

**INTERPRETASI DAN KORELASI DATA *WELL LOGGING* DALAM  
PENENTUAN VOLUME DAN KUALITAS BATUBARA BERDASARKAN  
ANALISIS PROKSIMAT PADA DAERAH TAMBANG AIR LAYA PT.  
BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN**

(Skripsi)

Oleh

**Feby Alifa  
2015051011**



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

**INTERPRETASI DAN KORELASI DATA *WELL LOGGING* DALAM  
PENENTUAN VOLUME DAN KUALITAS BATUBARA BERDASARKAN  
ANALISIS PROKSIMAT PADA DAERAH TAMBANG AIR LAYA PT.  
BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN**

**Oleh  
FEBY ALIFA**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### INTERPRETASI DAN KORELASI DATA *WELL LOGGING* DALAM PENENTUAN VOLUME DAN KUALITAS BATUBARA BERDASARKAN ANALISIS PROKSIMAT PADA DAERAH TAMBANG AIR LAYA PT. BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN

Oleh

**FEBY ALIFA**

Indonesia adalah Negara yang kaya akan potensi sumber daya alam, salah satunya adalah batubara. Batubara digunakan sebagai bahan bakar industri peleburan baja dan sebagai sumber tenaga pembangkit Listrik. Metode *well logging* pada eksplorasi batubara merupakan salah satu metode yang tepat untuk digunakan, karena metode ini mampu menggambarkan keadaan bawah permukaan secara vertikal sehingga litologi masing-masing lapisan dapat tergambarkan dengan jelas. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menentukan litologi dalam penentuan volume dan kualitas batubara di daerah penelitian. Penelitian ini dilakukan di PT. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan litologi pada 5 sumur bor yang terdapat pada daerah penelitian yaitu, batuan beku, batupasir, batupasir tufaan, batulanau, batulempung, batulempung karbonan, batubara, batupasir glukonit serta batubara silika. Kualitas batubara pada sumur TS dengan lapisan batubara A1, A2, B, dan C sangat bervariasi dan termasuk ke dalam kualitas sedang hingga tinggi, berdasarkan ASTM D 388-05 kualitas pada area penelitian adalah *High volatile C bituminous coal* dengan nilai kalori berkisar antara 12.166,95 btu/lb – 12.892.59 btu/lb, *High volatile B bituminous coal* dengan nilai kalori berkisar antara 13.354,17 btu/lb – 13.901,20 btu/lb dan *High volatile A bituminous coal* dengan nilai kalori 14.133,00 btu/lb. Kemudian didapatkan dari hasil perhitungan Volume batubara yang diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan *Software Rockworks 16* sebesar 67.430.400 m<sup>3</sup>.

**Kata Kunci :** Batubara, *Well Logging*, Kualitas, Volume.

## **ABSTRACT**

### **INTERPRETATION AND CORRELATION OF WELL LOGGING DATA IN DETERMINING COAL VOLUME AND QUALITY BASED ON PROXIMATE ANALYSIS IN THE AIR LAYA MINING AREA OF PT. BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM SOUTH SUMATRA**

By

**FEBY ALIFA**

Indonesia is a country rich in natural resource potential, one of which is coal. Coal is used as fuel for the steel smelting industry and as a source of power for electricity generation. The well logging method in coal exploration is one of the appropriate methods to use, because this method is able to describe the subsurface conditions vertically so that the lithology of each layer can be depicted clearly. The purpose of this research is to determine lithology in determining the volume and quality of coal in the research area. This research was conducted at PT. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim, South Sumatra. Based on the research results, lithology was obtained in 5 drilled wells in the research area, namely, igneous rock, sandstone, tuffaced sandstone, siltstone, carbonaceous mudstone, coal, gluconite sandstone and silica coal with coal quality in the TS well with A1, A2, B coal layers. , and C vary greatly and are included in medium to high quality, based on ASTM D 388-05 the quality in the research area is High volatile C bituminous coal with a calorific value ranging from 12.166,95 btu/lb – 12.892,59 btu/lb, High volatile B bituminous coal with a calorific value ranging from 13.354,17 btu/lb – 13.901,20 btu/lb and High volatile A bituminous coal with a calorific value of 14.133,00 btu/lb. Then it was obtained from the calculation results that the coal volume obtained based on calculations using Rockworks16 Software was 67.430.400 m<sup>3</sup>.

**Keyword :** Coal, Well Logging, Quality, Volume.

Judul Skripsi

: **INTERPRETASI DAN KORELASI DATA  
WELL LOGGING DALAM PENENTUAN  
VOLUME DAN KUALITAS BATUBARA  
BERDASARKAN ANALISIS PROKSIMAT  
PADA DAERAH TAMBANG AIR LAYA PT.  
BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM  
SUMATERA SELATAN**

Nama Mahasiswa

: **Feby Alifa**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2015051011**

Program Studi

: **Teknik Geofisika**

Fakultas

: **Teknik**



1. **Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II

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

**NIP. 196612221996031001**

**Dr. Ir. Nandi Haerudin, M.Si., IPM.**

**NIP. 197509112000121002**

2. **Ketua Jurusan Teknik Geofisika**

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

**NIP. 196912301998021001**

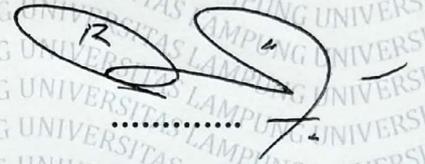
v

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

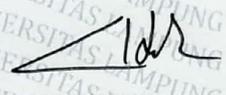
Ketua

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



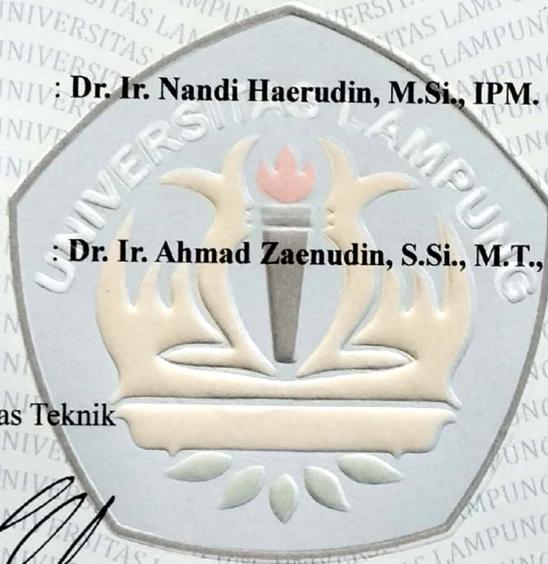
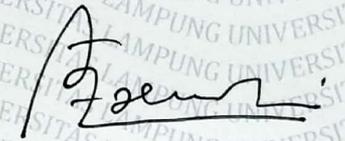
Sekretaris

: **Dr. Ir. Nandi Haerudin, M.Si., IPM.**



Anggota

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



**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., Msc.**

NIP. 197509282001121002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **27 Mei 2024**

## LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN

INTERPRETASI DAN KORELASI DATA *WELL LOGGING* SERTA  
ANALISIS PROKSIMAT UNTUK MENENTUKAN KUALITAS DAN  
PERHITUNGAN VOLUME BATUBARA PADA DAERAH TAMBANG AIR  
LAYA DI PT. BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM, SUMATERA  
SELATAN.

Oleh

**Feby Alifa**  
2015051011



**PT. BUKIT ASAM TBK.**  
**TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN 2024**

Pembimbing

 08/03/24.

**Wiwit Via Sagita**

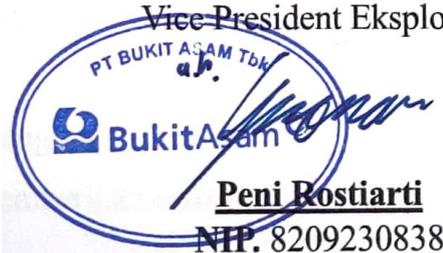
Tanjung Enim, 08 Maret 2024  
Asisten Manager Geologi TAL



**Leonardus Wisnumurti**  
NIP. 9216131231

Menyetujui,

Vice President Eksplorasi

  
**Peni Rostiarti**  
NIP. 8209230838

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan dalam skripsi dengan judul “Interpretasi Dan Korelasi Data *Well Logging* Dalam Penentuan Volume Dan Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat Pada Daerah Tambang Air Laya Pt. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim Sumatera Selatan” adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang diakui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai praturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Juni 2024



**Feby Alifa**

NPM. 2015051011

## RIWAYAT HIDUP



Feby Alifa lahir di negeringarip pada tanggal 11 februari 2002 dan beragama islam, merupakan putri pertama dari 3 bersaudara dari Bapak Herwinskyah dan Ibu Mardiah. Pendidikan yang di tempuh mulai dari Sekolah Dasar di SD Negeri 1 negeringarip (2008-2014), Sekolah Menengah Pertama di MTS Negeri 1 Tanggamus (2014-2017), dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Kotaagung (2017-2020) dan melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas

Lampung. Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Geofisika Unila, penulis telah mengikuti beberapa organisasi kemahasiswaan serta aktif di berbagai unit kegiatan mahasiswa. Diantaranya Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana sebagai anggota internal bidang Sosial Budaya Masyarakat, Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Unila sebagai anggota Divisi PSDM. Telah mempublikasikan karya ilmiah pada Jurnal Geofisika Eksplorasi dengan judul **“Pengaruh Intrusi Terhadap Kualitas Batubara Pada *Seam C* Daerah Tambang Air Laya”**. Pada tahun 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Kemala, Kecamatan Bengkunt, Kabupaten Pesisir Barat. Lalu pada September sampai Oktober 2023 melaksanakan Kerja Praktik secara *offline* selama satu bulan di Pusat Survei Geologi (PSG), dengan judul laporan **“Identifikasi Nilai Porositas Berdasarkan Zona Prospek Hidrokarbon Menggunakan Data Log Dan Data Core Pada Sumur FA\_26 Cekungan Jawa Barat Utara”**. Selanjutnya pada Februari sampai Maret 2023 penulis melanjutkan

Tugas Akhir di PT. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan secara offline sebagai bahan untuk mendukung penulisan Skripsi. Sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang perguruan tinggi program sarjana melalui skripsi dengan judul **“Interpretasi Dan Korelasi Data *Well Logging* Dalam Penentuan Volume Dan Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat Pada Daerah Tambang Air Laya Pt. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim Sumatera Selatan”** dan dinyatakan lulus dengan gelar Sarjana Teknik pada 27 Mei 2024.

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas terselesaikannya skripsi ini dengan baik. Skripsi ini saya persembahkan untuk :

### **KEDUA ORANGTUA KU TERCINTA**

**HERWINSYAH**

**&**

**MARDIAH**

Segala perjuanganku hingga titik ini, aku persembahkan pada dua orang paling berharga dalam hidupku. Berkat dukungan serta do'a tiada hentinya, dan selalu berjuang memberikan yang terbaik kepada anak-anaknya. Maaf jika belum bisa menjadi apa yang kalian inginkan dan terimakasih karena sudah menjadi orangtua terhebat yang aku punya.

### **ADIK-ADIK KU TERSAYANG**

**ATIKA NIKMATURRAHMA**

**&**

**NURAINI**

Terimakasih selalu menjadi saudara terbaik yang mendukung dan memberi semangat serta menjadi support system selama ini. Semoga selalu diberikan kesehatan dan dilimpahkan rezeki serta kekuatan dan semoga menjadi anak yang sukses dan bisa bersama-sama membahagiakan kedua orang tua.

