

**IDENTIFIKASI SEBARAN DAN ESTIMASI SUMBER DAYA
BATUBARA MENGGUNAKAN METODE POLIGON
BERDASARKAN INTEPRETASI DATA
LOGGING PADA LAPANGAN "ADA"
SUMATERA SELATAN**

(Skripsi)

Oleh

DEDDI ADRIAN



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2017**

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF DISTRIBUTION AND ESTIMATION COAL RESOURCES USING POLYGON METHOD BASED ON INTERPRETATION OF LOGGING DATA ON THE FIELD "ADA", SOUTH SUMATERA

By

Deddi Adrian

As petroleum reserves depleted, certainly encourage the government to search for new energy sources. Eksploration of coal is the right choice because its potential is so great in Indonesian especially in South Sumatera Province is known have content 37,80% from total resources in Indonesian. Well logging method is one of geophysics method used to find and estimate coal resources. Advantages of well logging method is able to describe subsurface laterally. The purpose of this study is displaying an overview of subsurface rock layers, determine the direction of distribution by correlating coal seam between wells based on data logging, and to estimate coal resources in the research area. The total area of the author's research is 442.056 m² has 10 wells. Log data used in this study is gamma ray log dan density log, where coal seams are characterized by gamma ray log response and low log density responses. On the field "ADA" found four coal seam, that is seam A1 with thickness 8,28 m, seam A2 with thickness 13,62 m, seam B with thickness 18,50, and seam C with thickness 8,84. Direction of coal distribution from South to North with slope angle 5-30° and direction of sincerity from East to West. The author calculates the estimated coal resource using polygon method because this calculates method can be done with a short time and the results are right. Total coal by polygon method of 18.322.653 m³ in tons of 21.987.184 – 27.483.980 ton while calculations with software rock works 15 amount 18.786.254 m³ in tons of 22.543.505 – 28.179.381 ton.

Keywords: Coal, well logging, seam, resources, polygon method.

ABSTRAK

IDENTIFIKASI SEBARAN DAN ESTIMASI SUMBER DAYA BATUBARA MENGGUNAKAN METODE POLIGON BERDASARKAN INTEPRETASI DATA LOGGING PADA LAPANGAN "ADA" SUMATERA SELATAN

Oleh

Deddi Adrian

Seiring semakin menipisnya cadangan minyak bumi, tentu mendorong pemerintah untuk melakukan pencarian sumber energi baru. Ekplorasi batubara merupakan pilihan yang tepat karena potensinya yang begitu besar di Indonesia khususnya di Provinsi Sumatera Selatan diketahui memiliki kandungan 37,80% dari total sumber daya di Indonesia. Metode *well logging* adalah salah satu metode geofisika yang digunakan guna menemukan dan mengestimasi sumber daya batubara. Keunggulan dari metode *well logging* adalah mampu menggambarkan keadaan bawah permukaan secara lateral. Tujuan penelitian ini adalah menampilkan gambaran mengenai lapisan batuan bawah permukaan, menentukan arah sebaran dengan mengkorelasikan *seam* batubara antar sumur bor berdasarkan data *logging*, dan mengestimasi sumber daya batubara pada daerah penelitian. Luas daerah penelitian penulis sebesar 442.056 m² memiliki 10 sumur bor. Data *log* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *log gamma ray* dan *log density*, dimana lapisan batubara ditandai dengan respon *log gamma ray* dan respon *log density* yang rendah. Pada lapangan "ADA" ditemukan empat lapisan *seam* batubara, yaitu *seam* A1 dengan tebal 8,28 m, *seam* A2 dengan tebal 13,62 m, *seam* B dengan tebal 18,50, dan *seam* C dengan tebal 8,84. Arah sebaran batubara dari Selatan ke Utara dengan sudut kemiringan 5-30° dan arah kemenerusan dari Timur ke Barat. Penulis melakukan estimasi sumber daya batubara menggunakan metode poligon (*area of influence*) karena metode perhitungan ini dapat dilakukan dengan waktu yang singkat dan hasilnya tepat. Total batubara dengan metode poligon sebesar 18.322.653 m³ dalam tonase sebesar 21.987.184 – 27.483.980 ton sedangkan perhitungan dengan software *rock works 15* sebesar 18.786.254 m³ dalam tonase sebesar 22.543.505 – 28.179.381 ton.

Kata Kunci: Batubara, *well logging*, *seam*, sumber daya, metode poligon.

**IDENTIFIKASI SEBARAN DAN ESTIMASI SUMBER DAYA
BATUBARA MENGGUNAKAN METODE POLIGON
BERDASARKAN INTEPRETASI DATA
LOGGING PADA LAPANGAN "ADA"
SUMATERA SELATAN**

**Oleh
DEDDI ADRIAN**

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2017**

**Judul Skripsi : IDENTIFIKASI SEBARAN DAN ESTIMASI
SUMBER DAYA BATUBARA MENGGUNAKAN
METODE POLIGON BERDASARKAN
INTEPRETASI DATA *LOGGING* PADA
LAPANGAN "ADA" SUMATERA SELATAN**

Nama Mahasiswa : Deddi Adrian

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215051016

Program Studi : Teknik Geofisika S-1

Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.
NIP 19700120 200003 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

: **Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing

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

2. Dekan Fakultas Teknik

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

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 Agustus 2017

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 juga bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandarlampung, 18 September 2017

Penulis,



Deddi Adrian

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Prabumulih pada tanggal 04 Mei 1994. Merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Gabriel Cik Mit dan Ibu Suminah. Rekam jejak akademis penulis dimulai dari TK Santa Maria Prabumulih pada tahun 1999 sampai dengan tahun 2000. Kemudian dilanjutkan ke tingkat sekolah dasar di SD Santa Maria Prabumulih pada tahun 2000 sampai dengan tahun 2006. Lalu penulis melanjutkan ke tingkat sekolah menengah pertama di SMP Santa Maria Prabumulih pada tahun 2006 sampai dengan tahun 2009. Kemudian dilanjutkan ke tingkat sekolah menengah atas di SMA Negeri 3 Prabumulih mulai tahun 2009 sampai dengan tahun 2012. Pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Selama menjalankan masa studi di Universitas Lampung, penulis juga aktif di berbagai organisasi kemahasiswaan kampus. Pada periode 2012–2013 penulis memulai berorganisasi sebagai Ketua Eksekutif Muda Badan Eksekutif Muda Fakultas Teknik (BEM FT) Universitas Lampung dan sebagai Kepala Bidang Pastoral Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Katolik Universitas Lampung. Pada periode 2013–2014 sebagai Staff Dinas Eksternal Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) Universitas Lampung, Kepala Divisi Kerohanian Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Katolik Universitas Lampung, Anggota Bidang

Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HIMA TG Bhuwana) Universitas Lampung, dan *Member of Divisi Guest Lecture American Association Petroleum Geologist (AAPG) Student Chapter* Universitas Lampung. Pada tahun 2014-2015 penulis tercatat sebagai Ketua Umum Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Katolik Universitas Lampung, Sekretaris Umum Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Region I Sumatera, Anggota Biro Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HIMA TG Bhuwana) Universitas Lampung dan *Member of Divisi Guest Lecture American Association Petroleum Geologist (AAPG) Student Chapter* Universitas Lampung.

Pada tahun 2016 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kampung Bakung Rahayu, Kecamatan Gedung Meneng, Kabupaten Tulang Bawang. Lalu pada April 2016 melaksanakan Kerja Praktek selama satu bulan di PT. Pertamina UTC (*Upstream Technology Center*), Jakarta dengan judul laporan "Pengolahan Data Seismik *Land 2D* Lapangan "DKE" Menggunakan Software OMEGA 2015". Selanjutnya pada Maret-Mei 2017 penulis melaksanakan Tugas Akhir di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Sumatera Selatan sebagai bahan untuk mendukung penulisan Skripsi. Sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang perguruan tinggi dengan menamatkan program sarjana melalui skripsi dengan judul "Identifikasi Sebaran dan Estimasi Sumber Daya Batubara Menggunakan Metode Poligon Berdasarkan Interpretasi Data *Logging* Pada Lapangan "ADA" Sumatera Selatan".

MOTTO

"God Is Not Finished With Me Yet."

(Phipippians, 1:6)

"Gusti Ora Sare. Put Your Hope in the Lord, Now and Always."

(Mazmur 131: 3)

"The Lord Will Work Out His Plan For My Life."

(Mazmur 138: 8a)

"Jika Seseorang Menawarkan Anda Sebuah Tantangan, Jangan Memikirkan Semua Alasan Mengapa Anda Tidak Bisa Melakukannya. Lebih Baik Katakan Ya, Lalu Cari Jalan Bagaimana Menyelesaikannya."

(Katherine Hudson)

"Banyak Orang Mengatakan Pada Saya Ketika Lulus. Bahwa Hidup Jauh Lebih Keras Setelah Anda Lulus Kuliah. Tapi itu Tidak Benar.

Hidup Jauh Lebih Baik di Luar Kampus. Jadi Nikmatilah."

(Jack Ma)

” Saya tidak tau ini jalan yang bener atau tidak menuju ke masa depanku.

Namun yang saya tau inilah jalan yang harus saya jalani sekarang dan nanti.

Hasilnya seperti apa? Wait and See. Yang terpenting sudah berusaha dan kelak seluruh prosesnya bakal jadi cerita di masa depan.”

Deddi Adrian

SANWACANA

Puji syukur dan terimakasih tertinggi penulis tujukan kepada Tuhan YME atas segala rahmat, nikmat, karunia, dan hidayah-Nya yang tidak dapat dihitng dalam memberikan kesempatan dan kekuatan kepada hamba-Nya untuk belajar dan menyelesaikan masa studi pendidikan tinggi dengan melancarkan dan menguatkan selama proses studi serta dalam penyusunan dan penyelesaian Skripsi dengan judul "Identifikasi Sebaran dan Estimasi Sumber Daya Batubara Menggunakan Metode Poligon Berdasarkan Intepretasi Data *Logging* Pada Lapangan "ADA" Sumatera Selatan".

Tentu dalam perjalanan memulai, menyusun dan menyelesaikan skripsi ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada banyak pihak yang telah membantu dalam segala hal secara luar biasa, baik bantuan materiel maupun imateriel. Terimakasih saya sampaikan kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan karunia-Nya sampai detik ini.
2. Kedua Orang Tua Papa Gabriel Cik Mit dan Mama Suminah serta Cece Brigita Mediarti, Indah Tania dan Selvi Teresa yang telah memberikan segala kasih sayang, semangat serta doa yang diberikan terus menerus.
3. Keluarga Besar Abadi Family's yang terus memberikan semangat, nasihat serta bimbingan selama kuliah.

4. PT. Bukit Asam (Persero) Tbk., Sumatera Selatan sebagai institusi yang telah memberikan penulis kesempatan untuk melaksanakan tugas akhir.
5. Bapak Ir. Eko Pujiantoro, selaku Manager Satuan Kerja Geologi dan Geoteknik, PT. Bukit Asam (Persero), Tbk.
6. Bapak Arya Gustifram, S.T., selaku pembimbing lapangan yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan berbagi banyak ilmu selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
7. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing I yang telah banyak membimbing, mengarahkan serta mengingatkan dalam penyusunan skripsi ini. Terimakasih banyak atas pembelajaran selama ini, Pak.
8. Bapak Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan banyak motivasi dan bimbingan yang sangat baik dalam penyusunan skripsi ini.
9. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku Penguji yang telah memberikan banyak masukan dan koreksi dengan sangat luar biasa dalam penyusunan skripsi ini.
10. Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dan Pembimbing Akademik yang senantiasa membimbing dan mengarahkan selama proses studi berlangsung.
11. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung; Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., Bapak Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T., Bapak Nandi H, M.Si., Bapak Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T., Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si., Bapak Karyanto, S.Si., M.T., Bapak Rustadi, M.T., Bapak Syamsurijal Rasimeng., M.Si., Bapak Alimuddin Muchtar, M.Si., Bapak Rahmad Catur Wibowo,

M.Eng., Bapak I Gede Boy, M.Eng., yang telah memberikan banyak pembelajaran dan bantuan selama menempuh studi di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung. Terimakasih Sangat Banyak!

