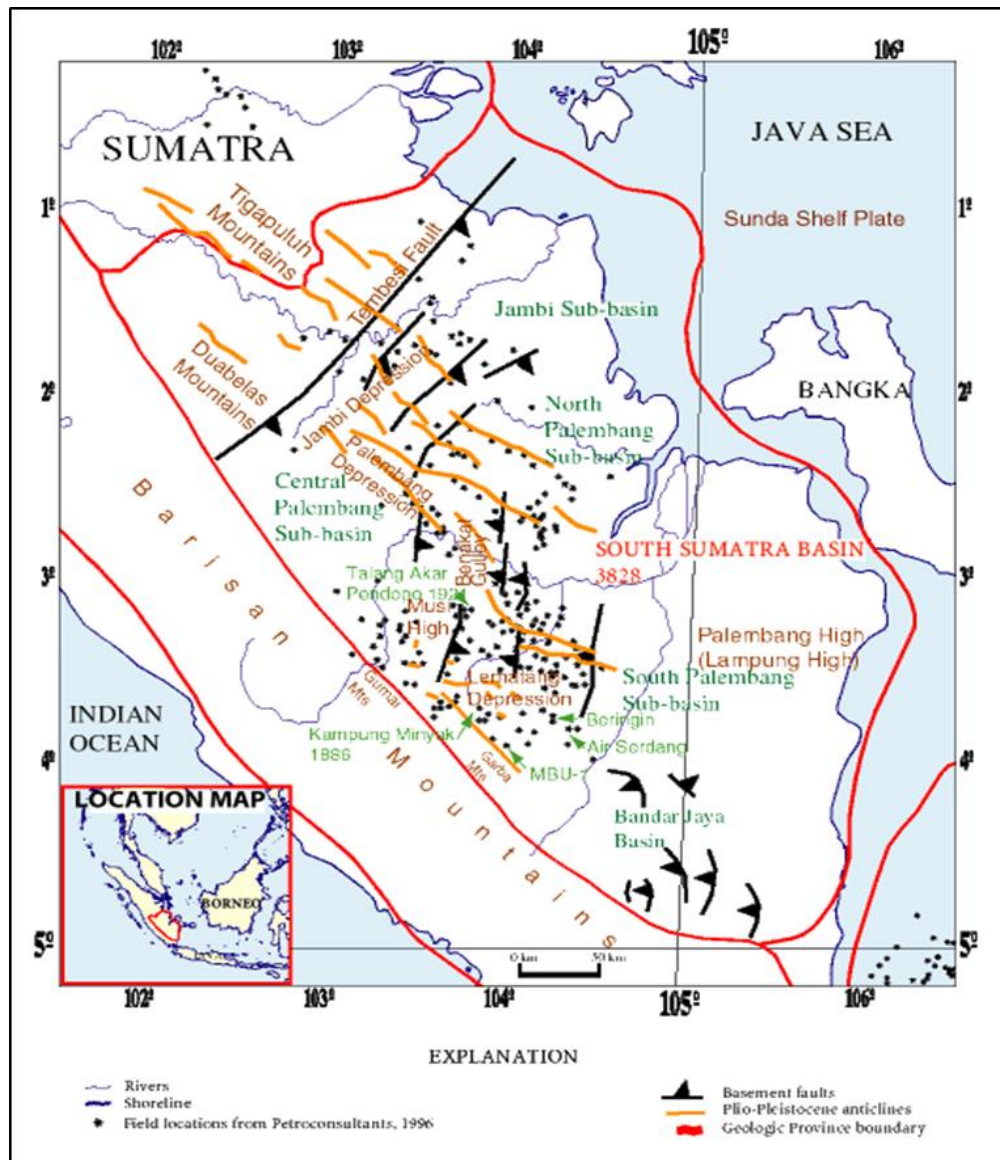


Gambar 1. Lokasi Pertambangan PT Bukit Asam Tanjung Enim (PT.Bukit Asam, 2015)

Lokasi penambangan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk di perlihatkan pada **Gambar 1**. Perusahaan pertambangan batubara PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, secara geografis terletak pada $3^{\circ}42' 30'' - 4^{\circ}47' 30''$ LS dan $103^{\circ} 45' - 103^{\circ} 50' 10''$ BT, berada di Dusun Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim. Tanjung Enim terletak ± 240 km sebelah barat daya Kota Palembang, ± 520 km di sebelah Timur Bengkulu.

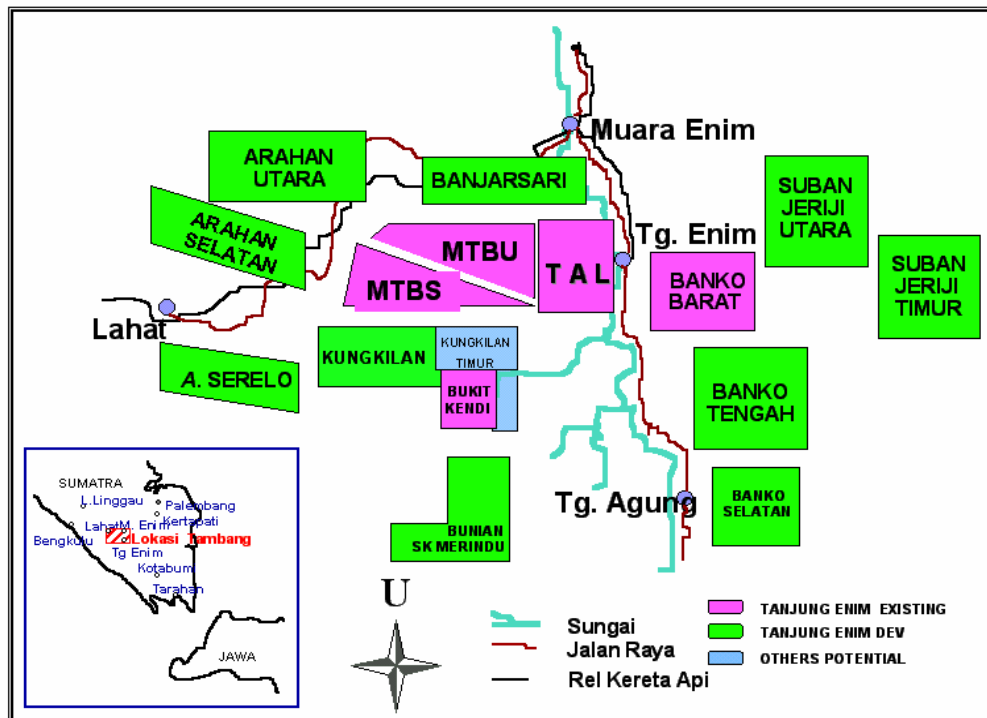
Wilayah pertambangan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk terbagi atas 3 blok, yaitu Banko yang terletak di sebelah timur Tanjung Enim dengan luas ± 4.500 Ha, Tambang Air Laya di sebelah utara Tanjung Enim dengan luas ± 7.621 Ha, dan Muara Tiga Besar di sebelah timur Kota Lahat dengan luas ± 3.300 Ha.

Daerah penelitian ini termasuk ke dalam Cekungan Sumatera Selatan, dalam tatanan tektonik Pulau Sumatera merupakan *backdeep basin* atau cekungan pendalaman belakang. Cekungan ini diperkirakan mulai terbentuk pada *Eosen* Tengah sampai *Oligosen* Akhir akibat pensesaran bongkah dan perluasan batuan dasar Pra *Tersier* melalui sesar-sesar berarah Timur laut Barat daya dan Baratlaut Tenggara akibat adanya tekanan yang berarah Utara ke Selatan. Cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi Sub Cekungan Jambi (Depresi Jambi) utara, Sub Cekungan Palembang Tengah dan Sub Cekungan Palembang Selatan (Depresi Lematang) dibagian selatan. Ketiga sub cekungan tersebut dipisahkan oleh tinggian batuan dasar (High) (Sukendar, 1988). Pada **Gambar 2** merupakan peta sub cekungan Sumatra Selatan:



Gambar 2. Sub Cekungan di Sumatra Selatan (Bishop, and Henkel, 2000)

Wilayah pertambangan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk terbagi atas 3 blok, yaitu Banko yang terletak di sebelah timur Tanjung Enim dengan luas ± 4.500 Ha, Tambang Air Laya di sebelah utara Tanjung Enim dengan luas ± 7.621 Ha, dan Muara Tiga Besar di sebelah timur Kota Lahat dengan luas ± 3.300 Ha. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3**:



Gambar 3. Peta Lokasi Deposit Dan Aktivitas Tambang Batubara Di PTBA Tanjung Enim, tanpa skala (PT. Bukit Asam, 2015)

2.2.1 Tambang Air Laya (TAL)

Tambang Air Laya (TAL) merupakan *site* terbesar pada UPTE PT. Bukit Asam dengan luas WIUP ± 7.700 Ha. Pada lokasi Tambang Air Laya (TAL) terdapat metode penambangan utama yaitu metode *shovel and truck* yang dilaksanakan oleh pihak ketiga (kontraktor) dan sebagian dilakukan sendiri. Semua hasil penggalian batubara dari TAL dan MTB akan ditampung di *stockpile* dan kemudian dikirim ke TLS (*Train Loading Station*) 1 dan 2 melalui TLS ini kemudian batubara dimuat ke gerbong untuk kemudian dipasarkan melalui Pelabuhan Tarahan (Lampung) dan Kertapati (Palembang) menggunakan kereta api yang memiliki 50 gerbong ke Tarahan dan 35 gerbong ke Kertapati.

2.2.2. Muara Tiga Besar (MTB)

Lokasi tambang Muara Tiga Besar (MTB) memiliki luas area ± 3.300 Ha. Metode yang digunakan pada lokasi ini adalah *shovel and truck*. Metode ini merupakan metode *continuous mining* menggunakan BWE system yang dijadikan metode andalan PT Bukit Asam karena di Indonesia hanya PT. Bukit Asam yang memiliki alat ini. Lokasi ini dibagi menjadi dua bagian yaitu Muara Tiga Besar Utara dan Muara Tiga Besar Selatan.

2.2.3. Banko Barat

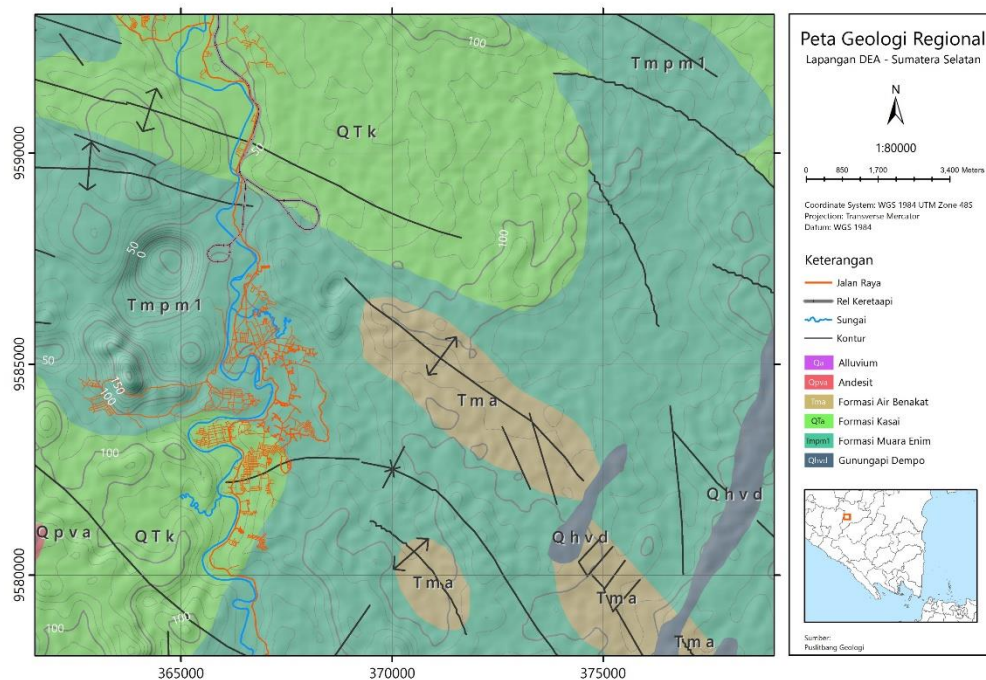
Tambang Banko Barat memiliki luas WIUP ± 4.500 Ha. Tambang Banko Barat ini dibagi menjadi Pit I, Pit II, dan Pit III, dimana pada masing-masing Pit kemudian dibagi lagi menjadi beberapa bagian. Pada tambang Banko Barat terdapat peralatan untuk penanganan batubara sendiri seperti tambang MTB, fasilitas tersebut digunakan untuk mengangkut batubara dari lokasi penambangan hingga stasiun pemuatan batubara atau TLS 3. Adapun batubara dari lokasi penggalian diangkut dengan truk ke *dump hopper*.