**Keluarga Besar Teknik Geofisika**

**Almamater Tercinta, Universitas Lampung**

## MOTTO

“Allah tidak membenai seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”  
(Q.S Al-Baqarah, 2:286)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”  
(QS. Al-Insyirah, 94:5-6)

*“Life can be heavy, especially if you try to carry it all at once. Part of growing up and moving into new chapters of your life is about catch and release. What I mean by that is, knowing what things to keep, and what things to release.”*  
~Taylor Swift~

“Seperti kata Taylor Swift, *“Don’t you worry your pretty little mind, people throw rocks at things that shine”*, selama menyelesaikan skripsi ini, saya yakin bahwa suatu hari saya akan bersinar dan bisa melewati ketakutan ini.”

“Orang lain gak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini. Jadi, tetap berjuang ya.”

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Yang Maha Kuasa karena berkat rahmat dan hidayah serta karunia-Nya penulis dapat Menyusun skripsi dengan judul **“INTERPRETASI DAN KORELASI DATA *WELL LOGGING* DALAM PENENTUAN VOLUME DAN KUALITAS BATUBARA BERDASARKAN ANALISIS PROKSIMAT PADA DAERAH TAMBANG AIR LAYA PT. BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN”**. Terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini. Penulis pun menyadari mungkin masih terdapat kekurangan di dalam skripsi ini, sehingga sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga semua yang tertulis di dalam skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada siapapun, baik kalangan umum maupun akademisi untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung. 19 Juni 2024

Penulis

**Feby Alifa**

NPM. 2015051011

## SANWACANA

Puji dan syukur senantiasa penulis haturkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Yang Maha Kuasa karena berkat rahmat dan hidayah serta karunia-Nya penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “Interpretasi Dan Korelasi Data *Well Logging* Dalam Penentuan Volume Dan Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat Pada Daerah Tambang Air Laya Pt. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim Sumatera Selatan”. Terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Skripsi ini. Penulis pun menyadari mungkin masih terdapat kekurangan di dalam skripsi ini, sehingga sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun.

Banyak Pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini dalam memberikan kontribusi ilmiah, spiritual dan informasi baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan anugerah-Nya dan memberikan kemudahan dalam hidup penulis.
2. Kepada diri saya sendiri, Feby Alifa yang sudah mampu bertahan dan menyelesaikan tanggung jawab saya yaitu kuliah sampai dengan selesai tepat waktu.
3. Kedua orang tua hebat dan tercinta saya yang selalu menjadi kebanggaan hidup penulis Bapak Herwinsyah dan Ibu Mardiah yang selalu memberikan doa dan semua hal yang terbaik buat saya serta mencintai dan menyayangi dengan sepenuh hati.

4. Adik-adikku tersayang Atika Nikmaturrahma dan Nuraini, yang selalu memberikan semangat kepada penulis sehingga bisa selesai sampai di tahap ini.
5. Bapak Dr. Eng., Ir. Helmy Fitriawan, ST., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
6. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung
7. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing satu, terimakasih atas kesediaannya untuk meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan, motivasi, kritik dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
8. Bapak Dr. Ir. Nandi Haeruddin., M.Si. selaku dosen Pembimbing dua, terimakasih atas kesediaannya untuk meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan, motivasi, kritik dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
9. Bapak Dr. Ir. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T selaku dosen Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan kritik dan saran atas skripsi ini, sehingga menjadikan skripsi ini menjadi lebih baik.
10. Bapak Prof. Drs. Ir. Suharno, M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan kepada penulis selama menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
11. Para dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati terima kasih untuk semua ilmu yang diberikan.
12. PT. Bukit Asam Tbk. yang telah mengizinkan saya untuk menjalankan Tugas Akhir dan memberikan ilmu serta pengalaman yang sangat luar biasa.
13. Ibu Peni selaku *Vice President* Eksplorasi PT. Bukit Asam Tbk.
14. Pak Wiwit Via Sagita selaku Pembimbing Tugas Akhir di PT. Bukit Asam Tbk., yang telah memberikan arahan serta bimbingan selama Tugas Akhir.
15. Silvia, Finda, Isti, Sabrina, Fayza, Arnia, Laras, David, Erwin, Ikram, Dimas ugm, Ryno, Affan, Cikal dan Dimas pepb teman seperjuangan dalam melaksanakan Tugas Akhir di PT. Bukit Asam Tbk.
16. Sahabat sejak MTS Lesli, Uti, Umi, atika dan ayu yang selalu memberikan semangat, motivasi, canda tawa, serta waktunya untuk saling bertukar cerita.

17. Sahabat SMA Alita, Uti, Muthi, Alya, Ananda dan Shakila yang selalu memberikan semangat, meluangkan waktu untuk saling bertukar cerita, canda tawa, keluh kesah dan selalu memberikan support.
18. Teman seperjuangan dari mahasiswa baru sampai sekarang yang saya sayangi yaitu nadia agustin yang telah menjadi teman cerita, diskusi, dan selalu memberi semangat serta dukungan.
19. Sahabat seperjuangan Sulis dan Bella yang telah menjadi teman berbagi cerita, keluh kesah, canda dan tawa. Terimakasih sudah menemani proses penulis dalam menyelesaikan Pendidikan di Teknik Geofisika Unila.
20. Terimakasih kepada fahmi adha sudah menjadi bagian cerita dari perjuangan penulis selama menjadi mahasiswa Teknik geofisika unila.
21. Teman seperjuangan Kerja Praktik Astri Yunita dan Hermalia Azizah, yang telah banyak berusaha bersama untuk dapat menyelesaikan perkuliahan, terima kasih atas segala usaha, bantuan, semangat dan kebersamaan selama Kerja Praktik di PSG.
22. Teman – teman KKN desa tanjung kemala, dema, mila, miwa, ayu, yose dan bima. Terima kasih atas segala cerita, bantuan, semangat, dukungan serta pengalamannya.
23. Keluarga besar Teknik Geofisika 2020, terima kasih atas bantuan, semangat, dukungan, kenangan dan pengalaman selama ini, semoga yang terbaik dimanapun kalian berada, aamiin.
24. Serta semua pihak yang terlibat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Bandar Lampung, 19 Juni 2024  
Penulis

Feby Alifa

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PERUSAHAAN</b> .....	vii
<b>PERNYATAAN</b> .....	viii
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	ix
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	xi
<b>MOTTO</b> .....	xii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xiii
<b>SANWACANA</b> .....	xiv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xx
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Lokasi Daerah Penelitian .....	5
2.2 Geologi Regional .....	6
2.3 Stratigrafi dan Kondisi Geologi Cekungan Sumatera Selatan .....	8
2.4 Cekungan Sumatera Selatan .....	18
2.5 Fisiografi Cekungan Sumatera Selatan .....	19

2.6 Penelitian Terdahulu .....	9
<b>BAB III TEORI DASAR</b>	
3.1 Batubara .....	22
3.1.1 <i>Lignit</i> .....	25
3.1.2 <i>Sub – Bituminous</i> .....	25
3.1.3 <i>Bituminous</i> .....	26
3.1.4 <i>Anthracite</i> .....	26
3.2 Klasifikasi Batubara menurut ASTM .....	27
3.3 Analisis Kualitas Batubara .....	28
3.3.1 Analisis Proksimat .....	29
3.4 Metode Well Logging .....	30
3.5 Jenis-Jenis <i>Well Logging</i> .....	33
3.5.1 <i>Log Gamma Ray</i> .....	33
3.5.2 <i>Log Density</i> .....	35
3.6 Perhitungan Volume.....	38
3.7 Menentukan Ketebalan Lapisan Batubara .....	39
3.8 Analisis Batuan Inti (Core).....	40
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	
4.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	41
4.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	42
4.3 Prosedur Penelitian.....	42
4.3.1 Studi Literatur .....	42
4.3.2 Pengumpulan Data .....	42
4.3.3 Pengolahan Data.....	43
4.4 Diagram Alir Penelitian.....	48
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
5.1 Lokasi Penelitian .....	49
5.2 Pembahasan .....	50
5.2.1 Penentuan zona lapisan batubara.....	50
5.2.1.1 Zona lapisan batubara sumur TS_A .....	50
5.2.1.2 Zona lapisan batubara sumur TS_B .....	52
5.2.1.3 Zona lapisan batubara sumur TS_C .....	54

5.2.1.4 Zona lapisan batubara sumur TS_D .....	56
5.2.1.5 Zona lapisan batubara sumur TS_E.....	58
5.2.2 Interpretasi Litologi Data well logging .....	61
5.2.2.1 Sumur TS_A.....	61
5.2.2.2 Sumur TS_B.....	64
5.2.2.3 Sumur TS_C .....	67
5.2.2.4 Sumur TS_D.....	70
5.2.2.5 Sumur TS_E .....	72
5.2.3 Lapisan Batubara pada Sumur TS .....	75
5.2.4 Penampang korelasi 2D pada Sumur TS .....	76
5.2.5 Kualitas Batubara .....	80
5.2.5.1 Sumur TS_A.....	80
5.2.5.2 Sumur TS_B.....	81
5.2.5.3 Sumur TS_C .....	82
5.2.5.4 Sumur TS_D.....	83
5.2.5.5 Sumur TS_E .....	83
5.2.6 Pemodelan 3D Perhitungan Volume Batubara .....	84

## **BAB VI. SIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Simpulan.....	93
6.2 Saran .....	94

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Peta Lokasi daerah penelitian .....	5
<b>Gambar 2.</b> Peta topografi dan titik bor .....	6
<b>Gambar 3.</b> Peta Geologi Regional Tanjung Enim .....	7
<b>Gambar 4.</b> Peta Geologi Regional .....	8
<b>Gambar 5.</b> Skema Cekungan Sumatera Selatan .....	9
<b>Gambar 6.</b> Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan .....	11
<b>Gambar 7.</b> Stratigrafi Lapisan Batubara PT.Bukit Asam.....	14
<b>Gambar 8.</b> Penampang stratigrafi dan litologi daerah TAL.....	17
<b>Gambar 9.</b> Peta cekungan di daerah Sumatera .....	18
<b>Gambar 10.</b> Proses Pembentukan Batubara.....	24
<b>Gambar 11.</b> Operasi Kegiatan <i>Logging</i> .....	32
<b>Gambar 12.</b> Contoh Interpretasi lapisan dengan Log Gamma Ray .....	34
<b>Gambar 13.</b> Respon Litologi dengan log densitas .....	37
<b>Gambar 14.</b> Sketsa Perhitungan Volume .....	38
<b>Gambar 15.</b> Penentuan Ketebalan antara Log LSD dan SSD.....	
<b>Gambar 16.</b> Diagram Alir .....	48
<b>Gambar 17.</b> Peta Topografi dan Titik Bor .....	49