12. Seluruh staff Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Unila, Pak Marsono, Pak Legino, Pak Pujono, Mbak Dewi, yang telah memberikan banyak bantuan dalam proses administrasi.
13. Keluarga besar Divisi Geologi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk., yang selalu ramah kepada saya dan terima kasih atas bimbingannya kepada penulis selama mengerjakan tugas akhir di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.
14. Angkatan TG 12 (Bari, Agus, Ghifari, Legowo, Vee, Andina, Andre, Ari, Azis, Bagas, Bella, Beny, Betha, Carta, Mas Ded, Suen, Onoy, Edo, Elen, Esha, Ferry, Gita, Hilman, Hanif, Fuad, Irwan, Jordy, Kukuh, Vivi, Koped, Kevin, Nuzul, Made, Medi, Albana, Nana, Niar, Dilla, Anta, Aldo, Rehana, Resti, Rival, Gata, Ucok, Sigit, Sule, Virgi, Zai, Zul) yang telah bersama-sama memulai perjalanan ini. Bagaimanapun yang terjadi, saya sangat bersyukur diberikan kesempatan untuk mengenal, berbagi tawa maupun resah bersama kalian tanpa terkecuali. Terimakasih Ciloko Rolas.
15. Keluarga “KENDUR” (entah darimana datangnya entitas ini) yang telah menjadi simbol persahabatan erat dalam berbagi semua hal yang sangat berarti. Terimakasih untuk semua yang telah kalian goreskan di hidup ini meski hanya di sebagian usia tapi tetap berarti lebih. Meng-KENDUR bukan berarti Menjauh! Terimakasih Banyak!
16. Segenap keluarga besar UKM Katolik Universitas Lampung (Vania, Ve, Jestina, Hari, Papoy, Atin, Hani, Banu, Fifi, Edit, Doddy, Angel, Samuel,

Lian, Beber, Rosa, Indri, Martin, Dani, Wilda, Shasa, Yohana, Parlin, Viggi, Elisa, Pendi, Adit, Arnold, Tama, Fony, Denita, Chyta, Roberto, Arnes, Della, Vinda, Rosa, Onisa, Devry, Rani, Tisa, Arum, Albet, Andreas, Tyas, Feli, Andre, Aji, Dini, Vinni, Tyas, Vita, Rani, Vika, Marya L, Marcell, Willy, Mas Probo, Mas Yogi, Mas Panggo, Mbak Eilin, Mas Yus, Bang Agus dan seluruh mahasiswa Katolik Universitas Lampung). Terimakasih atas kepercayaan serta pengalaman hidup dan organisasi yang sangat luar biasa, tak akan pernah terlupakan sangat membekas dalam ingatan. Ingetin ya, “Demisioner hanya menghentikan kerja bersama kita, bukan kebersamaan kita”.

17. Keluarga besar KMK-FT (Alm. Bang Davis, Bang Reno, Bang Frans, Ce Anne, Bang Stef, Bang Dian, Ko Jimmy, Bang Bagus, Elen, Tiwi, Kris, Vincent, Alex, Merida, Frido, Aloy, Yogi, Angel, Dhini, Dwi, Paian, Samuel, Satrio Rica, Lia, Mardos, Parlin, Bona, Patu, Isti, Thomas, Adit, Arnold, Zidan, Yoh, Ion, Sali, Nia, Cornel, Edo, Brig, Be, Pat, Bayu, Chen, Sylvi, Andriko, Niko, Levi, Yoleta, Kasman, Bima, Andreas, Thomas, Aldo, Jesica, Wina) yang menjadi keluarga tercinta yang sangat bermakna dalam menjalankan kerja bersama di FT Unila. Terimakasih KMK-FT!
18. Keluarga Besar BEM FT Universitas Lampung, Keluarga Besar HMGI Region I Sumatera, KMKL, AAPG SC Unila, dan HIMAPRALAM yang telah banyak memberikan kisah cerita, kepercayaan, semangat dan harapan serta pelajaran hidup dan organisasi. Saya sangat bersyukur sempat mengenal, memahami dan menjalani sebagian hidup bersama kalian yang sangat luar

biasa. Terimakasih banyak teman-teman tercinta! Semoga kita bisa bekerjasama lagi di lain kesempatan.

19. Kakak-kakak tingkat (TG09, TG10, TG11) serta adik-adik tingkat (TG13, TG14, TG15, TG16) yang telah banyak memberikan pelajaran dan membantu selama ini. Terimakasih Banyak!
20. Keluarga Besar Son Of God (SOG) yang telah memberikan semangat serta motivasi terutama di bidang kerohanian selama proses perkuliahan.
21. Teman-Teman Mafia Cawa yang selalu memberikan support dan menemani dikala suka maupun duka. Semangat untuk mengejar mimpi-mimpi kita.
22. Team OIS 2011, Andita Apriyani dan Dian Samudera terima kasih buat masukan, semangat dan motivasinya selama ini. Semoga kita bisa bekerjasama lagi di lain kesempatan.
23. Teman-Teman seperjuangan S.T. di Kostan Ashari, Tanjung Enim. Semoga cepat kelar dan dapat kerja. Siapa tau bertemu kembali di dunia kerja.
24. Terima kasih Elen N. Limswipin, Bang Leo Rivandi Purba, Pebrianta Tarigan, Ryan M. Saragih atas kebaikannya, selalu ada memberi semangat serta bantuan baik materi maupun spiritual.
25. Elen Novia Lismwipin, S.T. yang telah berjuang bersama dan berbagi semangat serta motivasi untuk terus berjuang. Semangat mengejar mimpi-mimpi kita.
26. Serta teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih banyak atas semangat, support, serta doa kalian. Wish You All The Best!

Penulis mengharapkan semoga dengan adanya karya yang berupa skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan serta berguna bagi masyarakat dan membantu proses eksplorasi sumber daya batubara di Indonesia.

Tentu, penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran yang membangun untuk digunakan sebagai sumber motivasi dan evaluasi serta perkembangan ilmu pengetahuan yang lebih baik. Terimakasih.

Bandarlampung, September 2017
Penulis

Deddi Adrian

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR TABEL	xxiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
II. GEOLOGI REGIONAL	4
2.1 Stratigrafi Regional	4
2.2 Stratigrafi Daerah Penelitian	9

III. TEORI DASAR	14
3.1 Genesa Batubara.....	14
3.2 Proses Pembentukan Batubara.....	15
3.3 Tempat Terbentuknya Batubara.....	16
3.4 Jenis, Sifat, dan Kelas Batubara.....	17
3.5 Tipe Endapan Batubara dan Kondisi Geologi.....	21
3.6 Sumber Daya dan Cadangan Batubara	25
3.7 Metode <i>Well Logging</i>	26
3.8 Perangkat-Perangkat <i>Well Logging</i>	28
3.9 Intepretasi <i>Well Logging</i>	33
3.10 Metode Poligon	34
IV. METODOLOGI PENELITIAN.....	38
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	38
4.2 Alat dan Bahan Penelitian	38
4.3 Alur Penelitian.....	39
4.4 Diagram Alir.....	40
V. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN	41
5.1 Sebaran Titik Bor	41
5.2 Intepretasi Litologi dari Data <i>Log</i> Geofisika.....	42
5.3 Analisa Nilai Gamma Ray dan Nilai Density Pada <i>Seam</i> Batubara..	59
5.4 Korelasi Litologi Titik Bor.....	60
5.5 Perhitungan Sumber Daya Batubara	79

VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	96
6.1 Kesimpulan.....	96
6.2 Saran.....	97

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema Cekungan Sumatera Selatan tanpa skala (Koesoemadinata, 1978.)	4
Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Bishop and Henkel, 2001)	9
Gambar 3. Sekuen Stratigrafi dan kolom Litologi Formasi Muara Enim (Tanpa Skala) (PT. Bukit Asam, 2007)	10
Gambar 4. Penampang Litologi Lapangan "ADA" (Tanpa Skala) (PT. Bukit Asam, 2007)	13
Gambar 5. Proses Pembentukan Batubara (Cook, 1982)	16
Gambar 6. Jenis, Sifat dan Kelas Batubara (Sukandarrumidi, 1995).	18
Gambar 7. Gambaran Perekaman <i>Well Logging</i> (Ellis and Singer, 1987) ...	27
Gambar 8. Penentuan Penarikan <i>Sand Base Line</i> dan <i>Shale Base Line</i> (BPB Manual, 1981)	29
Gambar 9. Respon <i>Log</i> Densitas Terhadap Beberapa Jenis Batuan Dengan Densitas Total dari Batuan Meliputi Matriks Padat dan Fluida yang Mengisi Pori (Rider, 1996).....	31
Gambar 10. Hubungan Antara Satuan CPS dan gr/cc (Warren, 2002)	32
Gambar 11. Skema Perhitungan Metode Poligon	36
Gambar 12. Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 13. Peta Sebaran Titik Bor Lapangan "ADA".....	42
Gambar 14. Respon <i>log gamma ray</i> dan <i>log density</i> pada <i>seam</i> batubara. ..	44

Gambar 15. Repson <i>log gamma ray</i> dan <i>log density</i> pada litologi <i>clayband</i> .	45
Gambar 16. Hasil Rekaman <i>Log</i> Geofisika Titik Bor MT_106	46
Gambar 17. Hasil Rekaman <i>Log</i> Geofisika Titik Bor MT_107	50
Gambar 18. Hasil Rekaman <i>Log</i> Geofisika Titik Bor MTG_19.	52
Gambar 19. Hasil Rekaman <i>Log</i> Geofisika Titik Bor MTG_20.	56
Gambar 20. Peta <i>Cross Line</i> Lapangan "ADA", Sumatera Selatan.	63
Gambar 21. Korelasi <i>Cross Line</i> A-A' Berdasarkan Garis <i>Key Bed</i> <i>Seam A1</i> .	64
Gambar 22. Korelasi <i>Cross Line</i> B-B' Berdasarkan Garis <i>Key Bed</i> <i>Seam A1</i> .	65
Gambar 23. Korelasi <i>Cross Line</i> C-C' Berdasarkan Garis <i>Key Bed</i> <i>Seam A1</i> .	66
Gambar 24. Korelasi <i>Cross Line</i> D-D' Berdasarkan Garis <i>Key Bed</i> <i>Seam A1</i> .	67
Gambar 25. Korelasi <i>Cross Line</i> E-E' Berdasarkan Garis <i>Key Bed</i> <i>Seam A1</i> .	68
Gambar 26. Korelasi <i>Cross Line</i> F-F' Berdasarkan Garis <i>Key Bed</i> <i>Seam A1</i> .	69
Gambar 27. Korelasi <i>Cross Line</i> A-A' Berdasarkan Datum Elevasi 0 m. ...	73
Gambar 28. Korelasi <i>Cross Line</i> B-B' Berdasarkan Datum Elevasi 0 m. ...	74
Gambar 29. Korelasi <i>Cross Line</i> C-C' Berdasarkan Datum Elevasi 0 m. ...	75
Gambar 30. Korelasi <i>Cross Line</i> D-D' Berdasarkan Datum Elevasi 0 m. ...	76
Gambar 31. Korelasi <i>Cross Line</i> E-E' Berdasarkan Datum Elevasi 0 m.	77
Gambar 32. Korelasi <i>Cross Line</i> F-F' Berdasarkan Datum Elevasi 0 m.	78
Gambar 33. Peta Topografi dan Sumber Daya Batubara Lapangan "ADA", Sumatera Selatan.	81
Gambar 34. Peta Kontur Topografi Lapangan "ADA", Sumatera Selatan. .	82