2.3 Kondisi Daerah Penelitian

2.3.1 Geologi Regional

Kerangka tektonik regional Indonesia bagian barat terdiri dari paparan sunda yang stabil, jalur *geosinklin* yang terdiri dari busur dalam *vulkanic* dan busur luar *non vulkanic*. Busur dalam *vulkanic* memanjang dari Sumatera bagian barat sampai Pulau Jawa bagian tengah. Busur *non vulkanic* merupakan jalur pulau-pulau di sebelah barat Sumatera hingga pegunungan samudera di

selatan Pulau Jawa. Cekungan Sumatera Selatan termasuk pada daerah Indonesia bagian barat, merupakan salah satu cekungan sedimen tersier yang berada pada zona antara Paparan Sunda dan busur dalam *vulkanic*. Peta geologi regional daerah penelitian akan ditunjukkan pada **Gambar 4**:



Gambar 4. Peta geologi regional daerah penelitian

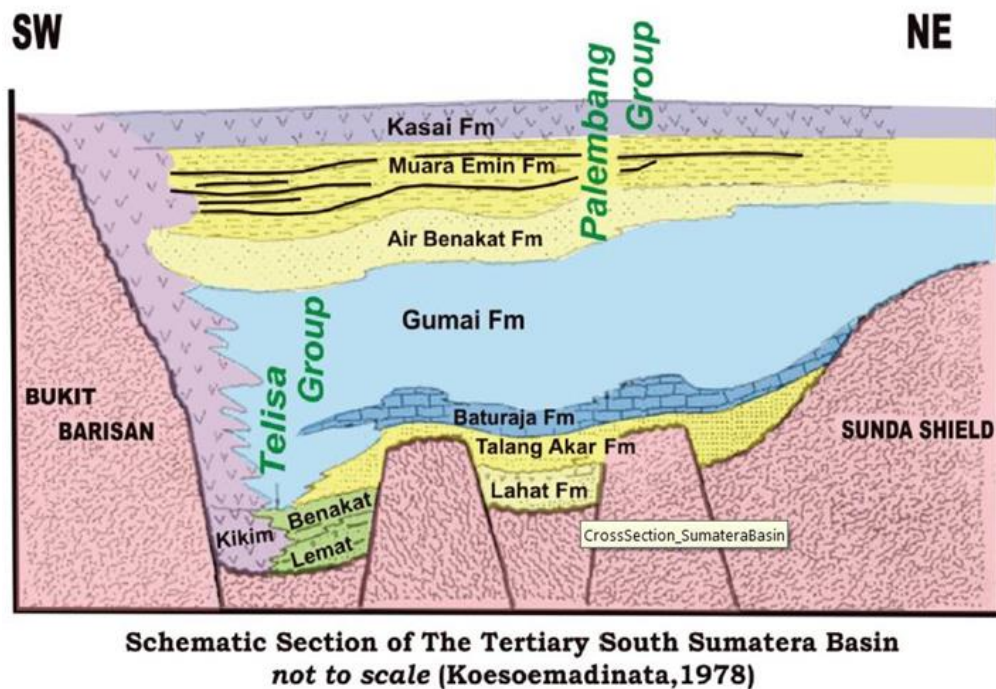
Struktur tektonik Indonesia bagian barat dipengaruhi benturan lempeng Benua Asia dengan lempeng kerak Samudra Hindia Australia. Cekungan-cekungan di Sumatera terjadi akibat dari benturan antara kedua lempeng tersebut, dimana lepas pantai Sumatera Barat merupakan zona penekukan yang masih aktif.

Pada Akhir Kapur sampai Awal Tersier (Eosen Awal-Oligosen Awal) di Indonesia bagian barat terjadi pergerakan tektonik yang menghasilkan pola kekar dan sesar berarah utara-selatan, baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya. Perkembangan dari pergerakan lempeng-lempeng tersebut

membentuk kompleks sesar yang mengakibatkan sobekan-sobekan pada kerak bumi sehingga membentuk depresi lokal dikenal sebagai *Pull Apart*, sedangkan disekitarnya terjadi tinggian-tinggian lokal. Depresi dan tinggian inilah yang membentuk konfigurasi batuan dasar yang dimana merupakan tempat terakumulasinya endapan Tersier. Pada masa Tersier terjadi gaya *tension* sehingga sesar yang sudah terbentuk aktif kembali membentuk sesar tumbuh. Pada kala Pliosen-Plistosen terjadi gaya kompresi yang membentuk lipatan dengan arah baratlaut tenggara dan mengakibatkan kembali sesar-sesar geser dan sesar-sesar normal.

2.3.2 Stratigrafi Regional

Stratigrafi daerah Cekungan Sumatera Selatan telah banyak dibahas oleh para ahli geologi terdahulu, khususnya yang bekerja di lingkungan perminyakan. Pada awalnya pembahasan dititik beratkan pada sedimen Tersier, umumnya tidak pernah diterbitkan dan hanya berlaku di lingkungan sendiri. Skema cekungan Sumatera Selatan akan di tunjukkan pada **Gambar 5** di bawah ini:



Gambar 5. Skema cekungan Sumatera Selatan, tanpa skala (Koesoemadinata, 1978).

Berdasarkan peneliti-peneliti terdahulu, maka Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi tiga kelompok yaitu kelompok batuan Pra-Tersier, kelompok batuan Tersier serta kelompok batuan Kuartar.

- Batuan Pra-Tersier

Batuan Pra-Tersier Cekungan Sumatera Selatan merupakan dasar cekungan sedimen Tersier. Batuan ini ditemukan sebagai batuan beku, batuan metamorf dan batuan sedimen. Membagi batuan berumur Paleozoikum (Permokarbon) berupa *slate* dan yang berumur Mesozoikum (Yurakapur) berupa seri fasies vulkanik dan seri fasies laut dalam. Batuan Pra-Tersier ini diperkirakan telah mengalami perlipatan dan patahan yang

intensif pada Zaman Kapur Tengah sampai Zaman Kapur Akhir dan diintrusi oleh batuan beku sejak orogenesis Mesozoikum Tengah.

- Batuan Tersier

Berdasarkan penelitian terdahulu urutan sedimentasi Tersier di Cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi dua tahap pengendapan, yaitu tahap genang laut dan tahap susut laut. Sedimen-sedimen yang terbentuk pada tahap genang laut disebut Kelompok Telisa, dari umur Eosen Awal hingga Miosen Tengah terdiri atas Formasi Lahat (LAF), Formasi Talang Akar (TAF), Formasi Baturaja (BRF), dan Formasi Gumai (GUF). Sedangkan yang terbentuk pada tahap susut laut disebut Kelompok Palembang dari umur Miosen Tengah – Pliosen terdiri atas Formasi Air Benakat (ABF), Formasi Muara Enim (MEF), dan Formasi Kasai (KAF) (Spruyt, 1956). Adapun deskripsi dari tiap formasi adalah sebagai berikut:

1. Formasi Lahat (LAF)

Formasi ini terletak secara tidak selaras diatas batuan dasar, yang terdiri atas lapisan-lapisan tipis tuff andesitik yang secara berangsur berubah keatas menjadi batulempung tuffaan. Selain itu breksi andesit berselingan dengan lava andesit, yang terdapat dibagian bawah. Batulempung tuffaan, segarnya berwarna hijau dan lapuknya berwarna ungu sampai merah keunguan (Spruyt, 1956). Formasi ini terdiri dari tuff, aglomerat, batulempung, batupasir tuffaan, konglomeratan dan breksi yang berumur Eosen Akhir hingga Oligosen Awal. Formasi ini diendapkan dalam air tawar daratan. Ketebalan dan litologi sangat bervariasi dari satu tempat ke tempat yang lainnya karena bentuk

cekungan yang tidak teratur, selanjutnya pada umur Eosen hingga Miosen Awal, terjadi kegiatan vulkanik yang menghasilkan andesit, kegiatan ini mencapai puncaknya pada umur Oligosen Akhir sedangkan batuanannya disebut sebagai batuan “Lava Andesit tua” yang juga mengintrusi batuan yang diendapkan pada Zaman Tersier Awal (De Coster, 1973).

2. Formasi Talang Akar (TAF)

Nama Talang Akar berasal dari *Talang Akar Stage* nama lain yang pernah digunakan adalah *Houthorizont* dan *Lower Telisa Member*. Formasi Talang Akar di beberapa tempat bersentuhan langsung secara tidak selaras dengan batuan Pra Tersier. Formasi ini di beberapa tempat menindih selaras Formasi Lahat, hubungan itu disebut rumpang stratigrafi, ia juga menafsirkan hubungan stratigrafi diantara kedua formasi tersebut selaras terutama dibagian tengahnya, ini diperoleh dari data pemboran sumur Limau yang terletak disebelah Barat Daya Kota Prabumulih, Formasi Talang Akar dibagi menjadi dua, yaitu: Anggota “Gritsand” terdiri atas batupasir, yang mengandung kuarsa dan ukuran butirnya pada bagian bawah kasar dan semakin atas semakin halus.

3. Formasi Baturaja (BRF)

Formasi ini diendapkan secara selaras diatas Formasi Talang Akar. Terdiri dari batugamping terumbu dan batupasir gampingan. Di gunung Gumai tersingkap dari bawah keatas berturut-turut napal tuffaan, lapisan batugamping koral, batupasir napalan kelabu putih, batugamping ini

mengandung foram besar antara lain *Spiroclypes sp*, *Eulipidina Formosa Schl*, *Molusca* dan lain sebagainya. Ketebalannya antara 19 - 150 meter dan berumur Miosen Awal. Lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal.

4. Formasi Gumai (GUF)

Formasi ini diendapkan setelah Formasi Baturaja dan merupakan hasil pengendapan sedimen-sedimen yang terjadi pada waktu genang laut mencapai puncaknya. Hubungannya dengan Formasi Baturaja pada tepi cekungan atau daerah dalam cekungan yang dangkal adalah selaras, tetapi pada beberapa tempat di pusat-pusat cekungan atau pada bagian cekungan yang dalam terkadang menjari dengan Formasi Baturaja. Menurut Spruyt (1956) Formasi ini terdiri atas napal tuffaan berwarna kelabu cerah sampai kelabu gelap. Kadang-kadang terdapat lapisan-lapisan batupasir glaukonit yang keras, tuff, breksi tuff, lempung serpih dan lapisan tipis batugamping. Endapan sedimen pada formasi ini banyak mengandung *Globigerina sp*, dan napal yang mengeras.