<b>Gambar 18.</b> <i>Seam</i> A1 sumur TS_A.....	50
<b>Gambar 19.</b> <i>Seam</i> A2 sumur TS_A.....	51
<b>Gambar 20.</b> <i>Seam</i> B sumur TS_A.....	51
<b>Gambar 21.</b> <i>Seam</i> C sumur TS_A.....	52
<b>Gambar 22.</b> <i>Seam</i> A1 sumur TS_B.....	52
<b>Gambar 23.</b> <i>Seam</i> A2 sumur TS_B.....	53
<b>Gambar 24.</b> <i>Seam</i> B sumur TS_B.....	53
<b>Gambar 25.</b> <i>Seam</i> C sumur TS_B.....	53
<b>Gambar 26.</b> <i>Seam</i> A1 sumur TS_C.....	54
<b>Gambar 27.</b> <i>Seam</i> A2 sumur TS_C.....	55
<b>Gambar 28.</b> <i>Seam</i> B sumur TS_C.....	55
<b>Gambar 29.</b> <i>Seam</i> C sumur TS_C.....	56
<b>Gambar 30.</b> <i>Seam</i> A1 sumur TS_D.....	57
<b>Gambar 31.</b> <i>Seam</i> A2 sumur TS_D.....	57
<b>Gambar 32.</b> <i>Seam</i> A1 sumur TS_E.....	58
<b>Gambar 33.</b> <i>Seam</i> A2 sumur TS_E.....	58
<b>Gambar 34.</b> <i>Seam</i> B sumur TS_E.....	59
<b>Gambar 35.</b> <i>Seam</i> C sumur TS_E.....	60
<b>Gambar 36.</b> Peta penampang arah sayatan korelasi .....	76
<b>Gambar 37.</b> Korelasi Penampang A – A’ .....	77
<b>Gambar 38.</b> Korelasi Penampang B – B’ .....	78
<b>Gambar 39.</b> Korelasi Penampang C – C’ .....	78
<b>Gambar 40.</b> Korelasi Penampang D – D’ .....	79

<b>Gambar 41.</b> Korelasi Penampang E – E' .....	79
<b>Gambar 42.</b> Titik Bor Sebaran Litologi 3D .....	85
<b>Gambar 43.</b> Pemodelan 3D.....	85
<b>Gambar 44.</b> Sebaran Batubara <i>Seam A1</i> .....	86
<b>Gambar 45.</b> Sebaran Batubara <i>Seam A2</i> .....	86
<b>Gambar 46.</b> Sebaran Batubara <i>Seam B</i> .....	87
<b>Gambar 47.</b> Sebaran Batubara <i>Seam C</i> .....	87
<b>Gambar 48.</b> Sebaran Batuan Beku.....	88
<b>Gambar 49.</b> Sebaran <i>Tuffaceous Sandstone</i> .....	88
<b>Gambar 50.</b> Sebaran <i>Siltstone</i> .....	89
<b>Gambar 51.</b> Sebaran <i>Claystone</i> .....	89
<b>Gambar 52.</b> Sebaran <i>Sandstone</i> .....	90
<b>Gambar 53.</b> Sebaran <i>Glauconite Sandstone</i> .....	90
<b>Gambar 54.</b> Sebaran <i>Carbonaceous Claystone</i> .....	91

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Klasifikasi ASTM.....	28
<b>Tabel 2.</b> Pelaksanaan Kegiatan.....	41
<b>Tabel 3.</b> Litologi Sumur TS_A.....	61
<b>Tabel 4.</b> Litologi Sumur TS_B.....	65
<b>Tabel 5.</b> Litologi Sumur TS_C.....	68
<b>Tabel 6.</b> Litologi Sumur TS_D.....	70
<b>Tabel 7.</b> Litologi Sumur TS_E.....	72
<b>Tabel 8.</b> Lapisan Batubara Pada Sumur TS.....	75
<b>Tabel 9.</b> Analisis Kualitas Batubara Pada Sumur TS_A.....	81
<b>Tabel 10.</b> Analisis Kualitas Batubara Pada Sumur TS_B.....	82
<b>Tabel 11.</b> Analisis Kualitas Batubara Pada Sumur TS_C.....	82
<b>Tabel 12.</b> Analisis Kualitas Batubara Pada Sumur TS_D.....	83
<b>Tabel 13.</b> Analisis Kualitas Batubara Pada Sumur TS_E.....	84
<b>Tabel 14.</b> Volume litologi Pada Sumur TS.....	92

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara yang kaya akan potensi sumber daya alam, salah satunya adalah batubara. Batubara digunakan sebagai bahan bakar industri peleburan baja dan sebagai sumber tenaga pembangkit listrik. Batubara adalah salah satu sumberdaya alam yang terdapat di Indonesia dan mempunyai peranan penting dalam pembangunan nasional. Indonesia mempunyai sumber daya batubara yang cukup besar tersebar terutama di Kalimantan dan Sumatera. Potensi sumber daya batubara di Indonesia mencapai sebesar 128 milyar ton dan cadangan batuhara sebesar 40 milyar ton (Badan Geologi, 2016 ; Purnama dkk, 2018)

Batubara merupakan salah satu batuan sedimen sifatnya mudah terbakar serta salah satu bahan bakar hidrokarbon yang banyak digunakan. Batubara diartikan sebagai batuan yang memiliki karbon berbentuk padat, rapuh, mempunyai warna coklat tua sampai kehitaman terjadi dari hasil penimbunan sisa tumbuhan yang mati dan tidak sempat mengalami pembusukan secara sempurna. Pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar pada industri pembangkit listrik dan produksi baja masih memegang peran penting hingga saat ini. Batubara merupakan salah satu jenis fosil yang terbentuk selama ratusan juta tahun, dan berasal dari endapan organik (Santoso, 2014).

Pada bidang industri tambang batubara, penentuan kualitas dan atau peringkat batubara sangat diperhitungkan sama halnya dengan kuantitas batubara. Kualitas batubara pada masing – masing lokasi akan memiliki perbedaan nilai

dan jenis. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, kualitas batubara yang terdapat di Cekungan Sumatera Selatan sebagian besar didominasi oleh peringkat batubara *Sub-bituminous* hingga *High Volatile C Bituminous*. Daerah tambang Air Laya memiliki batubara peringkat tinggi yaitu *Anthracite* hingga *Bituminous* dengan kisaran nilai kalori 47 – 71 Kcal. Dalam menentukan kualitas batubara salah satunya dapat dilakukan dengan Analisa *proximate* (Uji kimia ASTM), yaitu penentuan persentase dari kandungan air (*moisture content*), kandungan abu (*ash content*), zat terbang (*volatile matter*), serta nilai kalori (*calorific value*) dengan cara tertentu di laboratorium umumnya untuk batubara.

Daerah tambang Air Laya berada di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatra Selatan. Secara regional, daerah penelitian masuk kedalam formasi Muara Enim. Formasi ini merupakan formasi pembawa lapisan batubara pada cekungan Sumatera Selatan, dan juga merupakan formasi yang diterobos oleh intrusi andesit. Cekungan Sumatera Selatan ialah cekungan yang penting untuk keberadaan endapan batubara, minyak serta gas bumi. Cekungan Sumatera Selatan menghasilkan peringkat batubara yang tidak terlalu tinggi dengan area batubara cukup luas.

Dalam Eksplorasi Batubara sasaran yang ingin dicapai adalah nilai ekonomis dari cadangan. Untuk menghitung cadangan batubara tersebut diperlukan data ketebalan lapisan batubara. *Well Logging* adalah salah satu metode geofisika yang digunakan dalam penentuan kedalaman dan ketebalan suatu lapisan dalam eksplorasi batubara yang dikorelasikan dengan interpretasi litologi nya berdasarkan data log yang diambil. Dengan menggunakan metode *Well Logging* pada eksplorasi batubara, maka akan didapatkan informasi kedalaman, ketebalan dan persebaran batubara dengan melihat pola grafik log pada tiap log sumur eksplorasi. Dengan data log ini pula dapat diklasifikasikan lapisan atau *seam* batubara, sehingga dapat dibedakan karakter tiap *seam* dan dapat dianalisis nilai potensialnya.

Menurut Sunarti (2020), salah satu metode geofisika yang dapat memperkirakan kondisi bawah permukaan meliputi struktur batuan adalah metode *well logging*. *Well logging* merupakan metode untuk memperoleh data geologi batubara bawah permukaan dengan cepat dan akurat. *Logging* adalah suatu metode untuk mendukung data sumur sehingga dapat diperoleh catatan log detail mengenai formasi geologi dalam lubang bor yang dihasilkan dapat dikorelasikan dengan benar. Interpretasi kondisi bawah permukaan didasarkan pada data log geofisika dan data geologi. Metode ini menghasilkan tingkat akurasi data yang relatif tinggi dibandingkan dengan metode lain, sehingga metode ini masih menjadi pilihan utama perusahaan dalam melakukan eksplorasi meskipun memerlukan biaya yang relatif mahal. Berdasarkan penjelasan di atas, maka dilakukan penelitian yaitu Interpretasi Dan Korelasi Data *Well Logging* Dalam Penentuan Volume Dan Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat Pada Daerah Tambang Air Laya Pt. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim Sumatera Selatan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan litologi di daerah penelitian berdasarkan data *log gamma ray*, *log density* dan foto *core*
2. Menentukan kualitas *seam* batubara berdasarkan *Calorific Value* menurut klasifikasi ASTM D 388-05 di daerah penelitian
3. Menentukan Volume Batubara di daerah penelitian

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Litologi hanya menggunakan data *log gamma ray*, *log density* dan foto *core* dalam mendeskripsikan warna, ukuran butir, dan ketebalan.
2. Menentukan kualitas batubara hanya dengan menggunakan data proksimat berdasarkan nilai kalori batubara (*calorific value*) menurut klasifikasi ASTM 388-05.
3. Penentuan estimasi volume batubara menggunakan *Software Rockworks16*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

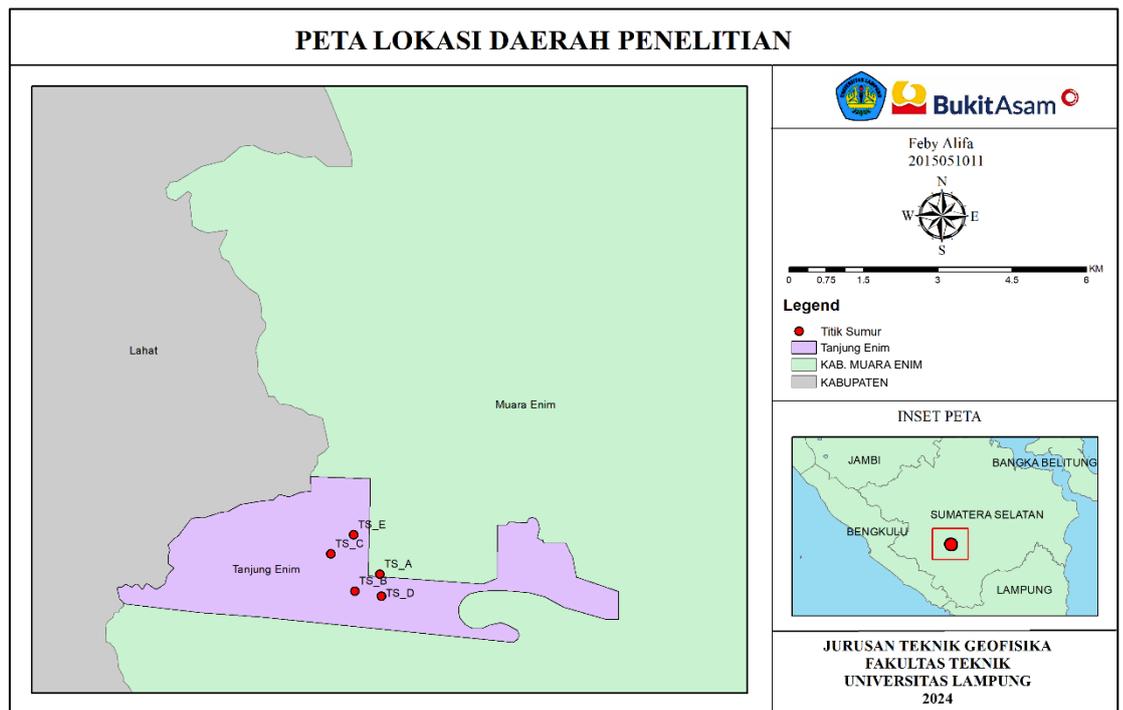
Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui dan mendeskripsikan litologi pada daerah penelitian.
2. Dapat mengklasifikasikan peringkat batubara berdasarkan nilai kalori menurut klasifikasi ASTM D388-05 pada daerah penelitian.
3. Dapat mengetahui estimasi volume batubara pada daerah penelitian
4. Dapat menambah ilmu pengetahuan mengenai ilmu kegeofisikaan, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lokasi Daerah Penelitian