Gambar 35. Peta Topografi dan Sumber Daya Batubara <i>Seam</i> A1 Lapangan "ADA", Sumatera Selatan.....	83
Gambar 36. Peta Topografi dan Sumber Daya Batubara <i>Seam</i> A2 Lapangan "ADA", Sumatera Selatan.....	84
Gambar 37. Peta Topografi dan Sumber Daya Batubara <i>Seam</i> B Lapangan "ADA", Sumatera Selatan.....	85
Gambar 38. Peta Topografi dan Sumber Daya Batubara <i>Seam</i> C Lapangan "ADA", Sumatera Selatan.....	86
Gambar 39. Model 3D Titik Bor Berdasarkan <i>Software Rock Works</i> 15.....	91
Gambar 40. Model Tampilan 3D Litologi Lapangan "ADA".....	91
Gambar 41. Model Tampilan 3D Batubara <i>Seam</i> A1 Lapangan "ADA".....	92
Gambar 42. Model Tampilan 3D Batubara <i>Seam</i> A2 Lapangan "ADA".....	93
Gambar 43. Model Tampilan 3D Batubara <i>Seam</i> B Lapangan "ADA".....	93
Gambar 44. Model Tampilan 3D Batubara <i>Seam</i> C Lapangan "ADA".....	94

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Aspek Tektonik dan Sedimentasi Sebagai Parameter Dalam Pengelompokkan Kondisi Geologi (SNI, 1998).....	24
Tabel 2. Respon Litologi Perlapisan Batuan (Haryono, 2010)	29
Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	40
Tabel 4. Data Titik Bor.....	41
Tabel 5. Interpretasi Litologi dari Data <i>Log</i> Geofisika Titik Bor MT_106....	47
Tabel 6. Interpretasi <i>Seam</i> Batubara Beserta Lapisan Pengotor (<i>Clayband</i>) Titik Bor MT_106.....	48
Tabel 7. Interpretasi Litologi dari Data <i>Log</i> Geofisika Titik Bor MT_107....	51
Tabel 8. Interpretasi <i>Seam</i> Batubara Beserta Lapisan Pengotor (<i>Clayband</i>) Titik Bor MT_107.....	51
Tabel 9. Interpretasi Litologi dari Data <i>Log</i> Geofisika Titik Bor MTG_19 ...	53
Tabel 10. Interpretasi <i>Seam</i> Batubara Beserta Lapisan Pengotor (<i>Clayband</i>) Titik Bor MTG_19.....	54
Tabel 11. Interpretasi Litologi dari Data <i>Log</i> Geofisika Titik Bor MTG_20.	57
Tabel 12. Interpretasi <i>Seam</i> Batubara Beserta Lapisan Pengotor (<i>Clayband</i>) Titik Bor MTG_20.....	58
Tabel 13. Analisis Nilai <i>Gamma Ray</i> dan Nilai <i>Density</i> pada <i>Seam</i> Batubara.	59
Tabel 14. Ketebalan Setiap <i>Seam</i> Batubara Titik Bor yang Dilalui <i>Cross</i> <i>Line A-A'</i>	70

Tabel 15. Ketebalan Setiap <i>Seam</i> Batubara Titik Bor yang Dilalui <i>Cross Line B-B'</i>	70
Tabel 16. Ketebalan Setiap <i>Seam</i> Batubara Titik Bor yang Dilalui <i>Cross Line C-C'</i>	71
Tabel 17. Ketebalan Setiap <i>Seam</i> Batubara Titik Bor yang Dilalui <i>Cross Line D-D'</i>	71
Tabel 18. Ketebalan Setiap <i>Seam</i> Batubara Titik Bor yang Dilalui <i>Cross Line E-E'</i>	71
Tabel 19. Ketebalan Setiap <i>Seam</i> Batubara Titik Bor yang Dilalui <i>Cross Line F-F'</i>	71
Tabel 20. Rata-rata Ketebalan Setiap <i>Seam</i> Batubara di daerah penelitian. .	71
Tabel 21. Hasil Perhitungan Sumber Daya Batubara Menggunakan Metode Poligon	88
Tabel 22. Hasil Perhitungan Sumber Daya Batubara Menggunakan <i>Software Rock Works 15</i>	94

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat konsumsi bahan bakar minyak tertinggi di dunia. Meningkatnya konsumsi energi bahan bakar minyak tersebut tidak diimbangi oleh cadangan minyak bumi yang menipis. Hal tersebut mendorong pemerintah untuk melakukan pencarian sumber energi baru untuk menjamin ketahanan energi di masa mendatang. Eksplorasi batubara merupakan pilihan yang tepat karena masih menyimpan potensi yang besar untuk dilakukan penambangan (Julkipli dkk, 2015).

Batubara adalah batuan sedimen yang dapat terbentuk dari endapan organik, yang utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur pembentukan batubara adalah terdiri dari senyawa karbon, hidrogen dan oksigen. Batubara juga merupakan batuan organik yang memiliki sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk.

Potensi batubara di Indonesia yang begitu besar bisa menjadi alternatif energi seiring terus berkurangnya bahan bakar minyak bumi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka diperlukan upaya eksplorasi guna menemukan sumber daya baru yang potensial untuk dilakukan eksploitasi. Sumber daya batubara di Indonesia diperkirakan sebesar 61,366 miliar ton dan tersebar di Sumatera, Kalimantan, dan sisanya di Jawa, Sulawesi dan Irian Jaya. Terkhusus di Provinsi

Sumatera Selatan, potensi batubara diketahui memiliki kandungan sebesar 37,80% dari total sumber daya yang terkandung di Indonesia, sekitar 23,198 miliar ton (Tim Kajian Batubara Nasional, 2006). Di Pulau Sumatera sendiri beberapa perusahaan yang bergerak di bidang tambang batubara, salah satunya, yaitu PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. di Desa Tanjung Enim, Kab. Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Guna menemukan dan mengestimasi sumber daya batubara baru khususnya di Provinsi Sumatera Selatan, PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. menggunakan salah satu metode geofisika, yaitu metode *well logging*.

Metode *well logging* adalah suatu metode geofisika yang merekam besaran-besaran fisis batuan 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 dapat mendeteksi lapisan batuan di dinding sumur bor. Keunggulan dari metode *well logging* adalah mampu menggambarkan keadaan bawah permukaan secara vertikal, sehingga litologi masing-masing lapisan dapat tergambar dengan jelas. Untuk dapat menggambarkan keadaan bawah permukaan secara lateral, maka diperlukan pemahaman tentang karakteristik lapisan batubara berdasarkan analisis data *well logging* supaya menghasilkan interpretasi yang akurat.

Dalam penelitian ini, penulis menganalisis sebaran batubara dan mengestimasi sumber daya batubara pada lapangan "ADA", Sumatera Selatan dengan menggunakan metode *well logging* untuk analisis respon *log*-nya guna mendapatkan gambaran bawah permukaan secara lateral yang akurat, sedangkan untuk mengestimasi sumber daya batubara penulis menggunakan metode perhitungan poligon. Metode poligon dipilih karena sangat cocok untuk kondisi

geologi Lapangan "ADA" yang sederhana dan perhitungannya relatif cepat dengan hasilnya relatif tepat.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang penulis lakukan adalah:

1. Menentukan jenis litologi lapisan batuan bawah permukaan.
2. Menentukan ketebalan *seam* batubara pada daerah penelitian.
3. Mengidentifikasi perubahan penebalan atau penipisan pada *seam* batubara dengan korelasi berdasarkan garis *key bed seam* A1.
4. Menentukan arah sebaran dan kemenerusan batubara dengan korelasi berdasarkan datum elevasi 0 m.
5. Mengestimasi sumber daya batubara yang terdapat pada daerah penelitian menggunakan metode Poligon dan *Software Rock Works 15*.

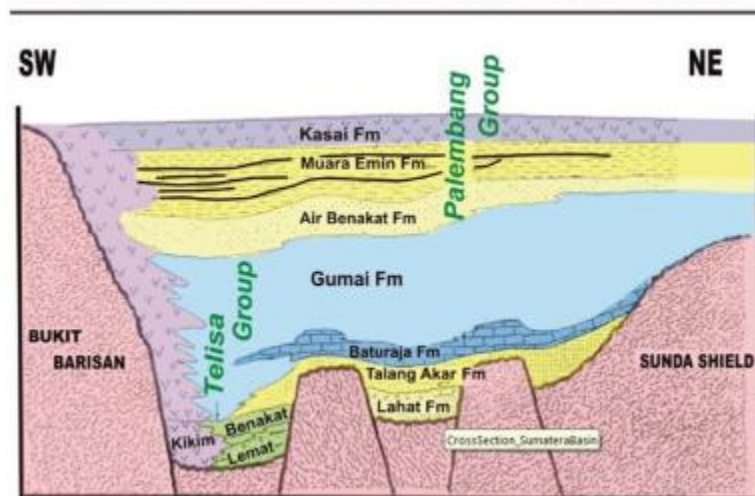
1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diteliti oleh penulis, yaitu pengolahan data sekunder dan interpretasi yang berupa data *log* pada lapangan "ADA" menggunakan *software WellCAD 4.3*. meliputi litologi, ketebalan titik bor. Setelah mengetahui litologi batuan titik bor dilakukan korelasi menggunakan *software Corel Draw X6* untuk mengetahui pola sebaran *seam*, arah kemenerusan *seam*, dan korelasi litologi setiap titik bor. Terakhir penulis mengestimasi volume sumber daya batubara yang terdapat pada Lapangan "ADA" menggunakan perhitungan metode poligon dan dibantu dengan perhitungan dan pemodelan dalam bentuk 3D menggunakan *software Rock Works 15*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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.



Gambar 1. Skema Cekungan Sumatera Selatan tanpa skala (Koesoemadinata, 1978).

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, maka Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok batuan Pra-Tersier, kelompok batuan Tersier serta kelompok Batuan Kuarter seperti pada **Gambar 1.**

2.1.1 Batuan Pra-Tersier

Batuan Pra-Tersier Cekungan Sumatera Selatan merupakan dasar cekungan sedimen Tersier. Batuan ini diketemukan sebagai batuan beku, batuan metamorf dan batuan sedimen. Membagi batuan berumur Paleozoikum (Permakarbon) berupa *slate* dan yang berumur Mesozoikum (Yurakapur) berupa seri fasies vulkanik dan sesi 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 orogenesa Mesozoikum Tengah.