5. Formasi Air Benakat (ABF)

Menurut Spruyt (1956), formasi ini merupakan tahap awal dari siklus pengendapan Kelompok Palembang, yaitu pada saat permulaan dari endapan susut laut. Formasi ini berumur dari Miosen Akhir hingga Pliosen. Litologinya terdiri atas batupasir tuffaan, sedikit atau banyak lempung tuffaan yang berselang-seling dengan batugamping napalan atau batupasirnya semakin ke atas semakin berkurang kandungan

glaukonitnya. Pada formasi ini dijumpai *Globigerina sp*, tetapi banyak mengandung *Rotalia sp*. Pada bagian atas banyak dijumpai *Molusca* dan sisa tumbuhan. Di daerah Jambi ditemukan berupa batulempung kebiruan, napal, serpih pasir dan batupasir yang mengandung *Mollusca*, glaukonit kadang-kadang gampingan. Diendapkan dalam lingkungan pengendapan neritik bagian bawah dan berangsur ke laut dangkal bagian atas (De Coster, 1974).

6. Formasi Muara Enim (MEF)

Menurut Spruyt (1956) formasi ini terlatak selaras di atas Formasi Air Benakat. Formasi ini dapat dibagi menjadi dua anggota “a” dan anggota “b”. Anggota “a” disebut juga Anggota Coklat (*Brown Member*) terdiri atas batulempung dan batupasir coklat sampai coklat kelabu, batupasir berukuran halus sampai sedang. Di daerah Palembang terdapat juga lapisan batubara. (Spruyt, 1956).

7. Formasi Kasai (KAF)

Formasi ini mengakhiri siklus susut laut (De Coster dan Adiwijaya, 1973). Pada bagian bawah terdiri atas batupasir tuffaan dengan beberapa selingan batulempung tuffaan, kemudian terdapat konglomerat selang-seling lapisan-lapisan batulempung tuffaan dan batupasir yang lepas, pada bagian teratas terdapat lapisan tuff batupasir yang mengandung sisa tumbuhan dan kayu terkersikkan berstruktur sedimen silang siur, lignit terdapat sebagai lensa-lensa dalam batupasir dan batulempung

tuffaan (Spruyt, 1956). Urutan stratigrafi akan ditunjukkan pada

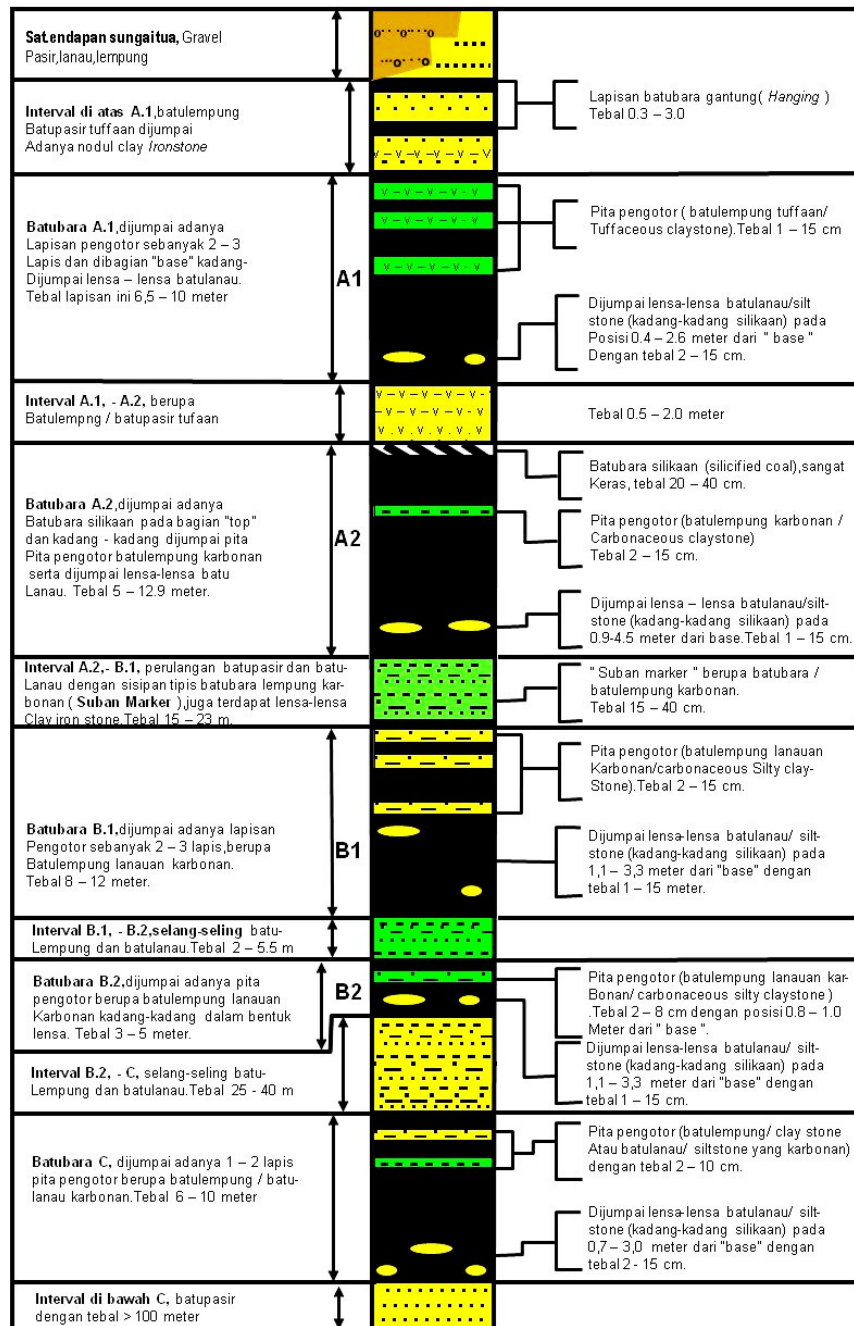
Gambar 6 dibawah ini:

AGE	FORMATION	LITHOLOGY	THICKNESS (M)	DESCRIPTION	ENVIRONMENT			
					TERIS- TRIAL	LITTO- RAL	MERETIC SHAL	DEEP
PLEISTOCENE								
PLIOCENE	KASAI (KAF)	V V V V V V V V V V V	200	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				
	GUMAI (GUF)		150 - 1500	Claystone intercalation with sandstone and siltstone				
				Calcareous shale intercalation with limestone, marl and siltstone				
MIOCENE	BATURAJA		50 - 200	Limestone				
	TALANGAKAR (TAF)	TRM	100 - 300	Interbedded sandstone and shale				
		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 6. Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan (Bishop, 2000)

2.3.3 Staratigrafi Daerah Penelitian

Batubara daerah Bukit Asam dan sekitarnya yang potensial dan bernilai ekonomis untuk ditambang saat ini ada 5 lapisan. Adapun urutan stratigrafi Tanjung Enim dari tua ke muda ditunjukkan pada **Gambar 7** sebagai berikut:



Gambar 7. Stratigrafi Batuan Di Daerah Bukit Asam Dan Sekitarnya, tanpa skala (PT.Bukit Asam, 2015)

1. Lapisan Batubara Petai (Batubara C)

Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan antara 6-10 m, berwarna hitam mengkilat dan mengandung lapisan pita pengotor batubara lempung dan batulanau dengan ketebalan sekitar 2-10 cm. Selain itu dijumpai pula lensa-lensa batu lanau/*siltstone* (kadang-kadang silikaan) pada 0,7-3,0 m dari “base” dengan tebal 2-15 cm. *Interburden* antara batubara C dengan batubara B2 yang dicirikan oleh batupasir dengan sisipan batulanau dengan ketebalan sekitar 25-40 cm

2. Lapisan Batubara Suban Bawah (Batubara B2)

Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan 3-5 m, dan terdapat pita pengotor berupa batulempung lanau karbon/ *carbonaceous silty claystone* dengan tebal 2-8 cm dengan posisi 0,8-10 m dari “base”. Dijumpai lensa-lensa batu lanau/ *siltstone* (kadang-kadang silikaan) pada 1,1-3,3 cm dari “base” dengan tebal 1-15 cm *interburden* antara B2-B1 selang-seling batulempung dan batulanau dengan tebal 2-5,5 m.

3. Lapisan Batubara Suban Atas (Batubara B1)

Ketebalan lapisan batubara ini kurang lebih 8-12 m. Pita pengotor berupa batulempung lanau karbonan/ *carbonaceous silty claystone* dengan tebal 2-15 cm. Dijumpai lensa-lensa batulanau/ *siltstone* (kadang-kadang silikaan) pada 0,76-6,0 m dari “base” dengan tebal 1-15 cm. *Interburden* antara B1-A2 dicirikan dengan perulangan

batupasir dan batulanau dengan sisipan batubara/ batulempung karbonan (“*suban marker*”) dengan ketebalan 15-23 m.

4. Lapisan Batubara Mangus (Batubara A2)

Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan 5-12,9 m. Pada lapisan ini dijumpai adanya batubara silika pada bagian “*top*” yang sangat keras dengan ketebalan 20-40 cm. Pita pengotor batulempung karbonan dengan tebal 2-15 cm. Dijumpai lensa-lensa batulanau/ *siltstone* (kadang-kadang silikaan) pada 0,9-4,5 m dari “*base*” dengan tebal 1-15 cm. *Interbuden* lapisan batubara A2-A1 dicirikan dengan batulempung, batupasir tuffaan dengan ketebalan 0,5-2 m.

5. Lapisan Batubara Mangus Atas (Batubara A1)

Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan antara 6,5-10 m. Pita pengotor batulempung tuffaan dengan tebal 1-15 cm. Dijumpai lensa-lensa batulanau (kadang-kadang silikaan) pada posisi 0,4-2,6 m dari “*base*” dengan tebal 2-15 cm. *Overbuden* lapisan ini dicirikan dengan ditemuinya batupasir di jumpai adanya *nodul clay ironstone*. Lapisan batubara gantung (*hanging*) dengan tebal 0,3-3,0 m.

III. TEORI DASAR

3.1 Definisi Batubara

Definisi batubara menurut badan standarisasi nasional dalam SNI (1997) adalah endapan yang mengandung hasil akumulasi material organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang telah melalui proses lithifikasi untuk membentuk lapisan batubara. Material tersebut telah mengalami kompaksi, ubahan kimia dan proses metamorfosis oleh peningkatan panas dan tekanan selama periode geologis. Bahan-bahan organik yang terkandung dalam lapisan batubara mempunyai berat >50% volume bahan organik.

3.2. 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 Geotektonik

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 terakumulasi pada suatu lingkungan dan zona fisiografi dengan iklim dan topografi tertentu. Flora merupakan faktor penentu terbentuknya berbagai tipe batubara.

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.