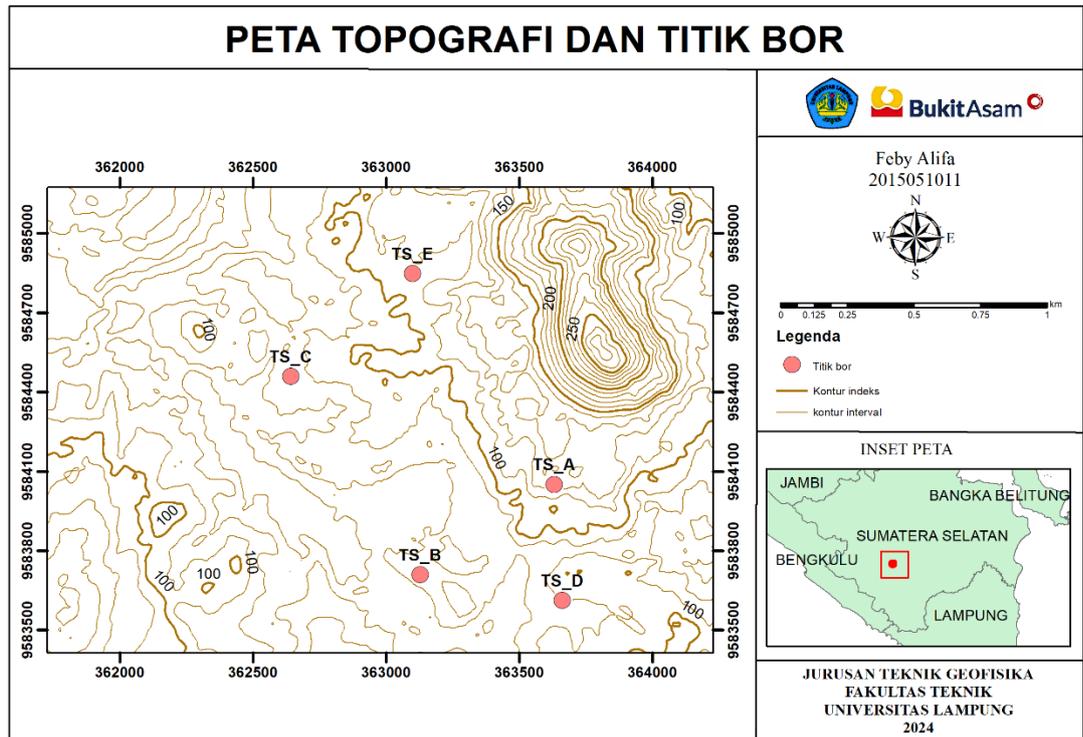
Daerah penelitian terletak di PT Bukit Asam Tbk yang berlokasi di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim. PT Bukit Asam (Persero) Tbk terletak pada posisi  $103^{\circ} 50' 10''$  BT dan  $3^{\circ} 42' 30''$  LS –  $4^{\circ} 47' 30''$  LS yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta lokasi daerah penelitian

Lokasi yang menjadi objek penelitian, yaitu berada di Daerah Tambang Air Laya, PT. Bukit Asam Tbk. Pada Lokasi penelitian ini menggunakan 5 titik

sumur pemboran yaitu, sumur TS\_A, TS\_B, TS\_C, TS\_D, dan TS\_E. Kedalaman rata-rata dari setiap sumur berkisar antara 150- 260 meter. Seluruh titik sumur pemboran tersebar dan mewakili setiap bagian pada daerah penelitian yang ditunjukkan pada peta topografi dan sebaran titik bor (gambar 2) sebagai berikut.



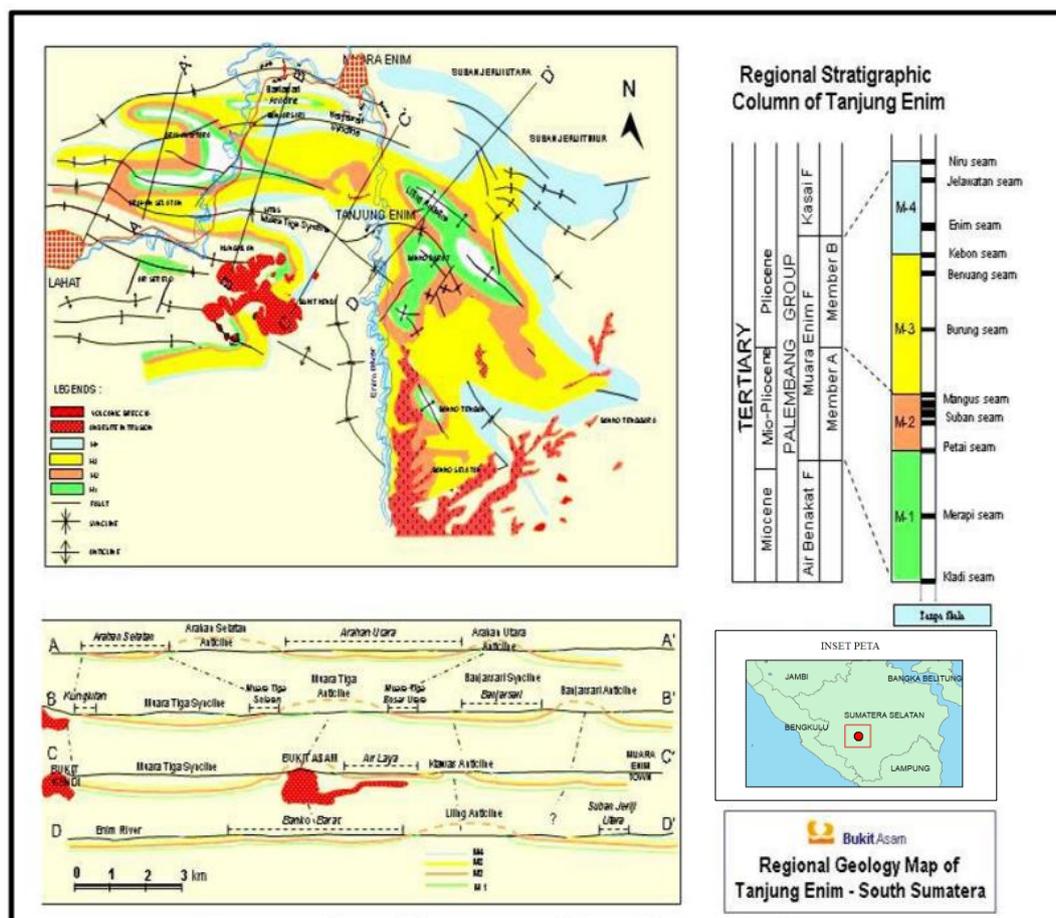
Sumber : Satuan kerja Eksplorasi Geologi dan Pemboran PT, Bukit Asam Tbk.

**Gambar 2.** Peta topografi dan titik bor

## 2.2 Geologi Regional

Struktur geologi regional pulau Sumatera terutama Sumatera Selatan merupakan bagian dari pola struktur geologi yang di kontrol oleh pergerakan lempeng. Struktur – struktur geologi yang terbentuk sekarang ini, baik yang berupa sesar, lipatan maupun pola – pola rekahan, terjadi akibat adanya interaksi Konvergen antara lempeng di bagian barat pulau Sumatera. Adanya proses tersebut mengakibatkan terjadinya penujaman salah satu lempeng kebawah lempeng yang lain.

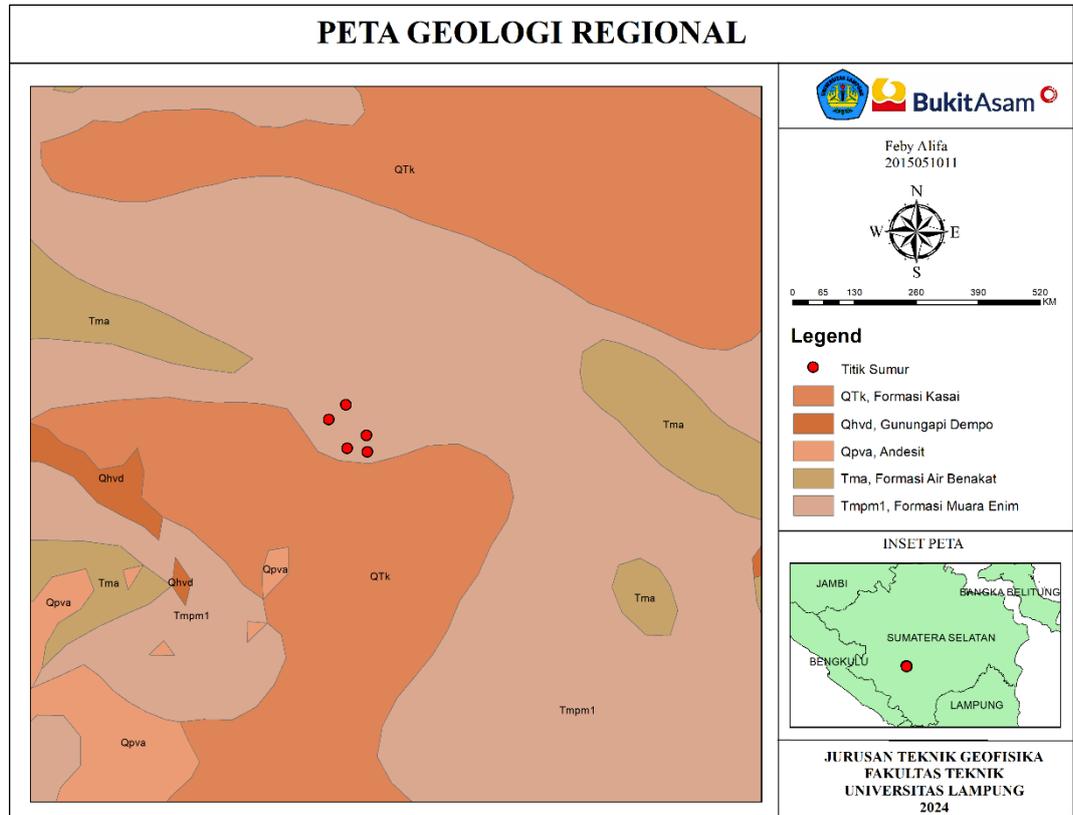
Daerah penambangan PT. Bukit Asam, Tbk., Tanjung Enim termasuk zona fisiografis cekungan Sumatera Selatan. Cekungan Sumatera Selatan bagian dari Sumatera bagian Timur, yang di pisahkan dari cekungan Sumatera Tengah oleh Tinggian Asahan dan Bukit Tiga Puluh di Barat Laut, membentang ke selatan dengan di batasi oleh pegunungan Bukit Barisan dan daratan Pra Tersier disebalah Timur Laut (Gambar 3).