2.1.2 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 Teoisa, 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). Deskripsi dari tiap formasi adalah sebagai berikut:

a. Formasi Lahat

Formasi Lahat diendapkan secara tidak selaras di atas batuan dasar, yang terdiri atas lapisan-lapisan tipis tuff andesitik yang secara berangsur berubah ke atas menjadi batulempung tuffaan. Selain itu breksi andesit berseling 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, 1974).

b. 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 dibagian atasnya berupa perselingan antara batupasir dan serpih. Ketebalan Formasi Talang Akar berkisar antara 400–850 meter.

c. Formasi Baturaja (Tmb)

Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Talang Akar dengan ketebalan antara 200-250 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.

d. 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 batu gamping, napal dan batulanau sedangkan di bagian lingkungan laut dalam. Formasi Gumai berumur Miosen Awal–Miosen Tengah.

e. 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 tuffan sedangkan bagian tengah kaya akan fosil foraminifera. Ketebalan Formasi Air Benakat bervariasi antara 100–1.300 m dan berumur Miosen Tengah–Miosen Akhir. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal.

f. Formasi Muara Enim (Tmpm)

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 *silisified wood*. Sedangkan batubara yang terdapat pada formasi ini umumnya berupa lignit. Formasi Muara Enim berumur Miosen–Pliosen Awal.

g. Formasi Kasai (Qtk)

Formasi Kasai diendapkan secara selaras di atas Formasi Muara Enim dengan ketebalan 850–1.200 m. Formasi ini terdiri dari batupasir tufaan dan tefra riolitik di bagian bawah. Bagian atas terdiri dari *tuff pumice* kaya kuarsa, batupasir, konglomerat, tuff pasiran dengan lensa rudit mengandung *pumice* dan tuf 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.

Deskripsi formasi yang tersusun pada batuan tersier secara lengkap yang dapat dilihat **Gambar 2**.

AGE	FORMATION	LITHOLOGY	THICKNESS (M)	DESCRIPTION	ENVIRONMENT			
					TERRESTRIAL	LITTORAL	NERETIC	DEEP
PLEISTOCENE	KASAI (KAF)	V V V V	200	Tuff, tuffaceous sandstone and clay				
PLIOCENE	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				
	BATURAJA		50 - 200	Limestone				
	TALANGAKAR (TAF)	TRM	100 - 300	Interbedded sandstone and shale				
MIOCENE		GRM	300 - 500	Coarse to very coarse sandstone intercalation with shale and coal				
	LAHAT (LAF)		200 - 760	Tuffaceous, shale, siltstone Tuff, sandstone, agglomerate, breccia				
	BASEMENT (BSM)			Granite, quartzite, phyllite, slate				
PRE TERTIARY								

Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Bishop and Henkel, 2001).

2.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Daerah penelitian penulis yaitu Lapangan "ADA" termasuk dalam Formasi Muara Enim. Stratigrafi pada Formasi Muara Enim dibagi menjadi empat subbagian, yang diberi nama (dari bawah ke atas), yaitu M1, M2, M3, dan M4 seperti

yang tertera pada **Gambar 3**.

Geological Time	Formation		Division of seam coal	Name of Seam	Lithology	Thickness (m)		Description
						Mean	Range	
TERTIARY	PLIOCENE	KASAI FORMATION	M4	NIRU		> 120		Gravel, sand (local coverages)
				JELAWATAN				Hanging Seam
				ENIM				Claystone, silicified layers, bentonite layers, new siltstone layers.
				KEBON				
	MIO-PLIOC	MUARA ENIM FORMATION	M3	BENUANG		8.50	6.80-10.00	A1 Coal, small tuffaceous claystone intercalations.
				BURUNG	A1			Claystone, bentonic, sandstone-tuffaceous
					A2			A2 coal, top silicified
				MANGUS				Claystone, siltstone, sandstone, intercalations
	MIOCENE	AIR BENAKAT FORMATION	M2	MANGUS		15.00-23.00		Suban Marker
				SUBAN	B			B coal, small carbonaceous silty claystone intercalations.
				PETAI				Sandstone with siltstone layers.
				MERAPI				Claystone
		BAF	M1		C/C1	8.60	07.20-11.40	C/C1 coal, small carbonaceous clay/siltstone intercalations.
							0.80-2.75	Claystone, Siltstone
					C2	1.40	0.80-2.75	C2 coal, small carbonaceous clay/siltstone intercalations.
				KELADI			> 100	Claystone, siltstone, sandstone

Remark :

	Claystone		Coal		Bentonite
	Sandstone		Gravel		Siltstone

Gambar 3. Sekuen Stratigrafi dan Kolom Litologi Formasi Muara Enim (Tanpa Skala) (PT. Bukit Asam, 2007).

Dari ke-empat sub-bagian tersebut, sub-bagian M2 mayoritas mengandung sumber daya batubara di Desa Tanjung Enim, lapisan-lapisan tersebut diberi nama dengan urutan dari bawah yang potensial untuk ditambang ada beberapa lapisan batubara utama. Adapun nama sub-lapisan M2 dari yang berumur tua sampai yang berumur muda, yaitu:

2.2.1 Lapisan Petai (Batubara Seam C)

Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan antara 6–10 m, dan dijumpai sisipan tipis batu lempung/batulanau karbonan dimana beberapa tempat mengalami pemisahan (*split*) menjadi C1 dan C2 dengan ketebalan masing-masing 5,0 dan 10,1 m. Di atas lapisan batubara C ini ditutupi oleh batupasir lanauan yang sangat keras dengan ketebalan 25,0–44,0 m.

2.2.2 Lapisan Suban (Batubara Seam B)

Lapisan Suban memiliki 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. Diantara 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 batu lempung dengan ketebalan 15,0–23,0 m yang berinterklasi dengan batu pasir dan batulanau (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 batu pasir dan batulanau (disebut *interburden* B1–A2) serta dijumpai adanya lapisan tipis (0,4–0,6 m) batubara atau batu lempung karbonan yang dikenal dengan istilah *Suban Marker*.

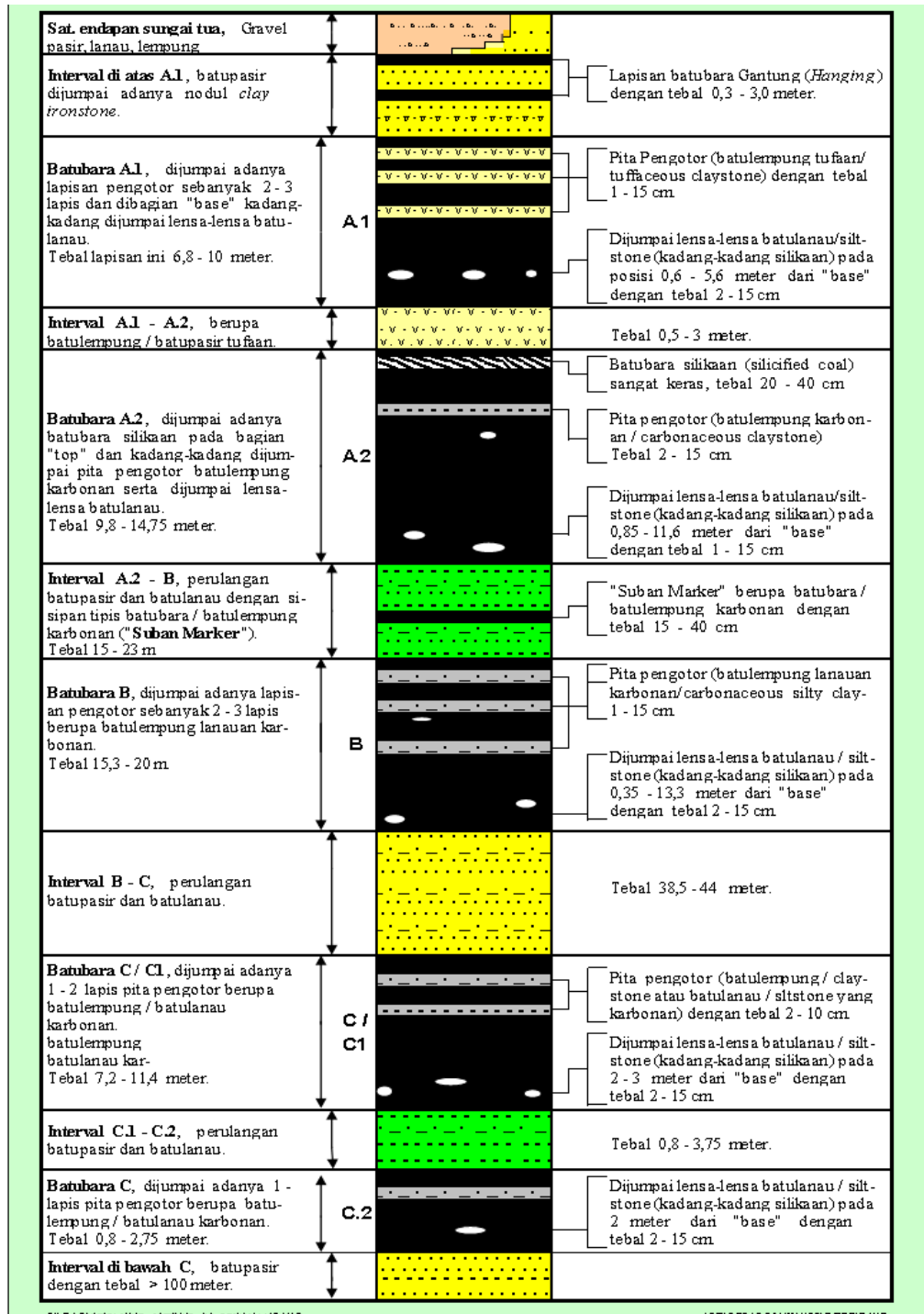
2.2.3 Lapisan Mangus Lower (Batubara Seam A2)

Lapisan Mangus Lower memiliki 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 2–5 m disebut sebagai *interburden* A2–A1.

2.2.4 Lapisan Mangus *Upper* (Batubara Seam A1)

Lapisan Mangus *Upper* memiliki 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*).

Deskripsi penampang litologi Lapangan "ADA" secara lengkap yang dapat dilihat **Gambar 4**.



Gambar 4. Penampang Litologi Lapangan "ADA" (Tanpa Skala) (PT. Bukit Asam, 2007).

III. DASAR TEORI

3.1 Genesa Batubara

Batubara adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan yang terhumifikasi, berwarna coklat sampai hitam yang selanjutnya terkena proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun sehingga mengakibatkan pengkayaan kandungan karbonnya (Anggayana, 2002). Secara garis besar, batubara terdiri dari zat organik, air dan bahan mineral.

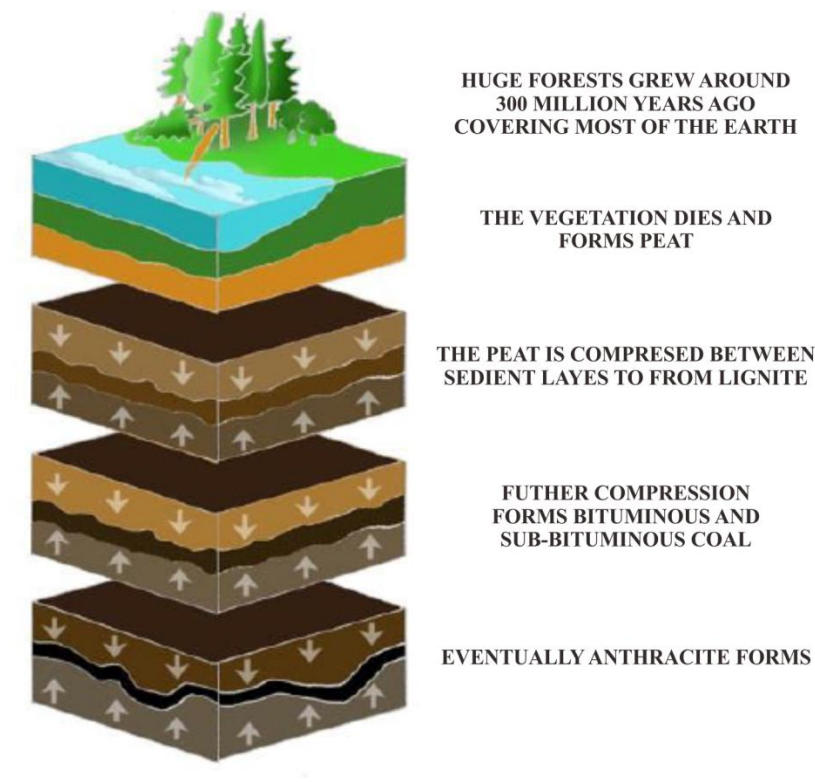
Untuk menjadi batubara, ada beberapa tahapan penting yang harus dilewati oleh batuan dasar pembentuknya. Tahapan penting tersebut yaitu: tahap pertama adalah terbentuknya gambut (*peatification*) yang merupakan proses mikrobial dan perubahan kimia (*biochemical coalification*). Serta tahap berikutnya adalah proses-proses yang terdiri dari perubahan struktur kimia dan fisika pada endapan pembentukan batubara (*geochemical coalification*) karena pengaruh suhu, tekanan dan waktu. Ada enam parameter yang mengendalikan pembentukan batubara, yaitu adanya sumber vegetasi, posisi muka air tanah, penurunan yang terjadi bersamaan dengan pengendapan, penurunan yang terjadi setelah pengendapan, kendali lingkungan geoteknik endapan batubara dan lingkungan pengendapan terbentuknya 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 (Diessel, 1992).