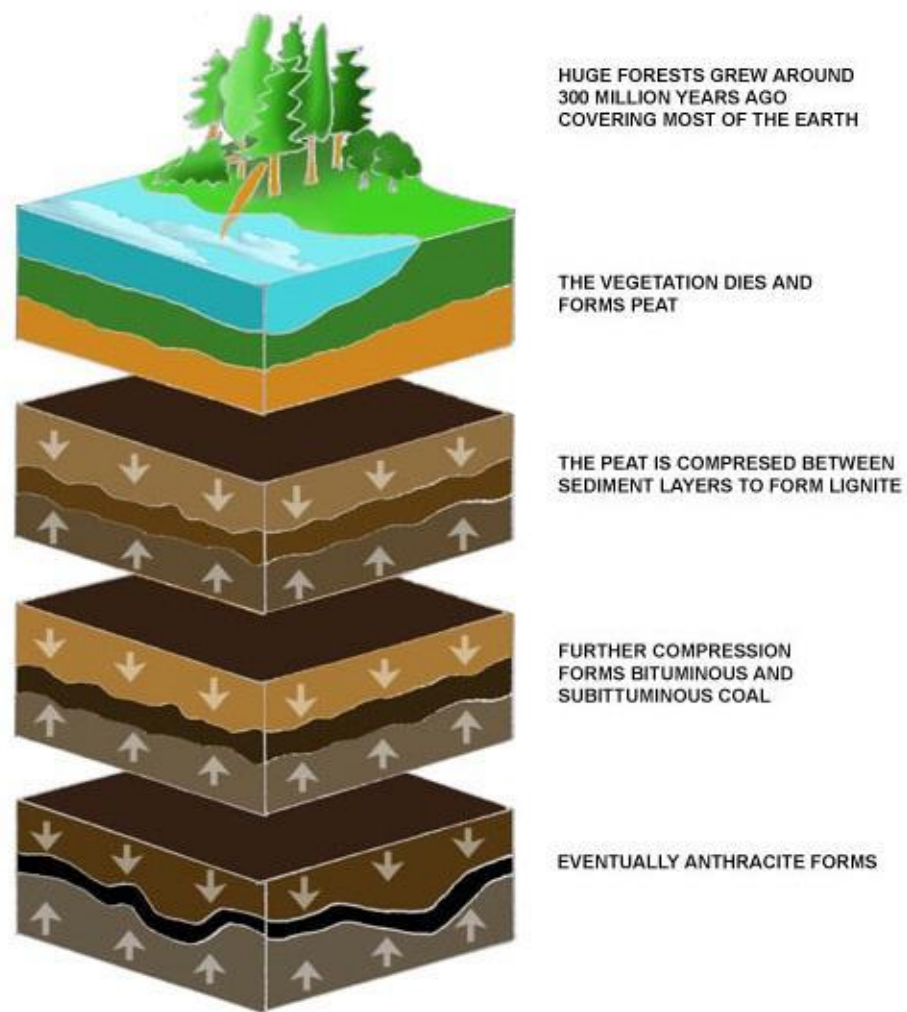
10. Metamorfosa Organik

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.

3.3 Cara dan Tempat Terbentuknya Batubara

Batubara berasal dari tumbuhan yang disebabkan karena adanya proses-proses geologi, kemudian berbentuk endapan batubara yang dikenal sekarang ini. Bahan-bahan tumbuhan mempunyai komposisi utama yang terdiri dari karbon dan hidrogen. Selain itu terdapat kandungan mineral nitrogen. Substansi utamanya adalah *cellulose* yang merupakan bagian dari selaput sel tumbuhan mengandung karbohidrat yang tahan terhadap perubahan kimiawi. Pembusukan dari bahan tumbuhan merupakan proses yang terjadi tanpa adanya oksigen, kemudian berlangsung di bawah air yang disertai aksi dari bakteri, sehingga terbentuklah arang kayu. Tidak adanya oksigen menyebabkan hidrogen lepas dalam bentuk karbondioksida atau karbonmonoksida dan beberapa dari keduanya berubah menjadi metan. Vegetasi pada lingkungan tersebut mati kemudian terbentuklah

Peat (Gambut). Kemudian gambut tersebut mengalami kompresi dan pengendapan diantara lapisan sedimen dan juga mengalami kenaikan temperatur akibat *geothermal gradient*. Akibat proses tersebut maka akan terjadi pengurangan porositas dan Pengurangan *Moisture* sehingga terlepasnya grup OH, COOH, OCH₃, dan CO dalam wujud cair dan gas. Karena banyaknya unsur oksigen dan hidrogen yang terlepas maka unsur karbon relatif bertambah yang mengakibatkan terjadinya lignit (*brown coal*). Kemudian dengan adanya kompresi yang terus menerus serta kenaikan temperatur maka terbentuklah batubara subbituminus dan bituminus dengan tingkat kalori yang lebih tinggi dibandingkan dengan *brown coal*. Bumi tidak pernah berhenti, oleh karena itu kompresi terus berlangsung diiringi bertambahnya temperatur sehingga *moisture* sangat sedikit serta unsur karbon yang banyak merubah batubara sebelumnya ke tingkat yang lebih tinggi yaitu antrasit yang merupakan kasta tertinggi pada batubara (Cook, 1982). Proses pembentukan batubara diperlihatkan pada **Gambar 8**:



Gambar 8. Proses pembentukan batubara (Cook, 1982)

3.3.1 Tempat Terbentuknya Batubara

Tempat terbentuknya batubara dikenal 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, batu bara yang terbentuk seperti ini di Indonesia didapatkan di lapangan batubara Muara Enim, Sumatra 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 tumbuhan yang telah mati di angkut oleh media air dan berakumulasi di suatu tempat kemudian mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran tidak luas, di beberapa tempat, kualitas kurang baik karena banyak mengandung material pengotor yang terangkut bersama selama proses pengangkutan dari tempat asal tanaman ke tempat sedimentasi.

3.4 Well Logging (Log Sumur)

Logging adalah pengukuran satu atau lebih kuantitas fisik di dalam atau di sekitar lubang sumur relatif terhadap kedalaman sumur atau terhadap waktu atau kedua-duanya. Kata *logging* berasal dari kata Bahasa Inggris "*log*" yang berarti catatan atau rekaman. Data "*wireline logs*" diambil di dalam sumur memakai alat yang disebut "*logging tool*", ditransmisikan lewat kabel konduktor listrik (disebut *wireline*) ke atas permukaan untuk direkam dan diolah. Keterangan di atas dapat diilustrasikan seperti yang digambarkan pada Gambar dibawah ini:



Gambar 9. Pengukuran *Wireline Logging* sumur eksplorasi

Terdapat beberapa Jenis log yang digunakan dalam eksplorasi geofisika diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Log *Gamma Ray*

Log *Gamma ray* adalah metode untuk mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur - unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan di sepanjang lubang bor. Unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan tersebut di antaranya Uranium, Torium, Potasium, Radium, dan lain - lain. Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam *shale* dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone*, *limestone*, *dolomite*, *batubara*, *gypsum*, dan lain - lain. Oleh karena itu *shale* akan memberikan respon *gamma ray* yang sangat signifikan dibandingkan dengan batuan yang lainnya.

Jika kita bekerja di sebuah cekungan dengan lingkungan pengendapan *fluvio-deltaic* atau *channel* sistem di mana biasanya sistem per-lapisannya terdiri dari *sandstone* atau *shale* (*sand-shale interbeds*), maka log *gamma ray* ini akan sangat membantu dalam evaluasi formasi (*Formation Evaluation- FE*).

Dikarenakan sinar gamma dapat menembus logam dan semen, maka *Logging gamma ray* dapat dilakukan pada lubang bor yang telah dipasang *casing* ataupun telah dilakukan *cementing*. Walaupun terjadi atenuasi sinar gamma karena *casing* dan semen, akan tetapi energinya masih cukup kuat untuk mengukur sifat radiasi gamma pada formasi batuan di sampingnya.

Seperti yang disebutkan di atas bahwa log *gamma ray* mengukur radiasi gamma yang dihasilkan oleh unsur - unsur radio aktif seperti Uranium, Torium, Potasium dan Radium. Dengan demikian besaran log *gamma ray* yang terdapat di dalam rekaman merupakan jumlah total dari radiasi yang dihasilkan oleh semua unsur radioaktif yang ada di dalam batuan. Untuk memisahkan jenis - jenis bahan radioaktif yang berpengaruh pada bacaan *gamma ray* dilakukan *gamma ray spectroscopy*. Karena pada hakikatnya besarnya energi dan intensitas setiap material radioaktif tersebut berbeda - beda. **Tabel 1** memperlihatkan respon litologi tiap lapisan batuan untuk beberapa tipe log:

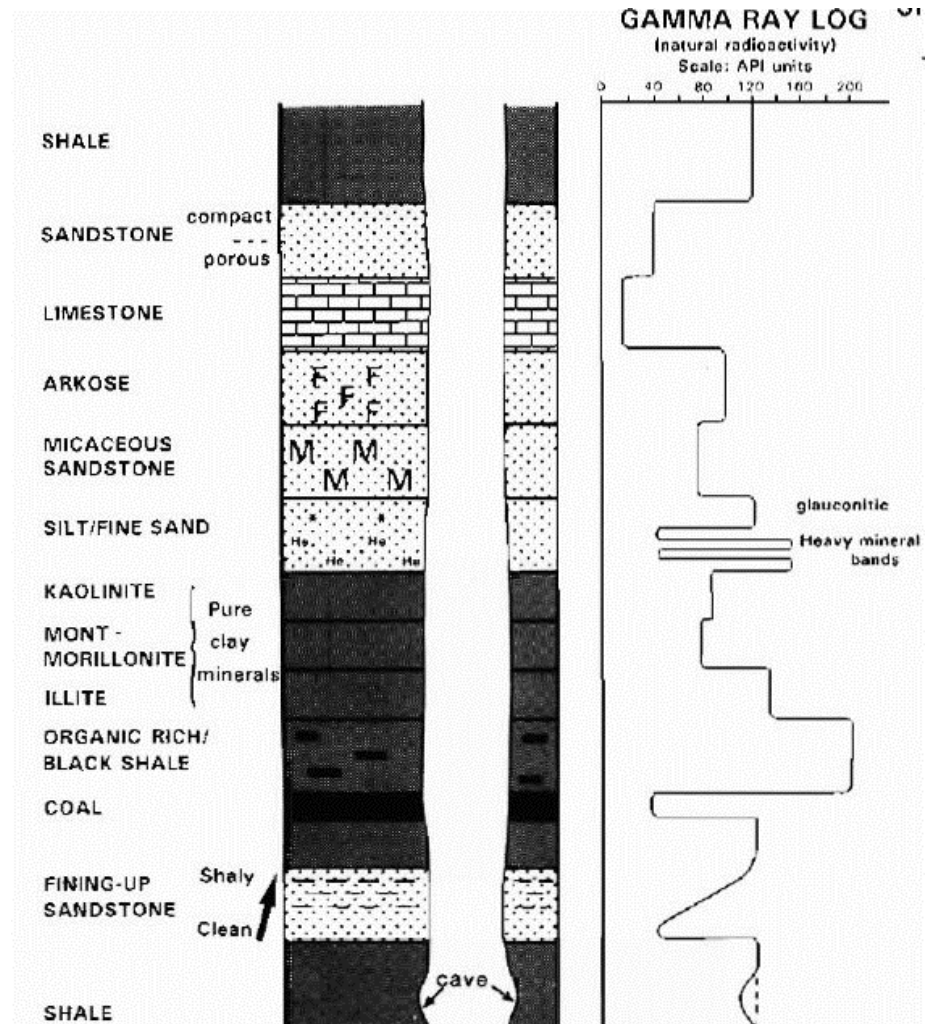
Tabel 1. Respon litologi perlapisan batuan (Haryono, 2010)

Radioaktif Sangat Rendah (0-32.5 API)	Radioaktif Rendah (32.5-60 API)	Radioaktif Menengah (60-100 API)	Radioaktif Sangat Tinggi (>100 API)
Anhidrit	Batu Pasir	Arkose	Batuan Serpih
Salt	Batu Gamping	Batuan Granit	Abu Vulkanik
Batubara	Dolomit	Lempungan	Bentonit
		Pasiran	
		Gamping	

Spectroscopy ini penting dilakukan ketika kita berhadapan dengan batuan *non-shale* yang memungkinkan untuk memiliki unsur radioaktif, seperti mineralisasi Uranium pada *sandstone*, *Potassium Feldspar* atau Uranium yang mungkin terdapat pada *batubara* dan *dolomite*.