**Gambar 3.** Peta geologi regional Tanjung Enim (PT. Bukit Asam Tbk., 2007)

Geologi regional wilayah PT. Bukit Asam (Persero) Tbk termasuk dalam sub cekungan Palembang yang merupakan bagian dari cekungan Sumatera Selatan yang terbentuk pada zaman Tersier. Sub cekungan Sumatera Selatan yang diendapkan sepanjang zaman Kenozoikum, urutan litologi yang terbentuk terdiri dalam 2 (dua) kelompok, yaitu Kelompok Telisa dan Kelompok Palembang. Kelompok Telisa terdiri dari Formasi Lahat, Formasi

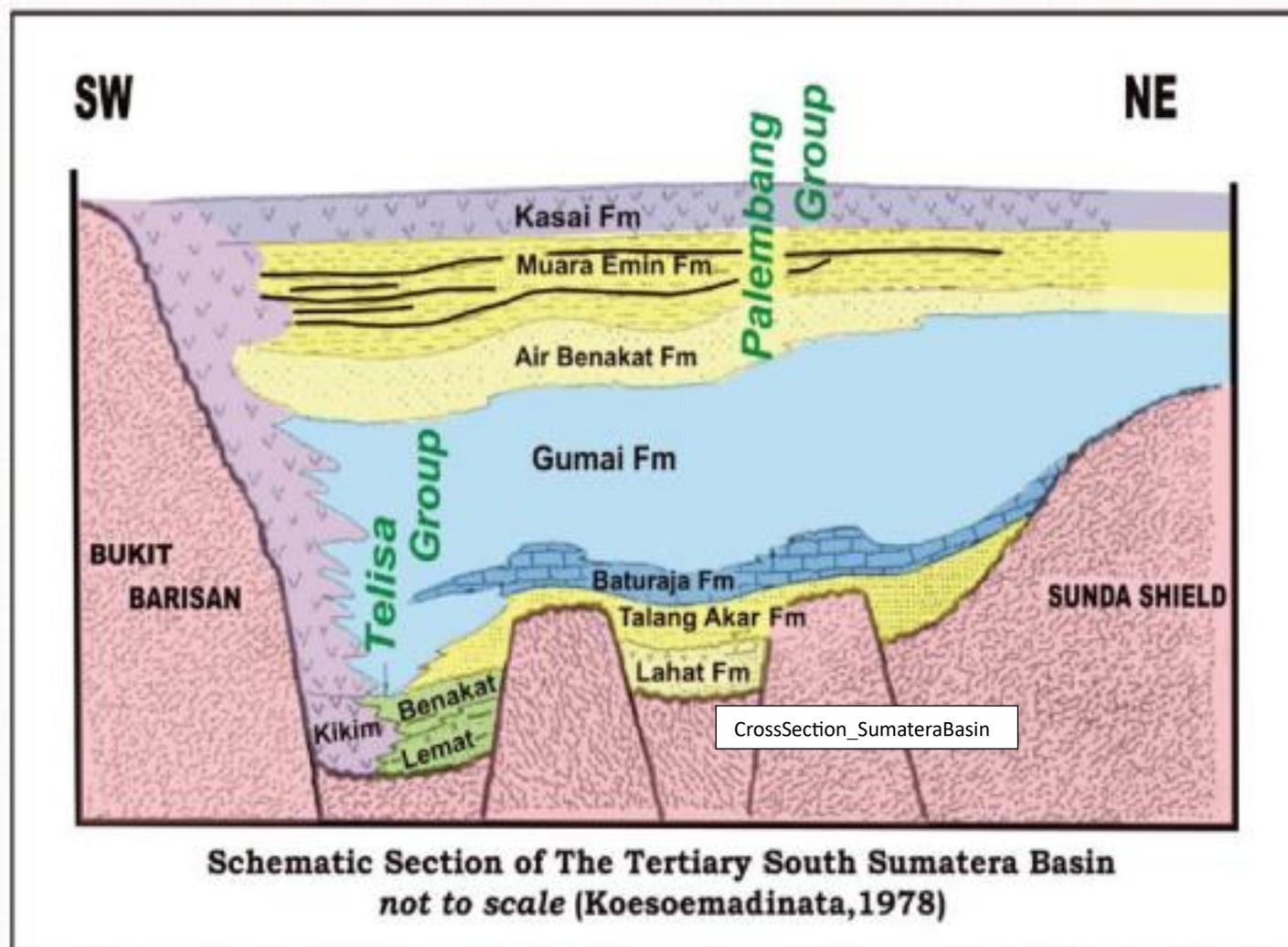
Talang Akar, Formasi Baturaja dan Formasi Gumai. Sedangkan, Kelompok Palembang terdiri dari Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai.



**Gambar 4.** Peta Geologi Regional

### 2.3 Stratigrafi Dan Kondisi Geologi Cekungan Sumatera Selatan

Sub Cekungan Palembang merupakan bagian Cekungan Sumatera Selatan (Gambar 5) merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*) berumur Tersier terbentuk sebagai akibat tumbukan antara Sunda land dan Lempeng Hindia. Secara Geografis Sub Cekungan Palembang dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh di sebelah Utara, Tinggian Lampung di bagian Selatan, Paparan Sunda di sebelah Timur, dan Bukit Barisan di sebelah Barat.



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

Stratigrafi regional daerah penelitian tergolong ke dalam Cekungan Sumatera Selatan, tepatnya pada Sub Cekungan Palembang yang terbentuk pada Tersier. Cekungan ini terbentuk selama masa kenozoikum, memiliki strata litologi yang terdiri dari dua kelompok, yaitu Kelompok Palembang dan Kelompok Telisa. Kelompok Telisa tersusun dari Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, dan Formasi Gumai. Kelompok Palembang terdiri dari formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim, dan Formasi Kasai.

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

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

AGE	FORMATION	LITHOLOGY	THICKNESS (M)	DESCRIPTION	ENVIRONMENT		
					TERRESTRIAL	LITTORAL	HERETIC
						SHALLOW	DEEP
PLEISTOCENE		V V V V	200	Tuff, tuffaceous sandstone and clay			
PLIOCENE	KASAI (KAF)	V V V	200				
	MUARAENIM (MEF)		250 - 800	Claystone, intercalation with sandstone, coal and siltstone			
MIOCENE	AIRBENAKAT (ABF)		250 - 600	Claystone intercalation with sandstone and siltstone			
	GUMAI (GUF)		300 - 600	Claystone intercalation with sandstone and siltstone			
				150 - 1500	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			
OLIGOCENE	LAHAT (LAF)		200 - 760	Tuffaceous, shale, siltstone			
				Tuff, sandstone, agglomerate, breccia			
PRE TERTIARY	BASEMENT (BSM)			Granite, quartzite, phyllite, slate			

**Gambar 6.** Stratigrafi cekungan Sumatera Selatan (PT. Bukit Asam Tbk., dalam Iswati, 2012)

Berdasarkan susunan stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan dari yang terendapkan lebih tua ke yang lebih muda, yaitu:

### 2.1 Formasi Lahat

Formasi Lahat terbentuk pada Eosen Akhir hingga Oligosen Tengah. Formasi ini terbentuk dengan tidak selaras di atas batuan Pra-Tersier dalam lingkungan

darat. Formasi Lahat tersusun oleh tuff breksi, lempung tufaan, breksi, dan konglomerat, dan memiliki ketebalan berkisar antara 0-300m. Formasi Lahat merupakan batuan sedimen awal yang diendapkan pada cekungan Sumatera Selatan

## 2.2 Formasi Talang Akar

Formasi Talang Akar diperkirakan terendapkan pada Oligosen Akhir –Miosen Awal secara tidak selaras diatas formasi Lahat. Perkembangan tektonik yang terjadi menyebabkan terbentuk lingkungan pengendapan fluvial dan delta. Formasi ini tersusun atas litologi batupasir kasar, batulanau, dan sisipan batubara. Ketebalan formasi diperkirakan sebesar 460m hingga 610m. Anggota gritsand dari batu pasir kasar hingga sangat kasar dengan interkalasi serpih dan lanau yang diendapkan di area fluvial, delta, dan laut dangkal hingga transisi dengan ketebalan berkisar antara 0 sampai 400 m. Anggota gritsand dari batu pasir kasar hingga sangat kasar dengan interkalasi serpih dan lanau yang diendapkan di area fluvial sampai delta. Bagian atas serta bagian dasar formasi terdiri dari batu pasir kasar, serpih dan sisipan batubara.

## 2.3 Formasi Baturaja

Formasi Baturaja tersusun atas formasi batugamping terumbu dan batugamping klastik, napal, serpih gampingan yang diendapkan pada saat proses transgresi air laut. Formasi Baturaja memiliki perkiraan umur Miosen Awal dan ketebalannya bervariasi antara 60-75 m dan 60-120 m. Namun, di lokasi singkapan bukit Gerbah, ketebalannya bahkan dapat mencapai 520 m.

## 2.4 Formasi Gumai

Formasi Gumai diperkirakan terendapkan pada awal Miosen– Miosen Tengah dengan selaras diatas formasi Baturaja pada saat transgresi air laut. Formasi ini tersusun oleh batulempung laut, batulanau, dan batupasir dengan deposisi karbonat yang jarang. Formasi ini diperkirakan memiliki ketebalan yang berkisar antara 200 hingga 500 meter.

## 2.5 Formasi Air Benakat

Formasi Air Benakat terdiri dari batuan serpih gampingan dan batupasir yang mengandung glaukonit. Formasi ini diendapkan di lingkungan neritik yang berubah menjadi laut dangkal dan prodelta. Terbentuk secara berselaras di

atas formasi Gumai pada periode Miosen Tengah hingga Akhir, Formasi Air Benakat memiliki ketebalan kurang dari 60 meter.

## 2.6 Formasi Muara Enim

Formasi ini terbentuk pada miosen akhir. Formasi ini terdiri dari Batubara yang dibagi menjadi empat kelompok yaitu M1, M2, M3, M4 yang memiliki karakteristik tersendiri. Ketebalan formasi ini berkisar 450 m – 1200 m yang terendapkan selaras di formasi Air Benakat. Formasi Muara Enim dibagi menjadi 4 anggota, yaitu M1, M2, M3 dan M4, dimana pada setiap anggota memiliki lapisan batubara sebagai berikut :

- a) Anggota M1 Formasi Muara Enim memiliki 2 lapisan batubara, yakni lapisan batubara Kladi (5 meter – 10 meter) dan Merapi (0.2 meter – 1 meter). Terdiri dari batulempung, batulanau, batupasir, serta sisipan material yang mengandung karbonat.
- b) Anggota M2 Formasi Muara Enim memiliki banyak lapisan batubara yang ada di Tanjung Enim. Lapisan batubara tersebut dinamakan lapisan batubara C (Petai) dengan ketebalan 5 – 9 m, lapisan batubara B (Suban) dengan ketebalan 10 meter – 18 meter dan lapisan batubara A (Mangus), dengan ketebalan 8 meter – 12 meter. tidak hanya batubara pada anggota ini, namun ada beberapa lapisan penyusun lainnya, seperti batulempung berlanau, dan lensa batulempung karbonan dimana pada bagian atas nya tersilikakan.
- c) Anggota M3 Formasi Muara Enim memiliki sebagian lapisan batubara dengan ketebalan kurang dari 2 meter, hanya terdapat 1 lapisan batubara yang cukup tebal yaitu lapisan batubara Benuang dengan ketebalan 1 - 2 meter. Tidak hanya batubara namun terdapat penyusun lainnya yaitu, batulempung bentonik, batupasir tuffan, sisipan batulanau tuffan.
- d) Anggota M4 Formasi Muara Enim mengandung beberapa lapisan batubara dengan ketebalan mencapai 20 m, lapisan batubara tersebut antara lain: lapisan batubara Kebon, Enim, Jelawatan dan Niru. Tidak hanya batubara namun terdapat penyusun lainnya yaitu batulempung, dengan lapisan silikaan, lapisan bentonik, sisipan batulanau serta material berukuran gravel.