3.2 Proses Pembentukan 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 yang 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 di antara 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 *sub-bituminus* 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 sendiri dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Proses Pembentukan Batubara (Cook, 1982).

3.3 Tempat Terbentuknya Batubara

Berdasarkan tempat pembentukannya, batubara dikenal dengan dua teori, yaitu:

a. Teori *Insitu*

Teori *insitu* mengatakan bahwa bahan-bahan pembentukan lapisan batubara, terbentuknya di tempat dimana tumbuh-tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian segera setelah tumbuhan tersebut mati belum mengalami

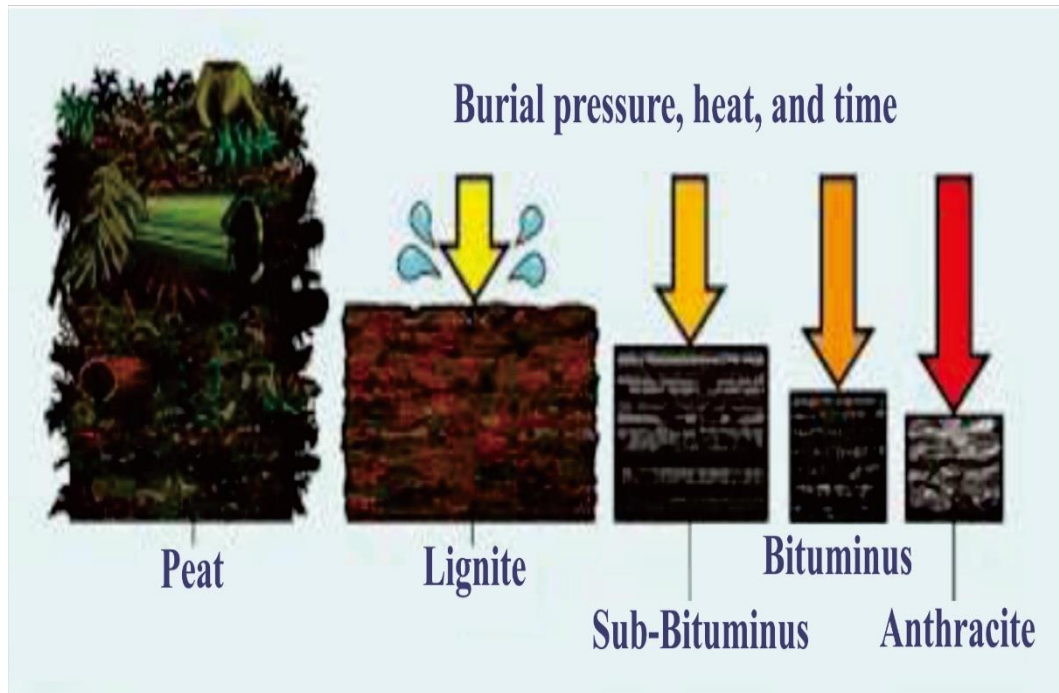
porses transportasi, tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran luas dan merata kualitasnya lebih baik, karena abunya relatif kecil. Batubara yang terbentuk seperti ini di Indonesia didapatkan di lapangan batubara Muara Enim, Sumatera Selatan.

b. Teori *Drift*

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

3.4 Jenis, Sifat dan Kelas Batubara

Berdasarkan tingkat proses *coalification* (proses pembatubaraan) yang dikontrol oleh tekanan, panas, dan waktu, batubara umumnya dibagi dalam lima kelas, yaitu: gambut, lignit, *Sub-Bituminus*, *bituminus* dan antrasit sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Jenis, Sifat dan Kelas Batubara (Sukandarrumidi, 1995).

Secara spesifik, penjelasan lebih rinci mengenai kelas-kelas batubara dari kelas gambut sampai antrasit, yaitu:

a. Gambut

Gambut berpori dan memiliki kadar air diatas 75% serta nilai kalori yang paling rendah. Ciri-ciri dari batubara kelas gambut, yaitu:

- Warna coklat.
- Material belum terkompaksi.
- Mempunyai kandungan air yang sangat tinggi.
- Mempunyai kandungan karbon padat yang sangat rendah.
- Mempunyai kandungan karbon terbang sangat tinggi.
- Sangat mudah teroksidasi.
- Nilai panas yang dihasilkan amat rendah

b. Lignit

Lignit atau biasa dikenal dengan *brown coal* adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya. Lignit merupakan batubara geologis muda yang memiliki kandungan karbon terendah, 25-35%. Nilai panas yang dihasilkan berkisar antara 4.000 hingga 8.300 BTU per pon. Ciri-ciri batubara kelas lignit, yaitu:

- Warna kecoklatan.
- Material terkompaksi namun sangat rapuh.
- Mempunyai kandungan air yang tinggi.
- Mempunyai kandungan karbon padat rendah.
- Mempunyai kandungan karbon terbang tinggi.
- Mudah teroksidasi.
- Nilai panas yang dihasilkan rendah.

c. Sub-Bituminus

Sub-Bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan *bituminus*, dengan kandungan karbon 35-45% dan menghasilkan nilai panas antara 8.300 hingga 13.000 BTU per pon. Meskipun nilai panasnya rendah, batubara ini umumnya memiliki kandungan belerang yang lebih rendah daripada jenis lainnya, yang membuatnya disukai untuk dipakai karena hasil pembakarannya yang lebih bersih. Ciri-ciri batubara kelas *Sub-Bituminus*, yaitu:

- Warna hitam.
- Material sudah terkompaksi.

- Mempunyai kandungan air yang sedang.
- Mempunyai kandungan karbon padat sedang.
- Mempunyai kandungan karbon terbang sedang.
- Sifat oksidasi menengah.
- Nilai panas yang dihasilkan sedang.

d. *Bituminus*

Bituminus mengandung 68-86% unsur karbon (C) serta berkadar air 8 - 10% dari beratnya. Nilai panas yang dihasilkan antara 10.500 - 15.500 BTU per pon. Ciri-ciri batubara kelas *bituminus*, yaitu:

- Warna hitam.
- Material sudah terkompaksi.
- Mempunyai kandungan air yang sedang.
- Mempunyai kandungan karbon padat sedang.
- Mempunyai kandungan karbon terbang sedang.
- Sifat oksidasi menengah.
- Nilai panas yang dihasilkan sedang.

e. Antrasit

Antrasit merupakan kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86-98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%. Nilai panas yang dihasilkan hampir 15.000 BTU per pon. Ciri-ciri dari kelas batubara antrasit, yaitu:

- Warna hitam mengkilat.
- Material terkompaksi dengan kuat.
- Mempunyai kandungan air rendah.

- Mempunyai kandungan karbon padat tinggi.
- Mempunyai kandungan karbon terbang rendah.
- Relatif sulit teroksidasi.
- Nilai panas yang dihasilkan tinggi (Sukandarrumidi, 1995).

3.5 Tipe Endapan Batubara dan Kondisi Geologi

Tipe endapan batubara dan kondisi geologi yang ada di Indonesia seperti yang dijelaskan oleh SNI pada tahun 1998, yaitu:

a. Tipe Endapan Batubara

Secara umum endapan batubara utama di Indonesia terdapat dalam tipe endapan batubara Ombilin, Sumatera Selatan, Kalimantan Timur, dan Bengkulu. Tipe endapan batubara tersebut masing-masing memiliki karakteristik tersendiri yang mencerminkan sejarah sedimentasinya. Selain itu, proses pasca pengendapan seperti tektonik, metamorfosis, vulkanik dan proses sedimentasi lainnya turut mempengaruhi kondisi geologi atau tingkat kompleksitas pada saat pembentukan batubara.

b. Kondisi Geologi/Kompleksitas

Berdasarkan proses sedimentasi dan pengaruh tektonik, karakteristik geologi tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu kelompok geologi sederhana, kelompok geologi moderat, dan kelompok geologi kompleks. Uraian tentang batasan umum untuk masing-masing kelompok tersebut beserta tipe lokalitasnya adalah sebagai berikut, sedangkan ringkasannya diperhatikan pada **Tabel 1**.

1. Kelompok Geologi Sederhana

Endapan batubara dalam kelompok ini umumnya tidak dipengaruhi oleh aktivitas tektonik, seperti sesar, lipatan dan intrusi. Lapisan batubara pada umumnya landai, menerus secara lateral sampai ribuan meter, dan hampir tidak mempunyai percabangan. Ketebalan lapisan batubara secara lateral dan kualitasnya tidak memperhatikan variasi yang berarti. Contoh jenis kelompok ini antara lain, di Lapangan Banko Selatan dan Muara Tiga Besar (Sumatera Selatan), Senakin Barat (Kalimantan Selatan), dan Cerenti (Riau).

2. Kelompok Geologi Moderat

Batubara dalam kelompok ini diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang lebih bervariasi dan sampai tingkat tertentu telah mengalami perubahan pasca pengendapan dan tektonik. Sesar dan lipatan tidak banyak, begitu pula pergeseran dan perlipatan yang diakibatkan relatif sedang. Kelompok ini juga dicirikan pula oleh kemiringan lapisan dan variasi ketebalan lateral yang sedang serta berkembangnya percabangan lapisan batubara, namun sebarannya masih dapat diikuti sampai ratusan meter. Kualitas batubara secara langsung berkaitan dengan tingkat perubahan yang terjadi baik pada saat proses sedimentasi berlangsung maupun pada pasca pengendapan. Pada beberapa tempat intrusi batuan beku mempengaruhi struktur lapisan dan kualitas batubaranya. Endapan batubara kelompok ini terdapat antara lain di daerah Senakin, Formasi Tanjung (Kalimantan Selatan), Lao Janan-Lao kulu, Petanggis (Kalimantan Timur), Suban dan

Air Laya (Sumatera Selatan), serta Gunung Batu Besar (Kalimantan Selatan).

3. Kelompok Geologi Kompleks

Batubara pada kelompok ini umumnya diendapkan dalam sistem sedimentasi yang kompleks atau telah mengalami deformasi tektonik yang ekstensif yang mengakibatkan terbentuknya lapisan batubara dengan ketebalan yang beragam. Kualitas batubaranya banyak dipengaruhi oleh perubahan-perubahan yang terjadi pada saat proses sedimentasi berlangsung atau pada pasca pengendapan seperti pembelahan atau kerusakan lapisan (*wash out*).