Log *gamma ray* memiliki satuan API (*American Petroleum Institute*), di mana tipikal kisaran API biasanya berkisar antara 0 sampai dengan 150. Walaupun

terdapat juga suatu kasus dengan nilai *gamma ray* sampai 200 API untuk jenis *organic rich shale*. **Gambar 10** menunjukkan contoh interpretasi lapisan batuan untuk mendiskriminasi *sandstone* dari *shale* dengan menggunakan log *Gamma ray* (Abdullah, 2009).



Gambar 10. Contoh interpretasi lapisan batuan dengan log *Gamma ray* (Abdullah, 2015).

2. Log densitas

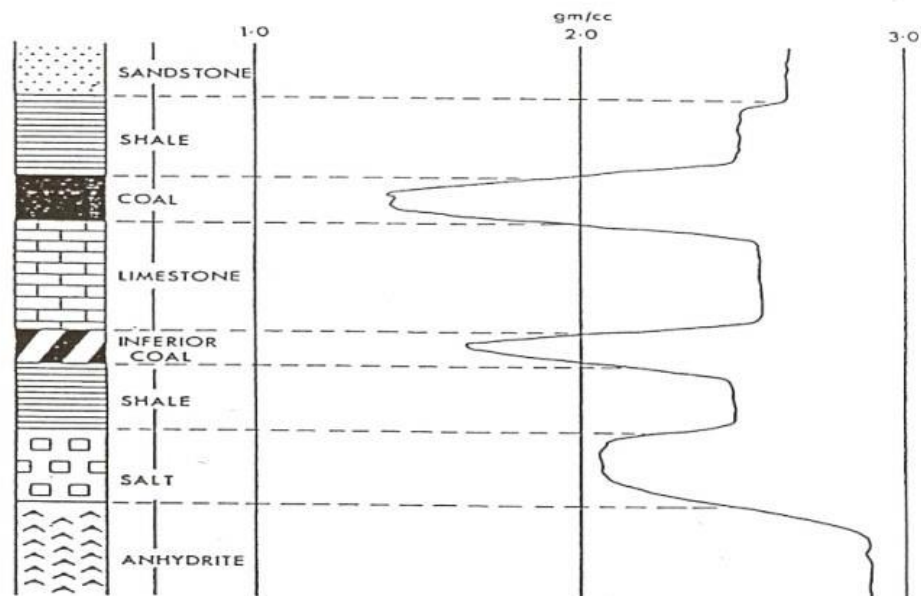
Prinsip kerja log densitas (Harsono, 1993) yaitu suatu sumber radioaktif dari alat pengukur dipancarkan sinar gamma dengan intensitas energi tertentu menembus formasi/batuan. Batuan terbentuk dari butiran mineral, mineral tersusun dari atom-atom yang terdiri dari proton dan elektron. Partikel sinar gamma membentur elektron-elektron dalam batuan. Akibat benturan ini sinar

gamma akan mengalami pengurangan energi (*loose energy*). Energi yang kembali sesudah mengalami benturan akan diterima oleh detektor yang berjarak tertentu dengan sumbernya. Makin lemahnya energi yang kembali menunjukkan makin banyaknya elektron-elektron dalam batuan, yang berarti makin banyak/padat butiran/mineral penyusun batuan persatuan volume. Besar kecilnya energi yang diterima oleh detektor tergantung dari:

- Besarnya densitas matriks batuan.
- Besarnya porositas batuan.
- Besarnya densitas kandungan yang ada dalam pori-pori batuan.

Volume batuan yang diselidiki oleh alat log densitas tergantung pada jarak antara sumber radioaktif dan detektor. Untuk batuan yang tidak memerlukan resolusi tinggi, lebih baik menggunakan jarak antara sumber dan detektor agak jauh yaitu *long spacing density tool* (BPB manual, 1981).

Respon kerapatan di atas *seam* batubara agak unik disebabkan kerapatan batubara yang rendah. Hal ini akan mendekati kebenaran apabila batubara berkualitas rendah. Pada defleksi *gamma ray*, batubara dan batupasir adalah serupa, tapi menunjukkan perubahan kerapatan yang kuat pada log densitas (**Gambar 11**), sehingga dapat dibedakan (BPB manual, 1981).



Gambar 11. Respon litologi yang umumnya dijumpai pada lapisan pembawa batubara dengan metode log densitas (BPB manual, 1981).

Berdasarkan **Gambar 11**, terlihat bahwa batubara mempunyai nilai densitas antara 1,2 s/d 1,8 gr/cc yang berarti densitas terendah di antara semua batuan kecuali bila dibandingkan dengan densitas dari air dan gas yang berada di bawahnya.

Dalam densitas log kurva dinyatakan dalam satuan gr/cc, karena energi yang diterima untuk deflektor dipengaruhi oleh matrik batuan ditambah kandungan yang ada dalam pori batuan, maka satuan gr/cc merupakan besaran *bulk log densitas* batuan (pb).

Pada penelitian yang dilakukan, satuan dari log densitas adalah *counts per second* (CPS) untuk memudahkan perhitungan maka dilakukan kalibrasi satuan dari CPS ke gr/cc. Nilai satuan CPS berbanding terbalik dengan nilai satuan gr/cc. Apabila defleksi log dalam satuan CPS menunjukkan nilai yang tinggi, maka akan menunjukkan nilai yang rendah dalam satuan gr/cc.

Pemanahan adalah apabila nilai dalam CPS tinggi berarti sinyal radioaktif yang ditangkap kembali oleh sensor juga tinggi, hal ini disebabkan sinyal radioaktif yang mengukur kerapatan elektron batuan hanya sedikit, karena kerapatan elektron batuan hanya sedikit atau rendah maka nilai kerapatan massa batuan dalam gr/cc juga rendah, sebaliknya apabila nilai dalam CPS rendah berarti sinyal radioaktif yang mengukur kerapatan elektron batuan lebih banyak atau tinggi sehingga rapat massa batuan dalam gr/cc juga lebih tinggi.

3.5 Analisis Kualitas Batubara

Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Kualitas batubara ditentukan oleh maseral dan mineral matter penyusunnya serta oleh derajat *coalification*. Pada umumnya untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisa kimia padabatubara yang diantaranya dengan memperhatikan sejumlah parameter kualitas yang dihasilkan dari analisis kimia dan

pengujian laboratorium. Analisis kimia batubara terdiri dari 2 jenis, yaitu sebagai berikut:

3.5.1 Analisis Ultimat

Analisis Ultimat adalah cara sederhana untuk menunjukkan unsur pembentuk batubara dengan mengabaikan senyawa kompleks yang ada dan hanya dengan menentukan unsur kimia pembentuk yang penting. Ada 5 unsur utama pembentuk batubara, yaitu karbon, hidrogen, sulfur, nitrogen, oksigen dan fosfor. Kandungan sulfur yang sangat umum dijumpai dalam endapan batubara, yaitu:

- a. Pirit terjadi dalam bentuk makrodeposit (*lensa, vein, joint*)
- b. Sulfur Organik, jumlahnya 20-80% dari sulfur total. Secara kimia terikat dalam bentuk batubara.
- c. Sulfur sulfat, umumnya berupa kalsium sulfat dan besi sulfat dengan jumlah yang kecil.

3.5.1.1 Sulfur dalam Batubara

Sulfur telah bergabung dalam sistim pengendapan batubara sejak batubara tersebut masih dalam bentuk endapan gambut. Gambut di Indonesia terbentuk pada suatu lingkungan pengendapan yang disebut *raised swamp*, yaitu di daerah dimana curah hujan tahunan lebih besar dari evaporasi tahunannya. Pada kondisi seperti ini, gambut akan menghasilkan batubara dengan kandungan sulfur yang rendah karena hanya mendapat pasokan ‘makanan’ dari air hujan. Sulfur dalam batubara didapatkan dalam bentuk mineral sulfat, mineral sulfida dan material organik.

Gambut mengandung semua bentuk sulfur yang didapatkan dalam batubara termasuk sulfur piritik, sulfat dan organik. Kandungan sulfur yang ditemukan pada gambut dapat memprediksikan kuantitas sulfur yang ada dalam batubara.

Gambut yang berada di bawah pengaruh air laut umumnya mengandung kadar sulfur yang lebih tinggi dibandingkan dengan gambut air tawar. Sulfat merupakan reaktan yang menentukan tingkat kuantitas sulfur piritik dan sulfur organik dalam gambut. (Fatimah, 2007), berdasarkan persentase volume atau kadar sulfur yang dikandung batubara, kandungan sulfur dikelompokkan menjadi 4 (empat) yaitu rendah, sedang, tinggi dan kisaran lebar dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Rendah, apabila kandungan sulfur : $S < 0.6\%$
- b. Sedang, apabila kandungan sulfur : $0.6\% < S < 0.8\%$
- c. Tinggi, apabila kandungan sulfur : $S > 0.8\%$
- d. Kisaran lebar, apabila kandungan sulfur menunjukkan nilai yang meliputi kelompok rendah, sedang dan tinggi.

3.5.1.2 Nilai Kalori Pada Batubara

Harga nilai kalor merupakan penjumlahan dari harga-harga panas pembakaran batubara. Harga nilai kalor yang dapat dilaporkan adalah harga *gross calorific value* dan biasanya dengan besar *air dried*, sedang nilai kalor yang benar-benar dimanfaatkan dalam pembakaran batubara adalah *net caloric value* yang dapat dihitung dengan harga panas latent dan sensible yang dipengaruhi oleh kandungan total dari air dan abu. Kalor adalah suatu bentuk energi yang diterima oleh suatu benda yang menyebabkan benda berubah suhu atau wujud bentuknya. Kalor berbeda dengan suhu, karena suhu adalah ukuran

dalam satuan derajat panas. Kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Kalor memiliki satuan Kalori (kal) dan Kilokalori (Kkal). Berikut merupakan hasil penentuan kelas batubara berdasarkan ketentuan Devisi Batubara, Direktorat Investasi Sumber Daya Mineral dan Batubara (dalam *Indonesia Coal Resources Reserves and Calorific Value*, 2003).