## 2.7 Formasi Kasai

Formasi tersebut memiliki ciri khas berupa tuf putih dan tersusun dari berbagai macam batuan, seperti interbedded tuff, batupasir tufaan, batulanau tufaan, batulempung tufaan, dan sisipan batubara. Lingkungan pengendapannya diperkirakan bervariasi dari daratan hingga transisi dengan ketebalan lapisan mencapai 500-1000 meter. Formasi ini diendapkan pada Pliosen hingga Pleistosen.

Berdasarkan keadaan litologi dan stratigrafi yang dikeluarkan oleh Satuan Kerja Eksplorasi PT. Bukit Asam Tbk., penampang lapisan batubara pada daerah Tambang Air Laya ditunjukkan oleh Gambar 8. Litologi yang ada di daerah Tambang Air Laya adalah :

### 1. Susunan Tanah Penutup (*Overburden*)

Tanah penutup terdiri dari endapan sungai tua batupasir glukonit, batupasir kuarsa, batu lempung karbonan, batu lempung dan batu lanau, juga terdapat lapisan sisipan batubara (*hanging seam*) yang mempunyai ketebalan 0.5 – 1 meter. Pada lapisan ini memiliki ketebalan kurang lebih 180 meter.

### 2. Susunan Batubara A1

Biasanya lapisan batubara ini dikenali dengan terdapatnya material pengotor yang terdiri dari tiga lapisan pita pengotor yang disebut dengan clayband yang mempunyai ketebalan 5-15 cm. Pada lapisan Batubara ini dijumpai *silicified coal* dekat lapisan bawah Batubara dalam bentuk nodul dan relative menerus. Lapisan batubara ini memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 8 m – 10 m.

### 3. Susunan *Interburden* A1 – A2

Lapisan ini dikenali dengan terdapatnya material tufaan warna putih kekuningan serta abu-abu, yang terdiri dari *Tuffaceous Claystone* dan *Tuffaceous Sandstone*. Lapisan ini mempunyai ketebalan lapisan berkisar antara 3 m – 8 m.

### 4. Susunan Batubara A2

Lapisan batubara ini dikenali dengan batubara keras yang kaya akan silika dan menerus dengan ketebalan 20-30 cm yang terdapat di atas lapisan bawah Batubara atau disebut dengan *silicified coal*. Pada lapisan A2 memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 7 m – 11 m.

5. Susunan *Interburden A2 – B*

Lapisan ini dikenali dengan batu lempung lanauan, serta sisipan Batubara (*suban marker*) dengan ketebalan 15-40 cm. Pada lapisan ini memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 15 m – 20 m.

6. Susunan Batubara B

Lapisan batubara ini biasanya dikenali dengan terdapatnya material pengotor yang terdiri dari 3 - 4 lapisan pita pengotor yang disebut dengan *clayband* dengan sisipan batu lempung karbonan dengan warna abu abu kehitaman yang mempunyai ketebalan 5-15 cm. Pada lapisan Batubara ini dijumpai *silicified coal* dekat lapisan bawah Batubara dalam bentuk nodul. Pada lapisan Batubara B memiliki ketebalan lapisan berkisar 8 – 16 m.

7. Susunan *Interburden B – C*

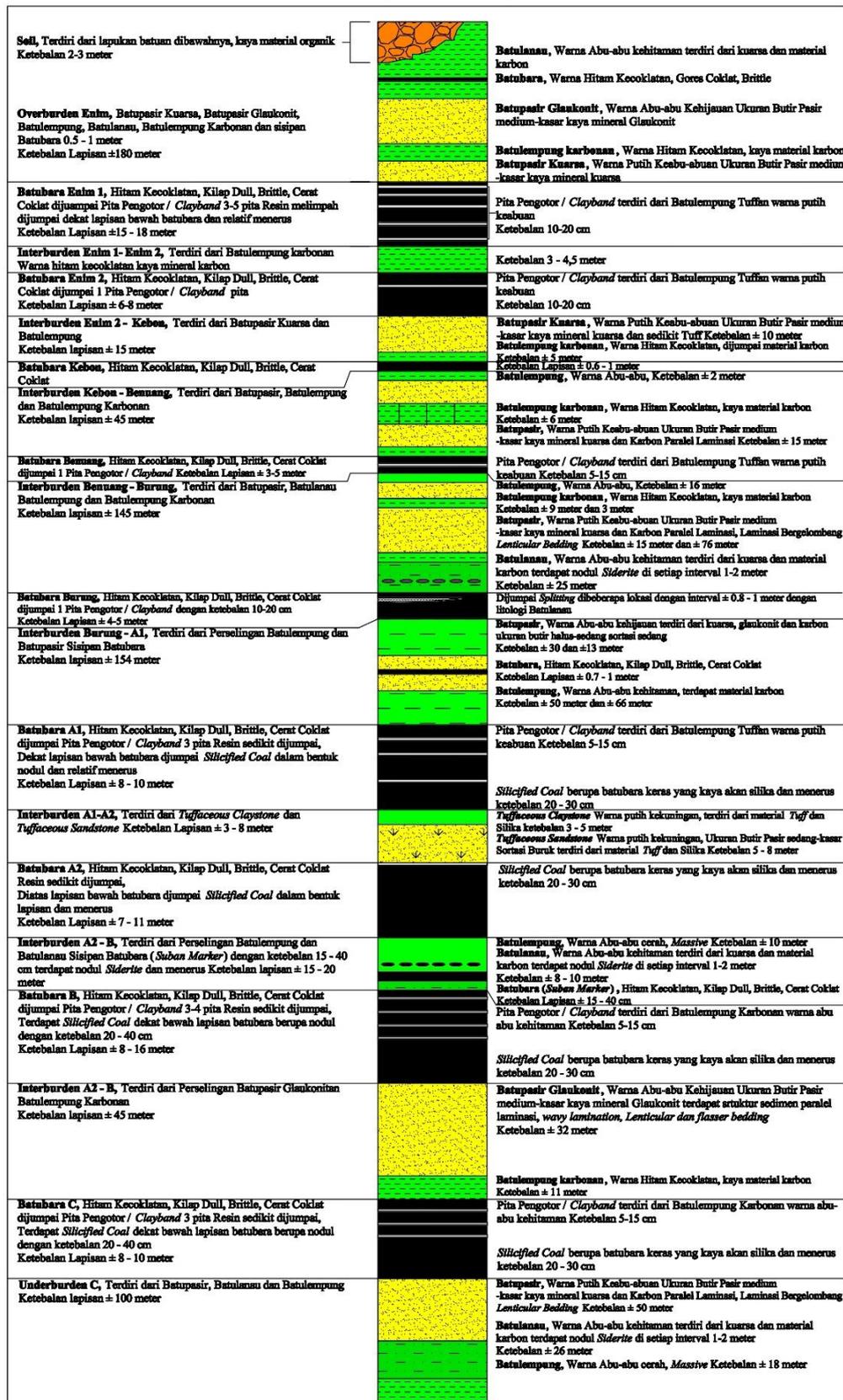
Lapisan ini memiliki batu pasir glukonitan dengan warna abu abu kehijauan yang kaya akan mineral glukonit yang terdapat struktur sedimen paralel laminasi, *lenticular* dan *flasser bedding* dan batu lempung karbonan dengan warna hitam kecoklatan yang kaya akan material karbon. Pada susunan *interburden B-C* ini memiliki ketebalan lapisan berkisar kurang lebih 45 m.

8. Susunan Batubara C

Lapisan batubara ini biasanya dikenali dengan terdapatnya material pengotor yang terdiri dari 3 lapisan pita pengotor yang disebut dengan *clayband* dengan sisipan batu lempung karbonan dengan warna abu abu kehitaman yang mempunyai ketebalan 5-15 cm. Pada lapisan Batubara ini dijumpai *silicified coal* dekat lapisan bawah Batubara dalam bentuk nodul. Lapisan batubara ini memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 8 m – 10 m

9. *Underburden C*

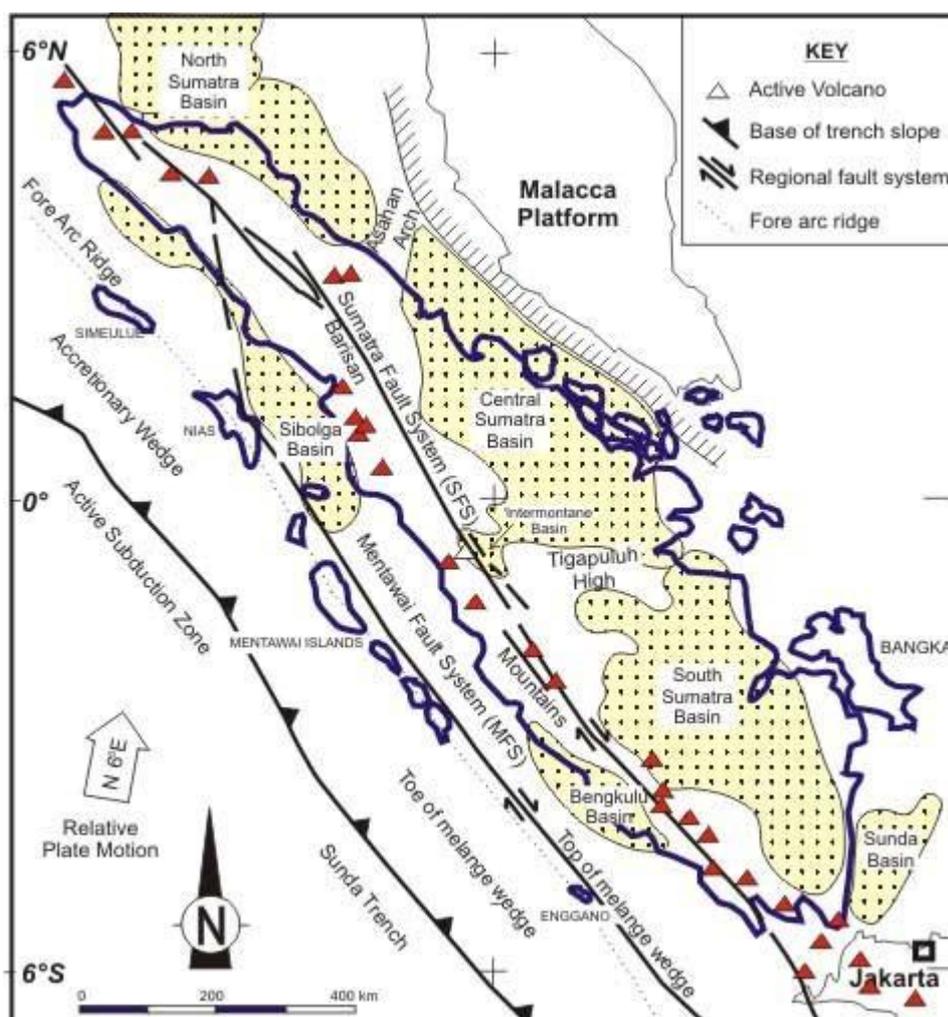
Lapisan ini terdiri dari batu pasir dengan warna putih keabu-abuan yang kaya mineral kuarsa dan karbon paralel laminasi, *lenticular bedding*, batu lanau dengan warna abu – abu kehitaman terdiri dari kuarsa dan material karbon terdapat nodul *siderite*, dan batu lempung dengan warna abu – abu cerah dengan struktur *massive*. Pada lapisan *underburden C* ini memiliki ketebalan kurang lebih 100 m.