Pergeseran, perlipat dan pembalikan (*overtuned*) yang ditimbulkan oleh aktivitas tektonik, umumnya dijumpai dan sifatnya rapat sehingga menjadikan lapisan batubara sukar dikorelasikan. Perlipatan yang kuat juga mengakibatkan kemiringan yang terjal. Secara lateral, sebaran lapisan batubaranya terbatas dan hanya dapat diikuti sampai puluhan meter. Endapan batubara dari kelompok ini, antara lain, diketemukan di Ambaking, Formasi Warukin, Ninian, Belahing dan Upau (Kalimantan Selatan), Sawahluhung (Sawahlunto, Sumatera Selatan), daerah Air Kotok (Bengkulu), Bojongmanik (Jawa Barat), serta daerah batubara yang mengalami ubahan intrusi batuan beku di Bunian Utara (Sumatera Selatan).

Tabel 1. Aspek Tektonik dan Sedimentasi Sebagai Parameter Dalam Pengelompokkan Kondisi Geologi (SNI, 1998).

Kondisi Geologi Parameter	Sederhana	Moderat	Komplek
I. Aspek Sedimentasi			
1. Variasi Ketebalan	Sedikit bervariasi (Senakin, Kalsel; Tanjung Enim, Sumatera Selatan).	Bervariasi (Banjarsari, SumSel).	Sangat bervariasi (Batulicin, KalSel).
2. Kesenambungan	Ribuan meter (Banko Selatan, SumSel; Satui, Senakin, KalSel).	Ratusan meter (Cerenti, Riau; Sangatta, KalTim; Rantau, KalSel).	Puluhan meter (Bojongmanik, JaBar; Bengkulu).
3. Percabangan	Hampir tidak ada (Muara Tiga Besar, SumSel; Petangis, KalTim).	Beberapa (Gunung Batu Besar, KalSel).	Banyak (Sangatta, KalTim).
II. Aspek Tektonik			
1. Sesar	Hampir tidak ada (Banko Selatan).	Jarang (Senakin, Fm Tanjung, KalSel).	Rapat (Ambakiang, Fm Warukin, KalSel; Bengkulu)
2. Lipatan	Hampir tidak terlipat (Banko Selatan).	Terlipat sedang (Loa Janan-Loa Kulu, KalTim).	Terlipat kuat (Tutupan, KalSel).
3. Intrusi	Tidak berpengaruh (Senakin Barat, Kalsel).	Berpengaruh (Suban, Bukit	Sangat Berpengaruh (Bukit Bunian Utara, SumSel).
4. Kemiringan	Landai (Cerenti, Riau).	Kendi, Air Laya, SumSel).	Terjal (Upau, Tutupan, KalSel; Bengkulu).
III. Variasi Kualitas	Sedikit bervariasi (Banko Barat, SumSel; Senakin, Satui, KalSel).	Bervariasi (Air Laya, SumSel; Meulaboh, Aceh).	Sangat bervariasi (Air Kotok, Bengkulu).

3.6 Sumber Daya dan Cadangan Batubara

Sumber daya dan cadangan batubara yang ada di Indonesia seperti yang dijelaskan oleh SNI pada tahun 1998, yaitu:

a. Sumber Daya Batubara

Di Negara Indonesia penentuan dan penetapan mengenai klasifikasi sumber daya mineral dan cadangan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI No. 13-5014-1998) yang dikeluarkan oleh Badan Standarsiasi Nasional (BSN). Berdasarkan tahap penyelidikannya, sumber daya mineral dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu:

1. Sumber Daya Batubara Hipotetik (*Hypotical Coal Resource*) adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan survei tinjau.
2. Sumber Daya Batubara Tereka (*Inferred Coal Resource*) adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan.
3. Sumber Daya Batubara Terunjuk (*Indicated Coal Resource*) adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi pendahuluan.
4. Sumber Daya Batubara Terukur (*Measured Coal Resource*) adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah

penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi rinci.

b. Cadangan Batubara

Cadangan batubara dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu:

1. Cadangan batubara terkira adalah sumberdaya batubara terunjuk dan sebagian sumberdaya batubara terukur, tetapi berdasarkan kajian kelayakan semua faktor yang terkait terpenuhi sehingga hasil kajiannya dinyatakan layak.
2. Cadangan batubara terbukti adalah sumberdaya batubara terukur yang berdasarkan kajian kelayakan semua faktor yang terkait telah terpenuhi sehingga hasil kajiannya dinyatakan layak (SNI, 1998).

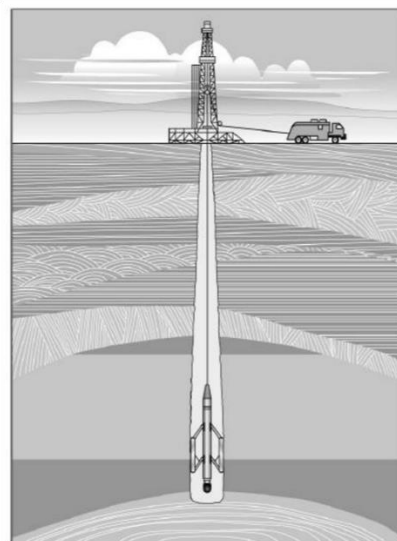
3.7 Metode *Well Logging*

Log adalah suatu grafik kedalaman (bisa juga waktu), dari satu set data yang menunjukkan parameter yang diukur secara berkesinambungan di dalam sebuah sumur (Harsono, 1997). Kegiatan untuk mendapatkan data *log* disebut "*logging*". *Logging* memberikan data yang diperlukan untuk mengevaluasi secara kuantitatif banyaknya sumber daya di lapisan pada situasi dan kondisi yang sesungguhnya. Grafik *log* memberikan informasi yang dibutuhkan untuk mengetahui sifat-sifat batuan dan cairan.

Saat ini *well logging* diartikan diartikan sebagai perekaman karakteristik dari suatu formasi batuan yang diperoleh melalui pengukuran pada sumur bor (Ellis and Singer, 1987). *Well logging* juga dapat digunakan untuk mengetahui sifat fisika suatu batuan dengan menggabungkan dua metode, yaitu: intepretasi

data rekaman *log* (*log interpretation*) di lapangan, dan analisis batuan inti (*core analysis*) di laboratorium (Dewanto, 2009).

Intepretasi data *log* merupakan suatu metode pendukung dalam usaha evaluasi formasi, yaitu dengan cara menggunakan hasil perekaman alat *survey logging* sebagai sumber informasi yang utama. Intepretasi ini dapat dilakukan baik secara kuantitatif maupun kualitatif (Dewanto, 2009). Dewasa ini *logging* dapat digunakan mengetahui gambaran rinci dan lengkap dari lingkungan di bawah permukaan tanah, tepatnya dapat digunakan untuk mengetahui karateristik dan menilai batuan-batuan yang mengelilingi lubang bor tersebut seperti pada **Gambar 7.**, selain itu *logging* dapat memberikan keterangan dari lapisan yang mengandung hidrokarbon, serta sejauh mana penyebaran hidrokarbon pada suatu lapisan. *Logging* juga dapat digunakan dalam eksplorasi pertambangan, seperti mineral maupun batubara. Pada eksplorasi batubara *logging* yang digunakan seringkali hanya beberapa kombinasi *log*, seperti *log* densitas, *log gamma* dan *log* caliper, meski tidak menutup kemungkinan digunakannya *log* lain seperti *log* resistivitas.



Gambar 7. Gambaran Perekaman *Well Logging* (Ellis & Singer, 1987).

3.8 Perangkat-Perangkat *Well Logging*

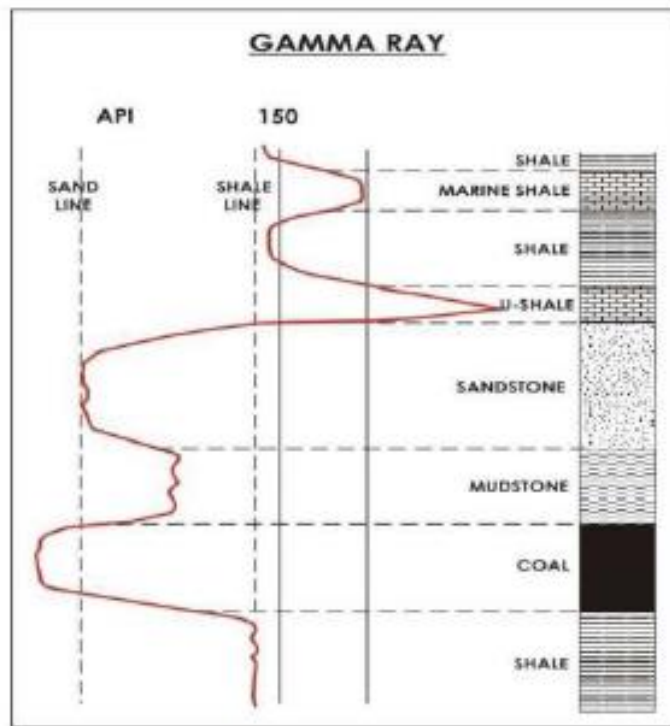
Terdapat beberapa perangkat *well logging* yang digunakan penulis dalam penelitian ini diantaranya adalah:

a. *Log Gamma Ray*

Prinsip dari *log gamma ray* (GR) adalah perekaman radioaktivitas alami bumi. Radioaktivitas GR berasal dari 3 unsur radioaktif yang ada dalam batuan, yaitu Uranium (U), Thorium (Th) dan Potasium (K), yang secara terus-menerus memancarkan GR dalam bentuk pulsa-pulsa energi radiasi tinggi. Sinar gamma ini mampu menembus batuan dan dideteksi oleh sensor sinar gamma yang umumnya berupa detektor sintilasi.

Setiap GR yang terdeteksi akan menimbulkan pulsa listrik pada detektor. Parameter yang direkam adalah jumlah dari pulsa yang tercatat per satuan waktu (Harsono, 1997). Pada **Gambar 8.** terdapat tiga unsur utama yang umumnya ditemukan dibawah permukaan, masing-masing unsur mempunyai tingkat tenaga yang berbeda. Alat *gamma ray* standar akan mengukur total aktifitas dari ketiga unsur tersebut, yang dapat dipisahkan melalui *gamma ray spektroskopi*.

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 2.** memperlihatkan respon litologi tiap lapisan batuan untuk beberapa tipe *log*.



Gambar 8. Penentuan Penarikan *Sand Base Line* dan *Shale Base Line* (BPB Manual, 1981).

Tabel 2. 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 dolomit. *Log gamma ray* memiliki satuan API (*American Petroleum Institute*) dimana 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*.

Secara khusus *log gamma ray* berguna untuk mengetahui lapisan *permeable* dan *impermeable*, dapat juga data dari *log gamma ray* dibandingkan dengan data didapat dari *log SP*. Secara umum fungsi dari *log gamma ray* antara lain:

1. Evaluasi kandungan serpih Vsh.
2. Menentukan lapisan *Permeabel*, *Impermeable*.
3. Evaluasi bijih mineral radioaktif.
4. Evaluasi lapisan mineral yang bukan radioaktif.
5. Korelasi *log* pada sumur berselubung.
6. Korelasi antar sumur.