- a. *Low* (Rendah) nilai kalori <5100 (kcal/kg, adb)
- b. *Medium* (Sedang) nilai kalori 5100-6100 (kcal/kg, adb)
- c. *High* (Tinggi) nilai kalori 6100-7100 (kcal/kg, adb)
- d. *Very High* (Sangat Tinggi) nilai kalori >7100 (kcal/kg, adb)

3.5.2 Analisis Proximat

Dalam menganalisis batubara digunakan analisis *proximate* dengan beberapa parameter diantaranya jumlah kadar air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), abu (*ash*), dan kadar karbon (*fixed carbon*) yang terkandung didalam batubara.

a. Kadar Air (*Moisture*)

Semua batubara memiliki kadar air (*moisture*) yang terdiri dari air permukaan (*surface moisture*) dan di dalam batubara itu sendiri (*inherent moisture*). Kadar air dalam batubara menjadi bertambah pada saat pencucian batubara sehabis penambangannya. Bertambahnya kadar air di dalam batubara juga disebabkan karena penimbunan di udara terbuka atau bila butiran-butiran batubaranya makin halus (Pratiwi, 2013).

b. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Di dalam batubara terkandung sejumlah zat-zat atau gas-gas yang mudah terbang antara lain hidrogen dan zat-zat air arang (CH_4 , C_2H_6 , C_2H_2 , C_2H_4) sebagainya (Pratiwi, 2013). Zat atau gas yang mudah terbang tersebut akan segera terbakar setelah bercampur dengan udara pembakaran. Yang dimaksud dengan kandungan zat-zat mudah terbang tersebut adalah prosentase atau berat dari zat-zat penguap, bila dilakukan destilasi terhadap bahan bakar tersebut tanpa adanya hubungan dengan udara pada temperatur 950°C dikurangi berat uap air yang menguap sedangkan sisanya berupa kokas. Kandungan zat terbang memberikan pengaruh terhadap peningkatan konversi kandungan zat terbang batubara. Kandungan zat terbang yang tinggi menunjukkan bahwa batubara didominasi oleh struktur alifatik dan gugus fungsional eter yang lemah dan mudah di putuskan ketika dipanaskan dalam suhu yang tinggi.

c. Kadar Karbon (*Fixed Carbon*)

Kadar karbon tetap merupakan bagian dari batubara yang membutuhkan waktu lama untuk terbakar di dalam ruang bakar, karena masih terdapat sisa karbon. *Fixed Carbon* ditentukan dengan perhitungan: 100% dikurangi persentase *moisture*, *volatile matter*, dan *ash* (dalam basis kering udara (adb)).

d. Kadar Abu (*ASH*)

Abu merupakan zat mineral yang tidak terbakar dan akan tertinggal ketika batubara terbakar sempurna. Kadar abu yang tinggi dalam batubara tidak mempengaruhi proses pembakaran, namun dapat memperbesar kerugian yang disebabkan terdapatnya sejumlah bahan bakar yang terbang bersama dengan abu

tersebut. Abu batubara mengandung sebagian unsur yang bersifat *volatile* pada temperatur tinggi dan ukuran batubara sangat bervariasi yang semuanya tergantung pada teknik penggilingan batubara (Pratiwi, 2013). Dari hasil libah pembakaran batubara banyak ditemukannya unsur Si dan Al yang berupa abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Abu layang dan abu dasar tersebut memiliki kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 dengan presentase yang berbeda. Abu layang yaitu sebesar 51.8% dan 26.85% sedangkan abu dasar sebesar 57.48% dan 35.61% (Fatiha, 2013).

3.6 Uji statistik

3.6.1 Pengertian Korelasi

Korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi / hubungan (*measures of association*). Pengukuran asosiasi merupakan istilah umum yang mengacu pada sekelompok teknik dalam statistik bivariat yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Di antara sekian banyak teknik-teknik pengukuran asosiasi, terdapat dua teknik korelasi yang sangat populer sampai sekarang, yaitu Korelasi *Pearson Product Moment* dan Korelasi *Rank Spearman*. Pengukuran asosiasi mengenakan nilai numerik untuk mengetahui tingkatan asosiasi atau kekuatan hubungan antara variabel. Dua variabel dikatakan berasosiasi jika perilaku variabel yang satu mempengaruhi variabel yang lain. Jika tidak terjadi pengaruh, maka kedua variabel tersebut disebut independen.

Korelasi bermanfaat untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel (kadang lebih dari dua variabel) dengan skala-skala tertentu, misalnya *Pearson* data harus berskala interval atau rasio; *Spearman* dan Kendal

menggunakan skala ordinal. Kuat lemah hubungan diukur menggunakan jarak (*range*) 0 sampai dengan 1. Korelasi mempunyai kemungkinan pengujian hipotesis dua arah (*two tailed*). Korelasi searah jika nilai koefisien korelasi ditemukan positif; sebaliknya jika nilai koefisien korelasi negatif, korelasi disebut tidak searah. Yang dimaksud dengan koefisien korelasi ialah suatu pengukuran statistik kovariasi atau asosiasi antara dua variabel. Jika koefisien korelasi ditemukan tidak sama dengan nol (0), maka terdapat hubungan antara dua variabel tersebut. Jika koefisien korelasi ditemukan +1, maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (*slope*) positif. Sebaliknya, jika koefisien korelasi ditemukan -1, maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (*slope*) negatif. Dalam korelasi sempurna tidak diperlukan lagi pengujian hipotesis mengenai signifikansi antar variabel yang dikorelasikan, karena kedua variabel mempunyai hubungan linear yang sempurna. Artinya variabel X mempunyai hubungan sangat kuat dengan variabel Y. Jika korelasi sama dengan nol (0), maka tidak terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut.

3.6.2 Korelasi *Product Moment Pearson*

Analisis korelasi digunakan untuk menjelaskan kekuatan dan arah hubungan antara dua variabel. Korelasi bersifat *undirectional* yang artinya tidak ada yang ditempatkan sebagai *predictor* dan *respon*.

Angka korelasi berkisar antara -1 s/d +1. Semakin mendekati 1 maka korelasi semakin mendekati sempurna. Sementara nilai negatif dan positif

mengindikasikan arah hubungan. Arah hubungan yang positif menandakan bahwa pola hubungan searah atau semakin tinggi A menyebabkan kenaikan pula B (A dan B ditempatkan sebagai variabel). **Tabel 2** menjelaskan tentang interpretasi angka korelasi menurut Prof. Sugiyono.

Tabel 2. Interpretasi angka korelasi menurut Prof. Sugiyono (2007)

Nilai <i>Range</i> Korelasi	Keterangan
0 – 0.199	Sangat Lemah
0.20 – 0.399	Lemah
0.40 – 0.599	Sedang
0.60 – 0.799	Kuat
0.80 – 1.00	Sangat Kuat

Pearson r correlation biasa digunakan untuk mengetahui hubungan pada dua variabel. Korelasi dengan *Pearson* ini mensyaratkan data terdistribusi normal. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Variansi (s)

$$s = \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}}$$

- b. Covariansi (Cov_{xy})

$$Cov_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n(n-1)}$$

- c. Koefisien Korelasi Pearson (r)

$$r = \frac{Cov_{xy}}{s_x s_y}$$

Di mana:

X : Besar Nilai X (Nilai Variabel)

Y : Besar Nilai Y (Nilai Variabel)

N : Jumlah Sampel (Sugiyono, 2007).

3.6.3 Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi linier sederhana adalah hubungan secara linear antara satu variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan.. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio.

Rumus regresi linear sederhana sebagai berikut:

$$Y' = a + bX$$

Keterangan:

Y' = Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)

X = Variabel independen

a = Konstanta (nilai Y' apabila $X = 0$)

b = Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

3.7 Analisis Nisbah Kupas atau *Stripping Ratio* (SR)

Dalam menganalisis nilai potensialitas *seam* batubara di suatu area penelitian dapat dilakukan langkah – langkah dalam uraian berikut ini:

1. Faktor volume

Faktor volume merupakan tahap awal dalam penentuan *Stripping Ratio*. Penampang litologi pemboran menunjukkan formasi litologi yang ditembus dan ketebalan masing - masing formasi litologi. Dari informasi tersebut, dilakukan identifikasi ketebalan tanah penutup dan batubara. Untuk batubara dengan sistem perlapisan multiseam, dilakukan penjumlahan total ketebalan untuk seluruh seam. Prosedur ini berlaku untuk seluruh lubang bor. Perbedaan ketebalan dari tanah penutup dan batubara berpengaruh terhadap elevasi batas atas dan batas bawah keduanya. Dalam kasus ini batasan antara batubara dan batubara diasumsikan jelas.

2. Faktor Tonase

Pada industri pertambangan, penjualan bahan galian dan kapasitas produksi dilakukan selain atas dasar volume juga dilakukan atas dasar berat dari bahan galian tersebut. Konversi dari volume ke berat harus dilakukan dalam kaitannya dengan kegiatan pemuatan, pengangkutan maupun untuk kegiatan pengolahan. Dalam perhitungan cadangan, tanah penutup yang akan dikupas maupun batubara yang akan ditambang dihitung dalam satuan berat (tonase). Konversi satuan volume ke satuan berat dilakukan dengan bantuan suatu faktor tonase. Faktor tonase yang dimaksud adalah densitas.

Besar nilai densitas untuk setiap material berbeda-beda. Umumnya satuan yang digunakan untuk densitas antara lain gram/cm, ton/meter³, dan pound/feet³. Nilai densitas untuk tanah penutup (humus dan lempung) sekitar sebesar 1,365 ton/m³

dan densitas batubara sebesar $1,3 \text{ ton/m}^3$. Berat (tonase) tanah penutup yang akan dikupas maupun batubara yang akan ditambang diperoleh dengan mengalikan volume keduanya dengan densitas masing-masing. Perhitungan tonase dinyatakan pada persamaan berikut:

$$\text{Tonase} = \text{Volume} * \text{Densitas}$$

3. Nisbah Pengupasan

Salah satu cara menguraikan efisiensi geometri dari operasi penambangan Berdasarkan nisbah pengupasan. Nisbah pengupasan (*Stripping Ratio*) menunjukkan perbandingan antara volume tanah penutup dengan volume Batubara atau tonase tanah penutup dengan tonase batubara pada areal yang akan ditambang.

Rumusan umum yang sering digunakan untuk menyatakan perbandingan ini dapat dilihat pada persamaan berikut: *Stripping Ratio* = Tanah Penutup (ton) / Batubara (ton). Perbandingan antara tanah penutup dengan batubara juga dapat dinyatakan Melalui perbandingan volume dengan rumusan seperti berikut ini:

Stripping Ratio = Tanah Penutup (m^3) / Batubara (m^3). Dalam dunia tambang perbandingan tebal lapisan ini disebut sebagai *Stripping Ratio*. Secara mudah bisa dikatakan SR akan menentukan berapa banyak *Overburden* yang harus “dikupas” untuk mendapatkan batubara. Ilustrasi nya, dengan $\text{SR} = 15$, *Overburden* (OB) yang harus dikupas adalah 15 ton atau 15 m^3 untuk mendapatkan 1 ton atau m^3 batubara. Makin besar SR maka akan semakin besar biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan 1 ton batubara karena harus membuang lebih banyak *Overburden* (Azis, 2011).

IV. METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 18 April 2016 sampai dengan 10 Juni 2016 di PT. Bukit Asam (persero) Tbk, di Satuan Kerja Unit Eksplorasi Rinci, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. Dilanjutkan sampai dengan November 2016 di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung.

4.2 Metode Penelitian

Berikut merupakan urutan metode penelitian yang penulis lakukan di PT. Bukit Asam, dan di Lab. Teknik Geofisika Universitas Lampung:

1. Pengambilan Data

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menggunakan data sekunder, yakni melakukan analisis data yang sudah ada dan di lanjutkan dengan ke pengolahan data.