Gambar 8. Penampang stratigrafi dan litologi TAL pit "X" tanpa skala (PT.Bukit Asam Tbk., 2021)

## 2.4 Cekungan Sumatera Selatan

Geologi Cekungan Sumatera Selatan adalah suatu hasil kegiatan tektonik yang berkaitan erat dengan penunjaman Lempeng Indo-Australia, yang bergerak ke arah utara hingga timurlaut terhadap Lempeng Eurasia yang relatif diam. Zona penunjaman lempeng meliputi daerah sebelah barat Pulau Sumatera dan selatan Pulau Jawa. Beberapa lempeng kecil (*micro-plate*) yang berada di antara zona interaksi tersebut turut bergerak dan menghasilkan zona konvergensi dalam berbagai bentuk dan arah. Penunjaman lempeng Indo-Australia tersebut dapat mempengaruhi keadaan batuan, morfologi, tektonik dan struktur di Sumatera Selatan. Tumbukan tektonik lempeng di Pulau Sumatera menghasilkan jalur busur depan, magmatik, dan busur belakang (Bishop, 2000).



Gambar 9. Peta cekungan di daerah Sumatera (Bishop, 2000)

Cekungan Sumatera Selatan termasuk kedalam cekungan busur belakang (*Back Arc Basin*) yang terbentuk akibat interaksi antara lempeng Indo-Australia dengan lempeng mikro-sunda. Cekungan ini dibagi menjadi 4 (empat) sub cekungan yaitu:

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

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

## 2.5 Fisiografi Cekungan Sumatra Selatan

Secara fisiografis Cekungan Sumatra Selatan merupakan cekungan Tersier berarah baratlaut-tenggara, yang dibatasi Sesar Semangko dan Bukit Barisan di sebelah barat daya, Paparan Sunda di sebelah timurlaut, Tinggian Lampung di sebelah tenggara yang memisahkan cekungan tersebut dengan Cekungan Sunda, serta Pegunungan Dua Belas dan Pegunungan Tiga Puluh di sebelah baratlaut yang memisahkan Cekungan Sumatra Selatan dengan Cekungan Sumatera Tengah. Blake (1989) menyebutkan bahwa daerah Cekungan Sumatra Selatan merupakan cekungan busur belakang berumur Tersier yang terbentuk sebagai akibat adanya interaksi antara Paparan Sunda (sebagai bagian dari lempeng kontinen Asia) dan lempeng Samudera India. Daerah cekungan ini meliputi daerah seluas 330 x 510 km<sup>2</sup>, dimana sebelah barat daya dibatasi oleh singkapan Pra-Tersier Bukit Barisan, di sebelah timur oleh Paparan Sunda (*Sunda Shield*), sebelah barat dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh dan ke arah tenggara dibatasi oleh Tinggian Lampung.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu mengenai kualitas dan perhitungan volume Batubara yang telah dilakukan oleh banyak peneliti, berikut diantaranya :

1. Iswati, Y. 2012. Telah melakukan penelitian dengan judul “Analisis Core Dan Defleksi Log Untuk Mengetahui Lingkungan Pengendapan Dan Menentukan Cadangan Batubara Di Banko Barat PIT 1, Sumatera

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

2. Putra dkk. 2016. Telah melakukan penellitian dengan judul “Geologi Dan Pengaruh Intrusi Terhadap Kualitas Batubara Seam A1 Dan A2 Formasi Muara Enim Daerah Tambang Air Laya, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan”. Dari penelitian tersebut dijelaskan bahwa Hasil penelitian pada stratigrafi dapat dibagi menjadi 4 satuan batuan, berturut-turut dari tua ke muda yaitu satuan batulempung-tufan Muaraenim, satuan batupasir-tufan Muaraenim, satuan intrusi andesit, dan satuan endapan pasir-aluvial. Kemudian, lingkungan pengendapan daerah telitian adalah *lower delta plain*. Memiliki stuktur geologi yang berkembang di daerah telitian adalah lipatan berupa antiklin dan sinklin serta ditemukannya sesar naik. Untuk kualitas batubara rata rata pada daerah telitian memiliki kualitas yang baik dari segi ekonomis yang masuk kedalam karakter batubara *high volatile bituminius B* berdasarkan nilai *calorivic value*. Intrusi memiliki pengaruh terhadap kualiatas batubara yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan kualitas batubara di lokasi yang dekat dengan intrusi sedangkan yang jauh dari intrusi mempunyai nilai kualitas batubara yang lebih rendah.
3. Ardhityasari. 2017. Telah melakukan penellitian dengan judul “Analisa Data Proksimat Dan Perhitungan Volume Batubara Berdasarkan Data Log Densitas Dan Gamma Ray Dari Lapangan “Tg” Pt. Sucofindo (Persero), Tbk”. Dari penelitian tersebut dijelaskan bahwa Hasil penelitian

menggunakan data log dan data proksimat didapatkan pemodelan yang menunjukkan korelasi antara sifat fisik batuan dengan kandungan batubara. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa urutan seam yang prospek untuk ditambang dari tertinggi ke rendah yaitu seam A1, seam A2, seam C, seam B1 dan seam B2. Dikarakteristikan dengan persebaran kualitasnya yaitu untuk kandungan TM (*Total Moisture*), kandungan abu (*Ash Content*), dan VM (*Volatile Matter*) menunjukkan bahwa nilainya semakin rendah kearah dip (utara). Sedangkan CV (*Calorific Value*) dan FC (*Fixed Carbon*) nya semakin rendah pada bagian selatan daerah penelitian. Perhitungan volume batubara dan interburden total di daerah penelitian sebesar 70.975.000 ton dan 257.800.000 ton.

### III. TEORI DASAR

#### 3.1 Batubara

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan dengan unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, *hydrogen*, dan oksigen. Dalam eksplorasi batubara sasaran yang ingin dicapai adalah nilai ekonomis dari cadangan. Untuk menghitung cadangan batubara tersebut diperlukan data ketebalan lapisan batubara. Persebaran endapan batubara di Indonesia ditinjau secara geologi mempunyai hubungan yang sangat erat dengan persebaran formasi sedimen yang berusia tersier yang terdapat secara luas di sebagian besar kepulauan di Indonesia. Secara geologi, batubara terbentuk melalui proses yang kompleks, dimana pembentukan batubara terbentuk pada cekungan yang biasanya mengalami deformasi yang disebabkan oleh terdapatnya gaya tektonik. Pembentukan gambut dipengaruhi oleh aspek morfologi cekungan batubara akan terbentuk, hal tersebut penting dalam menentukan sebaran rawa dari aspek lainnya seperti posisi geotektonik yang merupakan tempat pengendapan batubara (Sukandarrumidi, 2008).

Komposisi geokimia batubara dapat berbeda pada suatu lapisan batubara, hal ini disebabkan oleh terdapatnya aspek yang berkaitan dengan keadaan lingkungan pengendapan, seperti terbentuknya penurunan cekungan, laju sedimentasi, posisi lingkungan pengendapan serta sumber vegetasi (Diesel, 1992). Batubara di Indonesia dibagi menjadi tiga tipe berdasarkan cara terbentuknya, yaitu pertama, batubara paleogen, dimana endapan batubara

terbentuk pada cekungan intramontane, lalu kedua, batubara neogen, dimana terbentuk pada cekungan *foreland*, dan ketiga, batubara delta, yaitu endapan batubara (Yulianto, 2008).

Menurut Mursalin (2020), terdapat dua proses geologi selama proses tektonik berlangsung, yaitu:

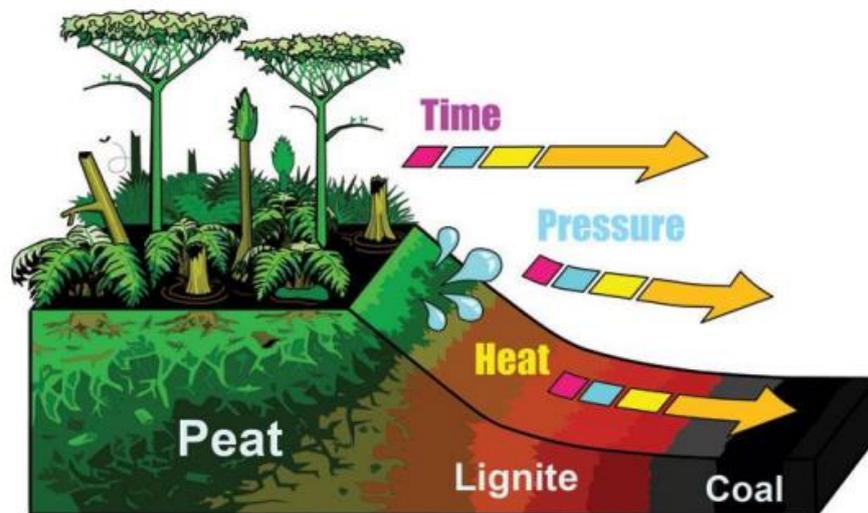
- a. Proses geologi (*syn-depositional*), proses yang terjadi bertepatan dengan pembentukan batubara, dimana perbedaan kecepatan sedimentasi serta bentuk morfologi dasar pada cekungan, pola struktur yang telah terbentuk lebih dahulu, dan kondisi lingkungan saat batubara terbentuk.
- b. Proses geologi (*post-depositional*), proses yang terjadi setelah lapisan batubara terbentuk, dimana terdapat sesar, erosi oleh proses yang terjadi di permukaan, atau terjadi intrusi.

Batubara (*coal*) merupakan batuan sedimen batuan organik yang memiliki sifat mudah terbakar dan terbentuk dari sisa tanaman dalam jangka waktu yang panjang (puluhan sampai ratusan juta tahun) yang diikuti dengan senyawa anorganik paling utama faktor mineral yang berasal dari lempung, pasir kuarsa, batu kapur serta sebagainya. Batubara (*coal*) adalah sumber energi alam yang tidak bisa diperbaharui sebab memerlukan waktu yang panjang untuk menjadi batuan sedimen organik yang termasuk ke dalam bahan bakar fosil. Batubara merupakan batuan sedimen organik yang berwarna hitam hingga hitam kecoklatan dan memiliki kandungan karbon yang tinggi. Indonesia pada umumnya memiliki batubara dengan peringkat rendah, yaitu antara *lignite* sampai *sub-bituminus*. Terdapat lokasi batubara dengan peringkat tinggi, yaitu dengan adanya pengaruh intrusi batuan beku, seperti di Air Laya, Sumatera Selatan (Purnama dkk., 2018).

Proses pembentukan batubara dipengaruhi oleh tiga aspek, ialah umur, suhu dan tekanan. Suhu, tekanan, dan lama waktu pembentukannya digunakan untuk menentukan kematangan batubara, yang disebut sebagai maturitas organik (PT. Bukit Asam Tbk., 2014). Pembentukan batubara diawali

semenjak periode pembentukan karbon (*Carboniferous Period*), dimana proses awal mulanya, endapan tanaman berganti jadi gambut (*peat*) ( $C_6H_6O_3$ ), lalu berganti jadi batubara muda (*lignite*) ataupun disebut pula batubara coklat (*brown coal*) (Iswati, 2012). Batubara muda merupakan batubara dengan tipe maturitas organik rendah.