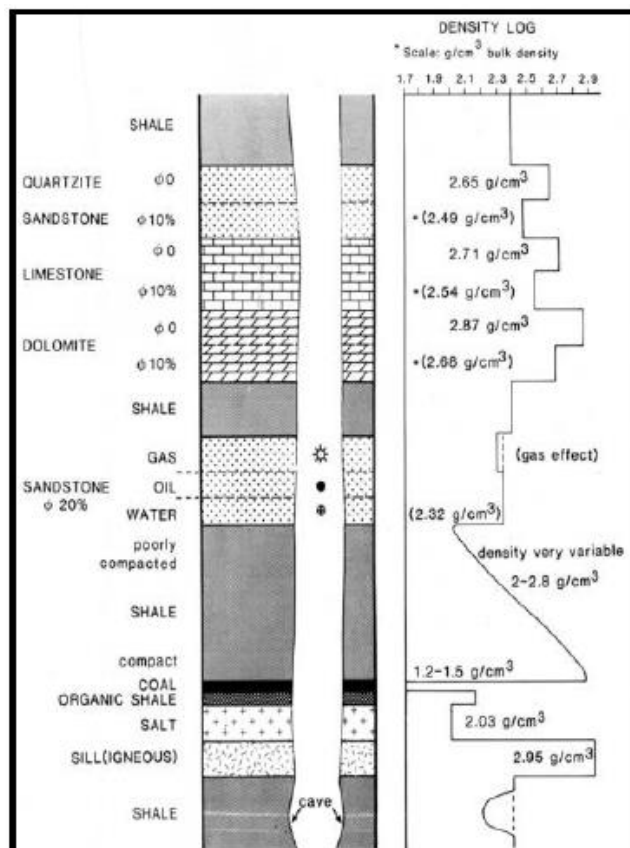
b. Log Densitas

Prinsip kerja *log densitas*, yaitu sumber radioaktif dari alat pengukuran 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 benturan akan mengalami pengurangan energi (*lose energy*). Energi yang kembali sesudah mengalami benturan akan diterima oleh detektor yang berjarak tertentu dengan sumbernya. Makin lemah 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:

1. Besarnya densitas matriks batuan.
 2. Besarnya porositas batuan.
 3. Besarnya densitas kandungan yang ada dalam pori-pori batuan.
- (Harsono, 1997).

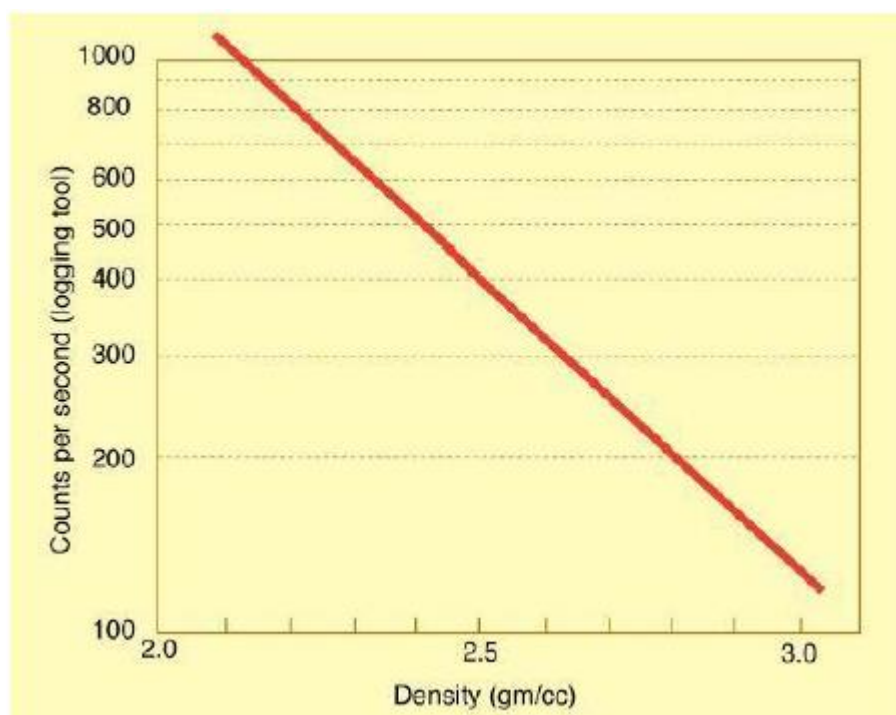
Dalam *log* densitas kurva dinyatakan dalam satuan gr/cc, karena energi yang diterima untuk deflektor dipengaruhi oleh matrik batuan ditambah kandungan yang ada dalam pori batuan, maka satuan gr/cc merupakan besaran *bulk density* (ρ_b). Beberapa respon yang khas pada *log* densitas dalam satuan gr/cc dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Respon *Log* Densitas Terhadap Beberapa Jenis Batuan Dengan Densitas Total dari Batuan Meliputi Matriks Padat dan Fluida yang Mengisi Pori (Rider, 1996).

Pada penelitian yang dilakukan, satuan dari *log* densitas adalah *counts per second* (CPS) untuk mempermudah perhitungan maka dilakukan konversi 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.



Gambar 10. Hubungan Antara Satuan CPS dan gr/cc (Warren, 2002).

Berdasarkan **Gambar 10**. Konversi satuan dari CPS ke gr/cc dapat diperoleh dengan persamaan (1) maupun persamaan (2), sebagai berikut:

$$Y = 177598e^{-2.4325x} \quad (1)$$

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

Keterangan:

Y : nilai densitas dalam satuan CPS.

X : nilai densitas dalam satuan gr/cc.

3.9 Interpretasi Well Logging

Intepretasi data *log* geofisika dilakukan untuk menentukan litologi pada setiap kedalaman di bawah permukaan bumi. Masing-masing batuan memiliki respon yang khas pada kurva *log*, sehingga jenis litologi dapat ditentukan. Karakteristik *log* dari beberapa batuan yang melibatkan *log gamma ray* dan *log density* adalah sebagai berikut:

- a. Batubara; *gamma ray* rendah dengan densitas rendah.
- b. Batulempung; *gamma ray* menengah dengan densitas menengah.
- c. Batupasir; *gamma ray* agak rendah dengan densitas menengah.
- d. Batu Konglomerat; *gamma ray* menengah dengan densitas menengah.
- e. Batugamping; *gamma ray* rendah dengan densitas menengah sampai tinggi.
- f. Batuan vulkanik; *gamma ray* rendah dengan densitas tinggi.

Intepretasi *log* untuk empat jenis *log* dikombinasikan, yaitu: *gamma ray*, caliper, densitas, dan resistivitas. Dalam hal ini ditunjukkan garis batas berupa *coal line* pada *density log* dan *shale base line* pada *gamma ray log*. Pada garis *coal line* dapat dilihat bahwa batuan yang mempunyai density paling rendah dapat diinterpretasikan sebagai batubara. Dan pada garis *shale base line* dapat dilihat

bahwa batuan yang lebih besar dari garis ini dapat diinterpretasikan sebagai batu lempung, sedangkan yang paling rendah adalah lapisan batubara. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jika *density*-nya paling rendah, *gamma ray*-nya juga rendah, sedangkan resistivitasnya besar maka lapisan itu dapat diinterpretasikan sebagai lapisan batubara. Penafsiran tersebut tentunya harus dipertimbangkan *caliper log*, diimana kondisi lubang bor tidak selalu konstan artinya didominasi oleh lapisan yang tidak kompak, baik lapisan *permeabel* (pasir) yang membentuk *mud cake* maupun lapisan lempung yang diameternya lebih besar karena terjadi reruntuhan sehingga lubang bornya berongga.

3.10 Metode Poligon

Metode poligon merupakan metode perhitungan yang konvensional dibandingkan dengan metode lainnya, karena pada perhitungan cadangan endapannya tidak begitu memperhatikan struktur patial daerah yang akan diobservasi dan tidak begitu memperhatikan data-data dari titik-titik bor disekitarnya. Metode ini umum diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana.

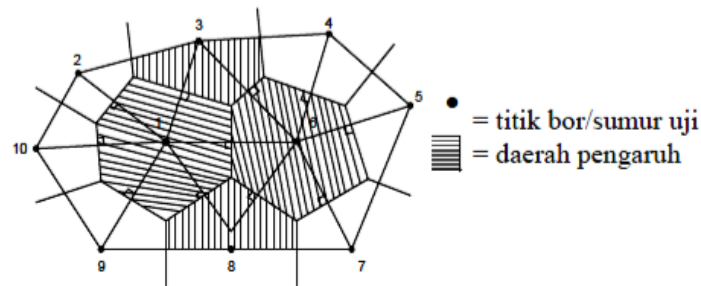
Sebelum melakukan perhitungan dengan metode poligon terlebih dahulu diketahui variabel yang mempengaruhi perhitungan, diantaranya:

- a. Luas blok/poligon yang akan dihitung.
- b. Ketebalan endapan batubara pada lubang bor yang terletak pada blok yang akan dihitung cadangan endapan batubaranya.
- c. SG (*Spesific Gravity*) batubara yang terletak pada blok yang akan dihitung.

Kadar pada suatu luasan di dalam poligon ditaksir dengan nilai contoh yang berada di tengah-tengah poligon sehingga metode ini sering disebut dengan metode poligon daerah pengaruh (*area of influence*). Daerah pengaruh dibuat dengan membagi dua jarak antara dua titik contoh pada satu garis sumbu.

Metode poligon untuk perhitungan cadangan batubara dilakukan sebagai berikut:

- a. Untuk setiap lubang bor ditentukan suatu batas daerah pengaruh yang dibentuk oleh garis-garis berat antara titik terdekat disekitarnya.
- b. Garis-garis tersebut diekstensikan sejauh setengah jarak dari titik-titik disekitarnya yang membentuk suatu daerah pengaruh.
- c. Masing-masing daerah/blok yang diperlukan sebagai satu poligon yang mempunyai kadar dan ketebalan yang konstan yaitu sama dengan kadar dan ketebalan titik bor di dalam poligon tersebut.
- d. Menentukan luas daerah/blok (m^2) yang akan dihitung dengan cadangan batubara.
- e. Kemudian mencari volume endapan batubara (m^3) dengan cara mengalikan luas daerah (m^2) dengan ketebalan endapan batubara (m) pada daerah/blok tersebut.
- f. Kemudian didapat berat cadangan endapan batubara (ton) dengan cara mengalikan volume batubara (m^3) dengan SG batubara.
- g. Demikian juga perhitungan cadangan endapan batubara pada blok-blok yang lainnya, sehingga didapatkan cadangan endapan batubara pada suatu daerah.



Gambar 11. Skema Perhitungan Metode Poligon (Hustrulid and Kutcha, 1995)

Berikut adalah rumus perhitungan cadangan batubara dengan menggunakan metode poligon:

1. Rumus perhitungan tanah penutup

$$V_{ob} = t * A \quad (3)$$

Keterangan:

V_{ob} : Volume daerah pengaruh tanah penutup (m^3)
 t : Tebal lapisan tanah penutup setiap lubang bor (m)
 A : Luas daerah pengaruh (m^2)

2. Rumus perhitungan cadangan batubara

$$V = t * A \quad (4)$$

Keterangan:

V : Volume daerah pengaruh batubara (m^3)
 t : Tebal lapisan batubara setiap lubang bor (m)
 A : Luas daerah pengaruh (m^2)

3. Rumus tonase batubara

$$T = V * \rho \quad (5)$$

Keterangan:

T : Tonase batubara (Ton)
 V : Volume daerah pengaruh (m^3)
 ρ : densitas batubara ($1,2 - 1,5 \text{ ton}/m^3$)

4. Rumus perhitungan total batubara

$$T_{total} = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n \quad (6)$$

Keterangan:

T_{total} : Tonase batubara (Ton)
 T_1 : Tonase daerah pengaruh T_1
 T_2 : Tonase daerah pengaruh T_2
 T_3 : Tonase daerah pengaruh T_3
 T_n : Tonase daerah pengaruh T_n

Adapun kelebihan dan kekurangan perhitungan menggunakan metode poligon, yaitu:

1. Kelebihan

- a. Perhitungan dapat dilakukan dalam waktu singkat.
- b. Cocok untuk yang tidak bervariasi.
- c. Hasilnya lebih tepat apabila ketebalan batubara relatif seragam.