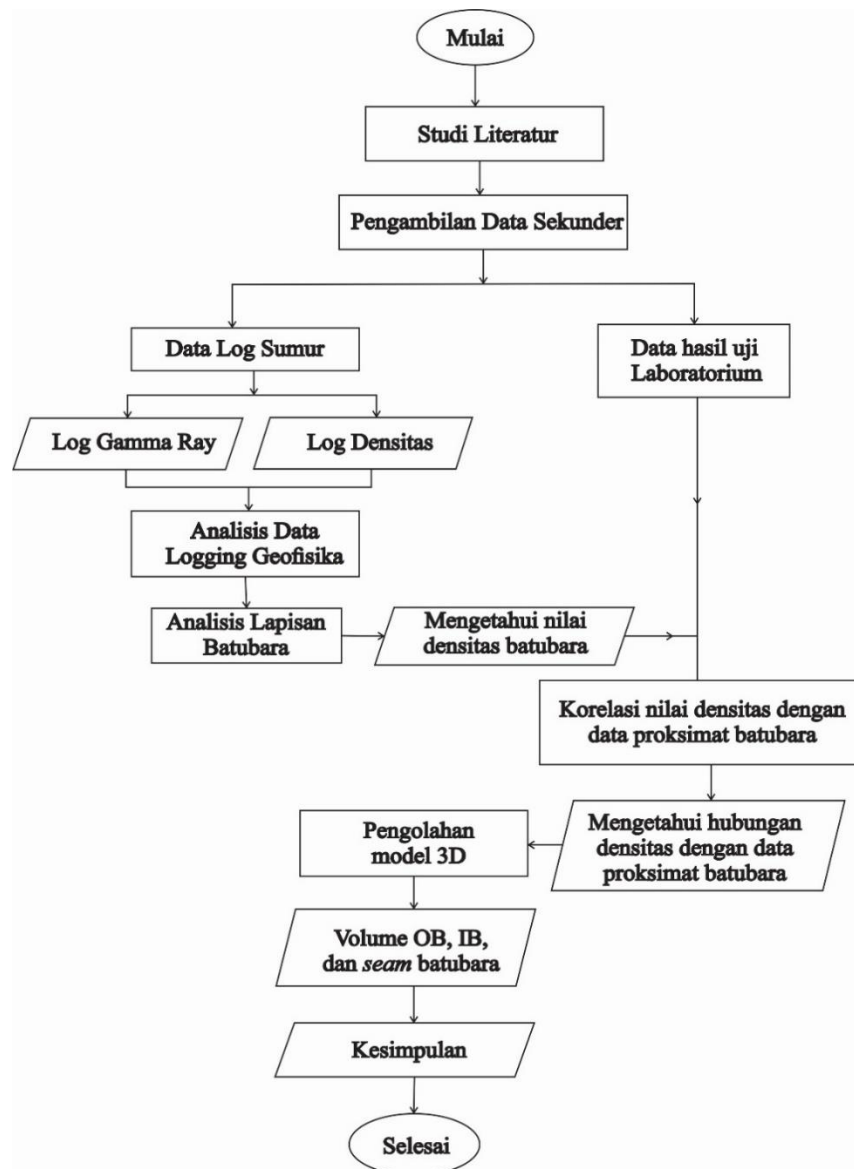
2. Pengolahan Data

Pada penelitian ini data yang di olah adalah data (*.las). Data *log* sumur yang berupa LAS file diolah dengan menggunakan *software Wellcad 4.0* untuk dapat mendapatkan tampilan grafik *log* sumur yang terdiri dari *log Gamma Ray*, *Short Density*. Grafik *log* diinterpretasi litologi bantuannya berdasarkan besar kecilnya nilai *log Gamma Ray* dan *Density*. Untuk

memodelkan sebaran sumur, elevasi, dan ketebalan litologi nya digunakan software *Oasis Montaj 8.3.3* dan *Rockwork 15* lalu untuk menghitung volume Overburden, Interburden, dan *seam* Batubara digunakan juga software *Oasis Montaj 8.3.3* dan *Rockwork 15*.

4.3 Diagram Alir

Proses berjalannya penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian di bawah ini.



Gambar 12. Diagram alir penelitian

VI. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang penulis dapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada daerah penelitian batubara *seam* A1 memiliki ketebalan rata-rata 10.41 m, *seam* A2 memiliki ketebalan rata-rata 11.16 m, *seam* B1 memiliki ketebalan rata-rata 12.45 m, *seam* B2 memiliki ketebalan rata-rata 4.27 m, dan *seam* C memiliki ketebalan rata-rata 10.28 m
2. Hubungan nilai log densitas dengan kalori (*calorific value*) didapatkan nilai $R^2 = 0,7504$ atau 75,04% cenderung ke arah negatif, dan dikategorikan korelasi kuat.
3. Hubungan nilai log densitas dengan kadar air didapatkan nilai $R^2 = 0,6763$ atau 67,63% cenderung ke arah positif, dan dikategorikan korelasi kuat.
4. Hubungan nilai log densitas dengan zat terbang didapatkan nilai $R^2 = 0,3835$ atau 38,35% cenderung ke arah negatif, dan dikategorikan korelasi lemah.
5. Hubungan nilai log densitas dengan kadar abu didapatkan nilai $R^2 = 0,6587$ atau 65,87% cenderung ke arah positif, dan dikategorikan korelasi kuat.
6. Dari perhitungan menggunakan *software Oasis Montaj 8.3.3*. didapatkan total volume *overburden* dan *interburden* sebanyak 4.137.267 ton serta total batubara sebanyak 2.284.760 ton. Sedangkan dengan menggunakan *Rockwork 15*

didapatkan total volume *overburden* dan *interburden* sebanyak 9.836.083 ton serta total batubara sebanyak 4.470.160 ton.

7. Nilai *Striping Ratio* daerah penelitian baik menggunakan *Oasis Montaj 8.3.3* maupun *Rockwork 15* adalah 1:2, yang berarti perlu dilakukan “pengupasan” lapisan *overburden* sebanyak 2 ton untuk mendapatkan 1 ton lapisan batubara.

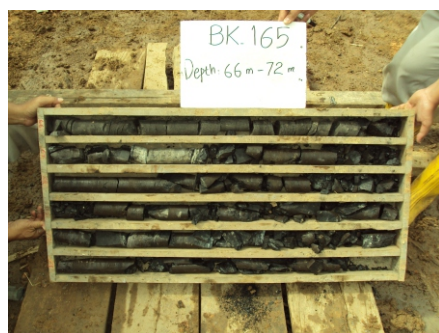
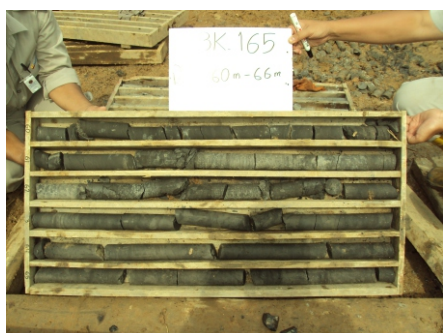
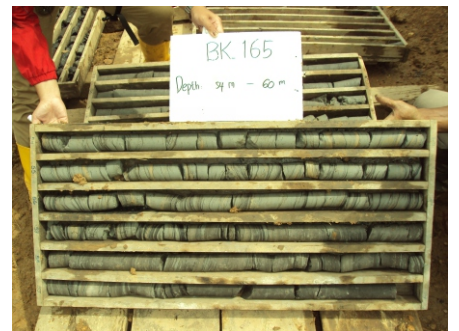
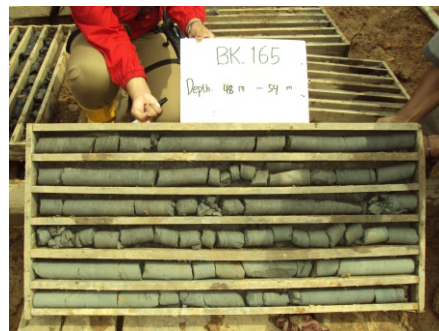
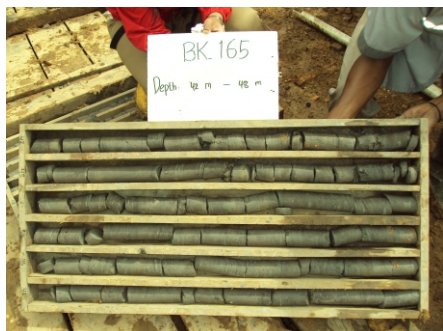
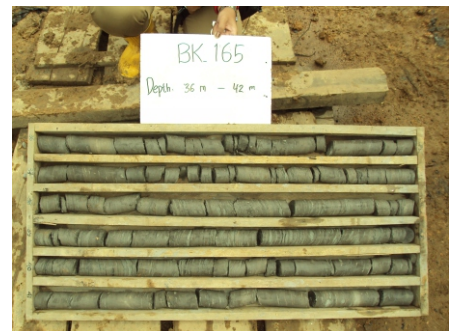
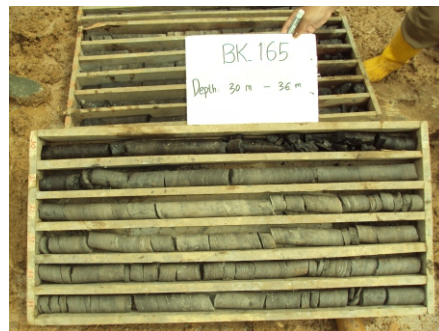
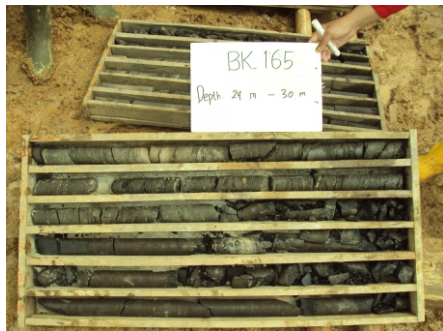
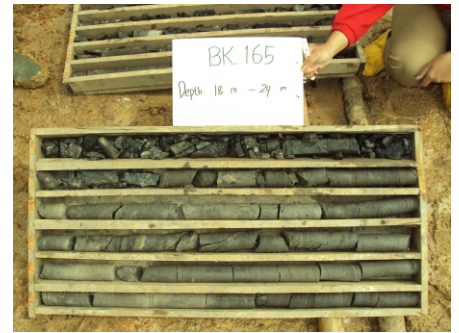
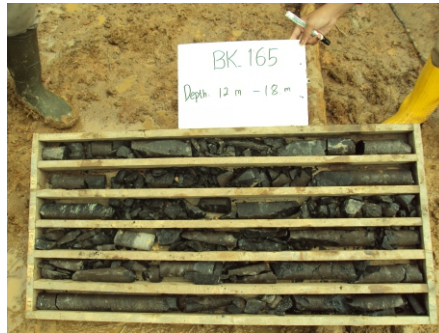
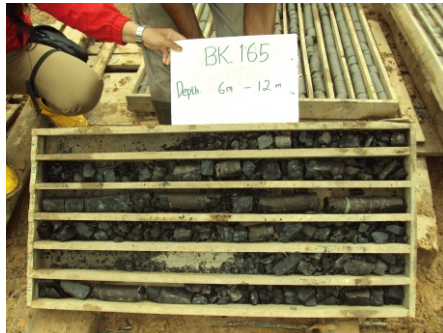
DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., 2011. *Ensiklopedia Seismik*. Indonesia: E-Book Ensiklopedia Seismik
- Bishop, A. W., & Henkel, D. J., 2000. *The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test*. Second Edition, Edward Arnold Publishers, Ltd., London, U.K., 227 p
- BPB manual. 1981. *British Petroleum Book*. British Company. United Kingdom.
- Cook, A.C., 1982. *The Origin and Petrology of Organic Matter in Coals, Oil Shales, and Petroleum Source-Rock*. Australia:Geology Departement of WollonggongUniversity.
- De Coster, G.L., 1974. *The Geology of the Central Sumatra and South Sumatra Basins*. Proceeding Indonesia Petroleum Assoc 4 Annual Convention.
- Dewanto, O., 2006. *Buku Ajar Well Logging Vol-1*. Jurusan Fisika FMIPA UNILA. Bandar Lampung.
- Diessel, C.F.K., 1992. *Coal-Bearing Depositional Systems*. Berlin: Springer Verlag.
- Fatiha, W.Y., 2013. *Sintesis Zeolit dari Fly Ash Batubara Oblin pada Temperatur Rendah dengan menggunakan Air Laut*. Universitas Andalas. Padang.
- Fatimah dan Herudiyanto., 2007. *Kandungan Sulfur Batubara Indonesia*. Pusat Sumber Daya Geologi. Bandung.
- Harsono. 1993. *Pengantar Evaluasi Log*. Schlumberger Data Services. Jakarta.
- Haryono, A. 2010. *Interpretasi Pola Sebaran Lapisan Batubara Berdasarkan Data Log Gamma Ray*. Fisika Mulawarman, Vol.6 No.2.
- Horne., 1978 dalam Allen G.P Chambers., 1998. *Sedimentation in the Modern and Miocene Delta*. IPA.