2. Kekurangan

- a. Kurang tepat untuk yang bervariasi (*inconsistent bed*) (Hustrulid and Kutcha, 1995).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Divisi Geologi, Satuan Kerja Eksplorasi dan Geoteknik, PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. dan di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung dengan judul **"Identifikasi Sebaran dan Estimasi Sumber Daya Batubara Menggunakan Metode Poligon Berdasarkan Interpretasi Data Logging Pada Lapangan "ADA" Sumatera Selatan."**.

Adapun jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.

No	Kegiatan	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1.	Penyusunan Proposal Penelitian						
2.	Penelitian di Perusahaan						
3.	Seminar Proposal Penelitian						
4.	Seminar Hasil Penelitian						
5.	Seminar Skripsi						

4.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ini berlangsung adalah data rekaman *log* (*.LAS file), peta sebaran titik bor, peta topografi daerah penelitian, *Software WellCAD 4.3.*, *Software Rock Works 15*, kertas milimeter blok, ATK, dan *Personal Computer* (PC).

4.3 Alur Penelitian

Adapun alur penelitian yang penulis lakukan dalam penelitian ini akan dijelaskan di bawah ini.

4.3.1 Studi Literatur

Pada studi pustaka, tentunya yang paling utama adalah literatur-literatur berkenaan dengan batubara, metode *well logging* (*log gamma ray*, dan *log density*), perhitungan metode poligon, geologi regional Sumatera Selatan, dan penelitian sebelumnya di regional Sumatera Selatan.

4.3.2 Persiapan Data

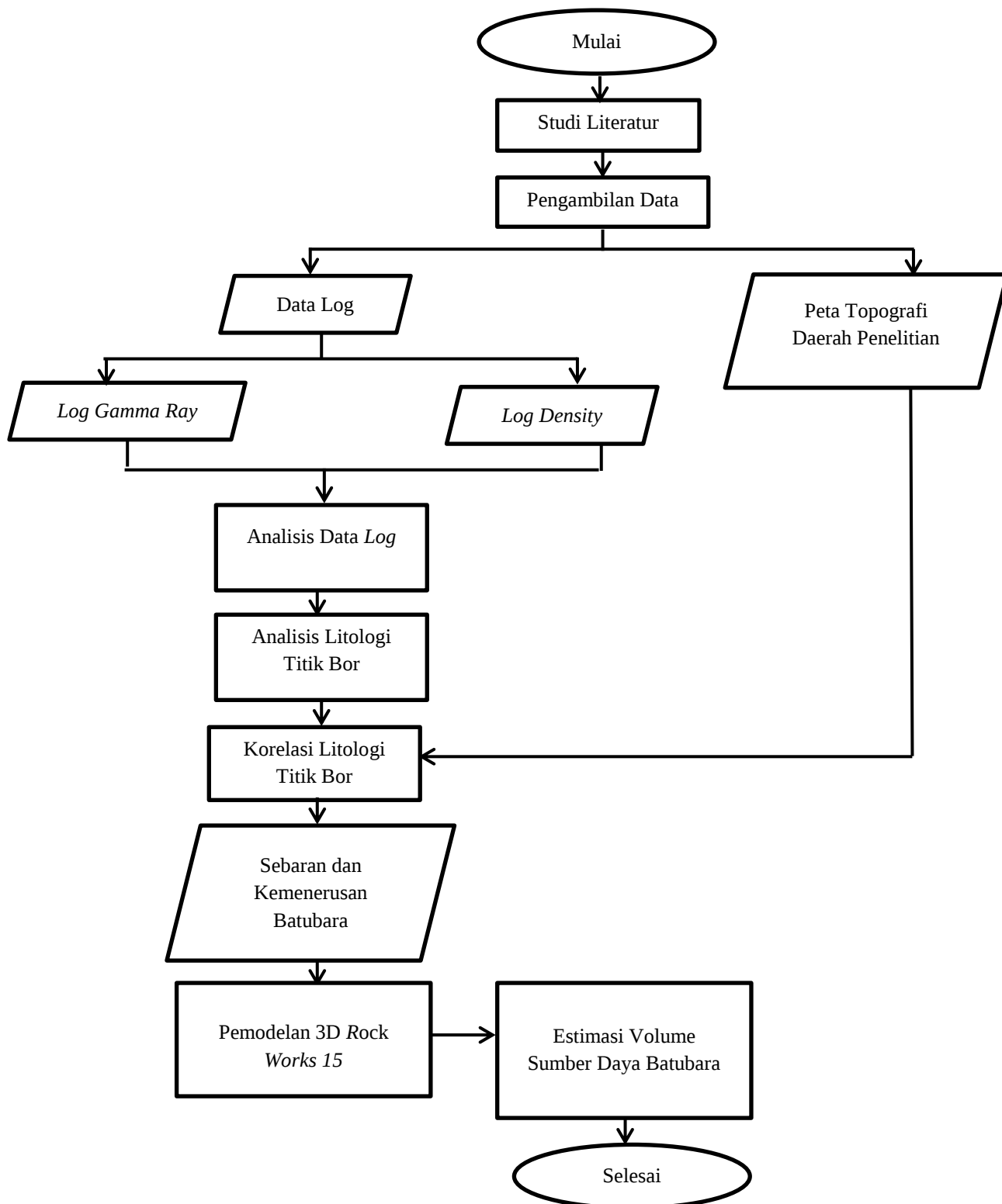
Persiapan data dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data yang telah dimiliki oleh PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. dari hasil pengeboran, yakni peta sebaran titik bor yang merupakan data utama yang akan diolah untuk dilakukan penghitungan sumber daya batubara pada Lapangan "ADA", Sumatera Selatan.

4.3.3 Pengolahan Data

Data *log* sumur yang dimiliki berupa *LAS file, kemudian diolah dengan *software WellCAD* untuk mendapatkan tampilan grafik *logging* sumur yang terdiri dari *log gamma ray* dan *log density*. Grafik *log* diinterpretasi litologi batuananya berdasarkan *range* nilai *log gamma ray* dan *log density*. Setelah mengetahui litologi pada titik bor, langkah selanjutnya adalah mengkorelasikan litologi guna melihat penyebaran lapisan batubara dan arah kemenerusannya. Terakhir penulis menghitung sumber daya batubara pada Lapangan "ADA" dengan menggunakan perhitungan Metode Poligon dan *Software Rock Works 15*.

4.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Diagram Alir Penelitian.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

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

1. Terdapat lima jenis litologi pada Lapangan "ADA", Sumatera Selatan yaitu batupasir (*sandstone*), batulempung (*claystone*), batulanau (*siltstone*), batulempung tuffan (*tuffaceous claystone*), dan batubara (*coal*).
2. Pada daerah penelitian ditemukan empat lapisan *seam* batubara, yaitu *seam A1*, *seam A2*, *seam B*, dan *seam C*. Dengan ketebalan rata-ratanya, *seam A1* dengan tebal 8,28 m, *seam A2* dengan tebal 13,62 m, *seam B* dengan tebal 18,50 m dan *seam C* dengan tebal 8,84 m.
3. Korelasi litologi berdasarkan garis *key bed* diketahui bahwa lapisan batubara relatif tidak mengalami penebalan atau penipisan (konstan).
4. Korelasi litologi berdasarkan titik datum elevasi diketahui bahwa kemenerusan lapisan *seam* batubara relatif dari arah Timur ke arah Barat dan kemiringan dari lapisan batubara antara satu *seam* dengan *seam* lainnya dari arah Selatan ke Utara dengan sudut kemiringan antara 5°-30°.

5. Dari perhitungan menggunakan metode poligon, didapatkan total sumber daya batubara pada Lapangan "ADA", Sumatera Selatan sebesar 18.323.000 m³ dan dalam ton sebesar 21.987.000 – 27.484.000 ton. Sedangkan hasil perhitungan dengan *software rock works* 15 didapatkan total sumber daya batubara pada Lapangan "ADA", Sumatera Selatan sebesar 18.786.000 m³ dan dalam tonase sebesar 22.544.000 – 28.179.000 ton.

6.2 Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Dalam menghitung sumber daya batubara diperlukan sumur eksplorasi yang lebih banyak lagi dan juga memiliki kerapatan antar sumur yang berdekatan sehingga volume yang didapat mendekati nilai sebenarnya.
2. Dilakukan perhitungan dengan metode lainnya, seperti metode sayatan atau menggunakan *software mainscape* sehingga bisa dibandingkan hasil yang didapat oleh metode poligon maupun sayatan ataupun hasil perhitungan menggunakan *software mainscape*.
3. Diperlukan data batubara hasil dari analisis laboratorium untuk mengetahui kualitas batubara, guna menentukan nilai ekonomis dari batubara tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggayana, K. 2002. *Genesa Batubara*. Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Ilmu Kebumian dan Teknologi Mineral. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Bishop, A. W., and Henkel, D. J., 2001. *The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test*. Second Edition, Edward Arnold Publishers, Ltd., London, U.K., 227 pp.
- 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 Wollongong University. Ltd. Malta.
- Dewanto, O. 2009. *Well Logging Vol-6*. DIKTAT. Lampung: Universitas Lampung.
- De Coster, G. L. 1974. The Geology of the Central Sumatera and South Sumatera Basins. *Proceeding Indonesia Petroleum Association 3rd Annual Convention*.
- Diessel, C.F.K., 1992. *Coal-Bearing Depositional Systems*. Springer-Verlag Berlyn Heidelberg. Germany.
- Eillis, D. V. and Singer, J.M. 1987. *Well Logging for Earth Scientist 2nd edition*. Springer. Netherlands.
- Harsono, A. 1997. *Penghantar Evaluasi Log*. Jakarta: Schlumberger Oilfield Service.
- Haryono, A. 2010. *Intepretasi Log Sebaran Lapisan Batubara Berdasarkan Data Log Gamma Ray*. Samarinda: Universitas Mulawarman,
- Hustrulid, W., and Kuchta, M. 1995. *Open Pit Mine Planning & Design Vol. I*. A.A.Balkema, Rotterdam.
- Julkipli, Siregar, S. S., dan Sota, I. 2015. Intepretasi Sebaran Batubara Berdasarkan Data Well Logging di Daerah Blok X Pulau Laut Tengah Kabupaten Kotabaru. *Jurnal Fisika Flux, Vol. 12 No. 1*. Universitas Lambung Mangkurat: Program Studi Fisika FMIPA.

- Koesoemadinata, R. P. 1978. *Tertiary Coal Basin of Indonesia*. United National ESCAP, CCOP Technical Bulletin. Bandung.
- PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. 2007. *Laporan Internal Pemboran Eksplorasi dan Geophysical Logging*. Satuan Kerja Unit Eksplorasi Rinci. Tidak dipublikasikan.
- Rahim, A., Ibrahim, dan Nurlina 2015. Interpretasi Sebaran Batubara Dan Analisis Korelasi Antara Log Densitas Dengan Kualitas Batubara Di Daerah Gunung Mas. *Jurnal Fisika Flux*, Vol. 12 No. 1. Universitas Lambung Mangkurat: Program Studi Fisika FMIPA.
- Rider, M. 1996. *The Geological Interpretation of Well Logs 2nd Edition*. Malta: Interprint Ltd.
- 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 13 Maret 2017.
- Spruyt, J. N. 1956. *Subdivisions and nomenclature of the tertiary sediments of the Jambi Palembang area*. Pertamina internal report.
- Sukandarrumidi. 1995. *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tim Kajian Batubara Nasional. 2006. *Batubara Indonesia*. Jakarta: Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Warren, J. 2002. *Introduction to Wireline Logs*. API. USA.