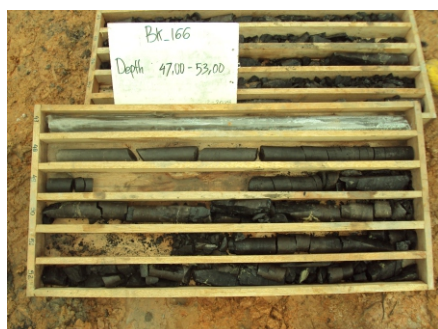
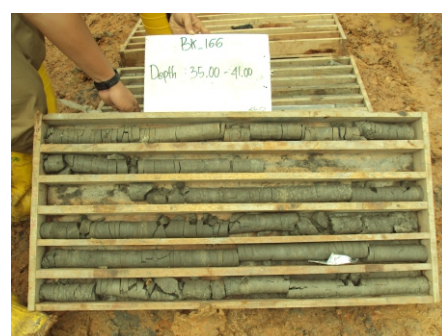
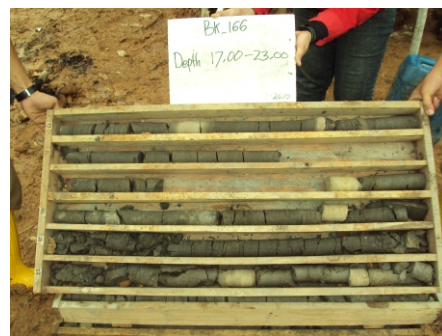
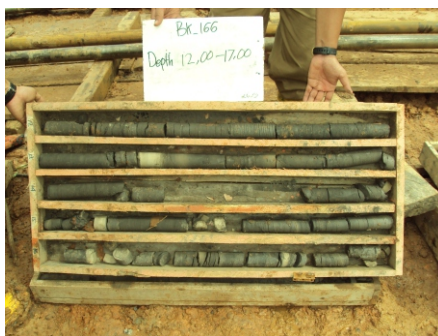
- Iswati, Y., 2012. *Skripsi: Analisis Core Dan Defleksi Log Untuk Mengetahui Lingkungan Pengendapan dan Menentukan Cadangan Batubara Di Banko Barat Pit 1, Sumatera Selatan*. Teknik Geofisika Unila. Lampung.
- Koesoemadinata, R.P., 1978. *Tertiary Coal Basin of Indonesia*. United Nation ESCAP, CCOP Technical Bulletin. Bandung.
- Martono, H.S., 2004. *Prinsip Pengukuran Logging (Dokumen RecsaLOG)*. Bandung.
- Pratiwi, R., 2013. *Pengaruh Struktur Dan Tektonik Dalam Prediksi Potensi Coalbed Methane Seam Pangadang-A, Di Lapangan "Dipa", Cekungan Sumatera Selatan, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- 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) Tbk. 2007. *Laporan Internal Pemboran Eksplorasi dan Geophysical Logging*. Satuan Kerja Unit Eksplorasi Rinci. Tidak dipublikasikan.
- Putro, S.D., Santoso, A., dan Hidayat, W., 2014. *Analisa Log Densitas Dan Volume Shale Terhadap Kalor, Ash Content Dan Total Moisture Pada Lapisan Batubara Berdasarkan Data Well Logging Daerah Banko Pit 1 Barat, Kecamatan Lawing Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan*. UPN "Veteran" Yogyakarta.
- SNI. SNI 13-5014-1998. *Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara*. Tersedia pada http://www.dim.esdm.go.id/kepmen_pp_uu/SNI_13-51041998.pdf. Diakses tanggal 18 April 2016.
- Sari, L., 2009. *Potensi Batubara Indonesia*. Jurnal Lingkungan, Agustus, 2009
- Serra, O., 1989. *Sedimentological Analysis of Sand Shale series from Well Logs*, SPWLA 16th Ann. Symp. Trans. Paper W
- Spruyt, J.N., 1956. *Subdivisions and nomenclature of the tertiary sediments of the Jambi Palembang area*. Pertamina internal report
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Administrasi*. Bandung: Alfabeta.
- Sukendar, A., 1998. *Geologi Struktur Indonesia*. Jurusan Teknik Geologi ITB. Bandung.

LAMPIRAN

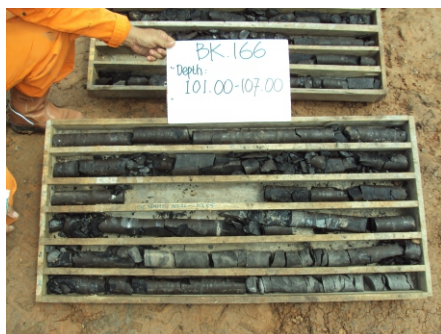
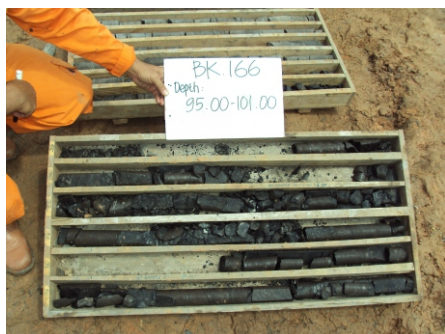
CORE DEA_01



CORE DEA_02



CORE DEA_02



CORE DEA_03



CORE DEA_04



CORE DEA_04



TABEL ANALISIS LAB KUALITAS BATUBARA

BHID	SEAM	Total Moisture	PROXIMATE				Gross Calorific Value	Total Sulphur
			(% ADB)					
		TM	IM	VM	FC	A		
		(%,ar)	Inherent Moisture	Volatile Matter	Fixed Carbon	Ash	cal/gr, adb	(%,adb)
DEA_01	B2	24.20	14.70	40.90	42.20	2.20	5889	1.07
	C	25.50	10.00	43.80	43.60	2.60	6382	1.33
DEA_02	A1	25.80	12.20	41.60	43.40	2.80	6143	0.65
	A2	25.90	13.10	40.20	43.70	3.00	6152	0.17
	B1	25.40	13.20	40.10	43.80	2.90	6102	0.30
	B2	25.60	12.90	37.90	39.80	9.40	5648	1.78
	C1	24.00	12.60	40.60	42.80	4.00	6163	1.54
DEA_03	B2	26.20	10.90	41.40	45.20	2.50	6317	1.29
	C	25.60	11.20	43.70	43.10	2.00	6349	1.39
DEA_05	B1	24.50	12.50	41.90	42.80	2.80	6176	0.32
	B2	23.10	12.50	39.20	40.50	7.80	5807	1.37
	C	23.90	12.10	39.70	44.70	3.50	6215	1.24
DEA_06	A1	18.80	9.80	42.00	43.40	4.80	6263	0.31
	A2	17.30	10.40	40.60	47.10	1.90	9476	0.14
	B1	19.60	9.80	39.70	46.30	4.20	6396	0.56
	B2	17.40	9.70	39.00	47.70	3.60	6393	1.29
	C	18.80	9.40	39.30	48.60	2.70	6574	0.75
DEA_04	A1	19.30	11.20	36.10	43.00	9.70	5770	0.50
	A2	22.50	10.50	41.40	46.10	2.00	6317	0.20
	B1	21.60	11.30	39.50	44.90	4.30	6221	0.30
	B2	25.10	12.30	37.70	46.20	3.80	6121	1.40

INPUT OASIS MONTAJ 8.3.3

A. COLAR DATA

Hole Id	Total Depth	X	Y	Z
DEA1	83.9	369168.6	9584277	62.3
DEA2	167.94	369013.8	9583972	60.13
DEA4	88.98	369097.4	9584043	72.96
DEA5	94.42	369257.5	9584009	54.13
DEA6	170.62	369025	9583879	56.49

B. Geology Data

Depth From	Depth To	Hole Id	Rock
0	5.68	DEA1	DPS2
5.68	19.1	DEA1	DPS4
19.1	26.76	DEA1	DPS1
26.76	31.18	DEA1	DPS4
31.18	50	DEA1	DPS1
50	57.6	DEA1	DPS3
57.6	67.44	DEA1	DPS1
67.44	78.08	DEA1	DPS4
78.08	83.8	DEA1	DPS2
0	48.2	DEA2	DPS2
48.2	58.42	DEA2	DPS4
58.42	61.74	DEA2	DPS1
61.74	67.46	DEA2	DPS2
67.46	79.76	DEA2	DPS4
79.76	92.58	DEA2	DPS2
92.58	105.54	DEA2	DPS4
105.54	112	DEA2	DPS2
112	116.7	DEA2	DPS4
116.7	128.58	DEA2	DPS2
128.58	131.18	DEA2	DPS1
131.18	135.24	DEA2	DPS2
135.24	145.22	DEA2	DPS3
145.22	149.72	DEA2	DPS2

149.72	156.3	DEA2	DPS1
156.3	167.82	DEA2	DPS4
0	16.24	DEA4	DPS2
16.24	26.94	DEA4	DPS4
26.94	36.26	DEA4	DPS1
36.26	47.68	DEA4	DPS4
47.68	62.08	DEA4	DPS2
62.08	72.78	DEA4	DPS4
72.78	75	DEA4	DPS3
75	80.78	DEA4	DPS3
80.78	85.14	DEA4	DPS4
85.14	88.98	DEA4	DPS2
0	9.78	DEA5	DPS2
9.78	14.56	DEA5	DPS1
14.56	27.82	DEA5	DPS4
27.82	34.56	DEA5	DPS1
34.56	39.26	DEA5	DPS4
39.26	45.12	DEA5	DPS1
45.12	48.66	DEA5	DPS3
48.66	62.2	DEA5	DPS1
62.2	67.48	DEA5	DPS2
67.48	79.94	DEA5	DPS1
79.94	89.14	DEA5	DPS4
89.14	94.2	DEA5	DPS1
0	7.94	DEA6	DPS3
7.94	17.64	DEA6	DPS1
17.64	53.76	DEA6	DPS2
53.76	64.42	DEA6	DPS4
64.42	65.92	DEA6	DPS1
65.92	71.9	DEA6	DPS2
71.9	83.04	DEA6	DPS4
83.04	90.02	DEA6	DPS2
90.02	96.66	DEA6	DPS1
96.66	107.8	DEA6	DPS4
107.8	110.08	DEA6	DPS3
110.08	116.36	DEA6	DPS1
116.36	120.42	DEA6	DPS4
120.42	138.26	DEA6	DPS1
138.26	145.1	DEA6	DPS3
145.1	157.22	DEA6	DPS1
157.22	167.76	DEA6	DPS4
167.76	170.62	DEA6	DPS1

C. Translation Data

Code	Description	Field Name	Table Name
DPS4	<i>Coal</i>	ROCK	GEOLOGI
DPS3	<i>Sandstone</i>	ROCK	GEOLOGI
DPS2	<i>Siltstone</i>	ROCK	GEOLOGI
DPS1	<i>Claystone</i>	ROCK	GEOLOGI