Setelah menerima pengaruh temperatur serta tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, batubara muda akan mengalami pergantian secara bertahap dan akan mempercepat proses kematangannya dan batubara muda berganti jadi batubara sub-bituminus (*sub-bituminous*). Selama proses kimiawi serta fisika, batubara akan semakin keras serta warnanya lebih gelap sehingga membentuk bituminus (*bituminous*) ataupun antrasit (*anthracite*). Peningkatan maturitas organik yang terus menjadi tinggi terus berlangsung sampai membentuk antrasit.



**Gambar 10.** Proses pembentukan batubara (Wulandari, 2014)

Terdapat 2 teori yang menerangkan tentang terbentuknya batubara, ialah teori in-situ dan teori drift. Teori in-situ menerangkan bahwa batubara terbentuk dari tanaman, dimana batubara umumnya pembentukan terjadi di hutan basah serta berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut dikala mati serta roboh, langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut, sisa dari tanaman tersebut tidak

mengalami pembusukan secara sempurna, serta berakhir jadi fosil tanaman yang membentuk sedimen organik. Sedangkan teori drift menerangkan jika batubara terbentuk dari hutan yang bukan di tempat dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk sesuai dengan teori drift umumnya, yang terjadi di delta, memiliki ciri susunan batubara tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*), banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi) (PT. Bukit Asam Tbk., 2014).

Karakteristik batubara akan digunakan dalam mengklasifikasikan peringkat batubara. Menurut (Ramadani, 2014), klasifikasi batubara secara umum berdasarkan peringkat batubara dari yang terendah hingga yang tertinggi yaitu:

#### 3.1.1 *Lignite*

Lignit dikenal dengan batubara coklat kehitaman yang memiliki tekstur seperti kayu dan sifatnya rapuh. Lignit ialah tipe batubara dengan peringkat rendah, dimana peran lignit dalam tingkatan klasifikasi batubara terletak pada area transisi dari tipe gambut ke batubara. Lignit memiliki kandungan karbon paling rendah, yaitu 25% - 35% dan kadar air tertinggi dari semua jenis batubara, yaitu 35% - 75%. Menurut (Adrian, 2017), ciri-ciri batubara jenis lignit, sebagai berikut:

- a. Warna kecoklatan dan material terkompaksi tetapi sangat rapuh.
- b. Memiliki kandungan air yang besar dan mudah teroksidasi.
- c. Memiliki nilai panas yang rendah

#### 3.1.2 *Sub-Bituminous*

Batubara tipe ini batubara tingkatan rendah serta ialah peralihan antara tipe lignit serta bituminous. Batubara tipe *sub bituminous* mempunyai kemiripan seperti batubara bituminous, namun dengan warna hitam terang hingga sering kali berwarna coklat tua kusam seperti lignit. Batubara tipe ini mempunyai isi kalor lebih sedikit, oksigen yang besar dan mempunyai isi karbon yang rendah, yaitu

35% - 45% dan memiliki tekstur yang keras dan kuat hingga lunak dan rapuh. Menurut (Adrian, 2017), ciri-ciri batubara jenis *sub bituminous*, sebagai berikut:

- a. Warna hitam.
- b. Memiliki kandungan air yang sedang.
- c. Memiliki kandungan karbon yang sedang.
- d. Memiliki nilai panas yang dihasilkan sedang.

### 3.1.3 *Bituminous*

Batubara *bituminous* ialah batubara berwarna hitam dengan tekstur yang baik. *Bituminous* memiliki 68% - 86% faktor karbon (C) serta kadar air 8% - 10% dari beratnya. Batubara *bituminous* yang paling umum digunakan di seluruh dunia, batubara *bituminous* dikenal sebagai batu bara hitam dan lunak yang terlihat halus dan biasanya berkilau. Menurut (Adrian, 2017), ciri-ciri batubara jenis *sub bituminous*, sebagai berikut:

- a. Warna hitam dan material terkompaksi.
- b. Memiliki kandungan air yang sedang hingga rendah.
- c. Memiliki kandungan karbon yang sedang hingga rendah.
- d. Memiliki nilai panas yang dihasilkan sedang.

### 3.1.4 *Anthracite*

Antrasit ialah batubara dengan peringkat sangat besar yang memiliki isi karbon 86% - 98% dengan kandungan sulfur dan nitrogen yang rendah. Antrasit memiliki sifat lebih keras, kokoh serta berwarna hitam mengkilat. Menurut (Adrian, 2017), ciri-ciri batubara jenis antrasit, sebagai berikut:

- a. Warna hitam mengkilat dan material terkompaksi kuat.
- b. Memiliki kandungan air yang rendah.
- c. Memiliki kandungan karbon yang besar.
- d. Memiliki nilai panas yang besar.

### 3.2 Klasifikasi Batubara ASTM (*American Society for Testing and Material*)

Klasifikasi batubara menurut ASTM digunakan untuk menentukan peringkat batubara dengan menggunakan analisis kimia. Batubara dapat dibagi menjadi beberapa peringkat berdasarkan kandungan karbon dalam *dry mineral matter free* (dmmf) dan nilai kalor dalam *moisture mineral matter* (mmf), dimana dikelompokkan menjadi lignit, *sub-bituminus*, *bituminus*, dan antrasit. Penentuan peringkat batubara menurut ASTM D 388-05 diperlukan merubah basis adb menjadi basis dmmf, dimana data yang digunakan yaitu, *fixed carbon* (dmmf), *volatile matter* (dmmf), dan nilai kalor (dmmf) dalam Btu/lb. Menurut Setiawan, dan Usman, (2016), rumus yang digunakan untuk mengubah basis adb menjadi dmmf, sebagai berikut:

$$MM \text{ (Mineral Matter)} = (\text{ash (adb)} \times 1.08) + (\text{Total Sulfur (adb)} \times 0.55) \quad (1)$$

Diawali dengan perhitungan *mineral matter*, setelah didapatkan *mineral matter*. dilakukan perhitungan *Fixed Carbon* (FC) dengan basis data *dry, mineral-matter-free* (dmmf) dengan rumus :

$$FC(dmmf) = \frac{(100 (FC \text{ adb} - (0.15 \times \text{Total Sulfur (adb)}))}{(100 - (IM + MM))} \quad (2)$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Volatile Matter* (VM) dmmf dengan rumus :

$$\text{Volatile Matter (VM) dmmf} = 100 - \text{Fixed Carbon (dmmf)} \quad (3)$$

Didapatkan nilai *volatile matter* dan *fixed carbon*. Jika pengklasifikasian dilakukan pada batubara dengan peringkat rendah, maka dilakukan perhitungan untuk mencari *Caloric Value* (CV) dengan basis data *dry, mineral-matter free* basis (dmmf) dengan satuan btu/lb, terlebih dahulu mengkonversi satuan dari CV (adb) cal/g menjadi CV (adb) btu/lb, yaitu :

$$CV \text{ adb (btu/lb)} = CV \text{ adb (cal/g)} \times 1.8 \quad (4)$$

Dan mencari *Caloric Value* (CV) dengan basis data *dry mineral matter free* basis (dmmf) dengan satuan btu/lb mempunyai rumus :

$$CV = \frac{(100 (1.8185 \times CV \text{ adb}) - (50 \times Total \text{ Sulfur} (adb)))}{(100 - MM)} \quad (5)$$

Keterangan:

*FC* = nilai % dari karbon padat (adb)

*IM* = nilai % dari kandungan air inheren

(adb)

*A* = nilai % dari kandungan abu (adb)

*S* = nilai % dari sulfur (adb)

*gcv* = *gross calorific value* (mddf btu/lb)

*btu* = *british thermal unit per pound* (btu/lb)(1.8185\*CV)

**Tabel 1.** Klasifikasi Batubara Standar ASTM D 388-05 (A.S.T.M, 2005)

Kelas	Grup	Fixed Carbon, % (dmmf)		Volatile Matter, % (dmmf)		Calorific Value, Btu/lb (dmmf)	
		≥	<	>	≤	≥	<
<b>I</b> <b>ANTHRACITE</b>	<i>Meta Anthracite</i>	98			2		
	<i>Anthracite</i>	92	98	2	8		
	<i>Semi-Anthracite</i>	86	92	8	14		
<b>II</b> <b>BITUMINOUS</b>	<i>Low Volatile</i>	78	86	14	22		
	<i>Medium</i>	69	78	22	31		
	<i>High Volatile A</i>		69	31		14.000	
	<i>High Volatile B</i>					13.000	14.000
	<i>High Volatile C</i>					11.500	13.000
						10.500	11.500
						10.500	11.500
<b>III</b> <b>SUB-BITUMINOUS</b>	<i>Sub-Bituminous A</i>					10.500	11.500
	<i>Sub-Bituminous B</i>					9.500	10.500
	<i>Sub-Bituminous C</i>					8.300	9.500
<b>IV</b> <b>LIGNITE</b>	<i>Lignite A</i>					6.300	8.300
	<i>Lignite B</i>						6.300

### 3.3 Analisis Kualitas Batubara

Kualitas batubara merupakan sifat fisik serta sifat kimiawi batubara yang pengaruhi kemampuan manfaatnya, dimana kualitas batubara terdiri dari beberapa parameter, yaitu *Total Moisture* (jumlah kadar air), *Fixed Carbon* (kadar karbon), *Ash* (kadar abu), *Volatile Matter* (zat terbang), *Total Sulphur* (jumlah sulfur), dan *Calorific Value* (nilai kalori). Maseral serta mineral

matter penyusunnya dan derajat *coalification* (*rank*) dapat memastikan mutu batubara (Ardhityasari, 2017). Harga batubara sangat bergantung pada kualitas, dimana semakin baik kualitas batubara maka akan semakin tinggi harganya, oleh sebab itu kualitas batubara harus selalu dijaga. Umumnya analisis proksimat dan ultimat dapat digunakan untuk menentukan kualitas batubara.

### 3.3.1 Analisis Proksimat

Analisis proksimat merupakan analisis yang dilakukan untuk menentukan jumlah kandungan air (*moisture*), kadar karbon (*fixed carbon*), kandungan abu (*ash*), zat terbang (*volatile matter*), serta nilai kalor (*calorific value*) yang terkandung pada batubara. Analisis proksimat merupakan salah satu metode yang sangat sederhana dan paling umum yang bisa digunakan untuk menentukan kualitas batubara.

#### a. Jumlah kadar air (*Moisture*)

Moisture ialah salah satu komponen yang berarti untuk batubara, sebab seluruh batubara yang dihasilkan dari tambang berada dalam keadaan basah (Baaqy dkk., 2013). Moisture pada batubara mempunyai kandungan air yang terdiri dari air permukaan (*surface moisture*) serta di dalam batubara itu sendiri (*inherent moisture*). Semakin besar *inherent moisture* maka akan terus menjadi rendah peringkat batubara. Semakin besar kandungan air yang terkandung oleh batubara maka akan terus menjadi besar nilai kalor yang diperlukan dalam proses pembakaran.

#### b. Kadar karbon (*Fixed Carbon*)

Kandungan karbon ialah salah satu komponen dari batubara yang memerlukan waktu lama untuk terbakar, karena masih terdapat sisa karbon. *Fixed carbon* menyatakan banyaknya karbon yang ada dalam material sisa sehabis *volatile matter* dihilangkan.

#### c. Kadar abu (*Ash*)

Abu merupakan zat organik yang tidak terbakar dan residu dari batubara apabila batubara terbakar sempurna. Dalam pembakaran batubara, jika semakin tinggi kadar abu maka akan semakin rendah

panas yang diperoleh dari batubara, dan semakin tinggi kandungan abu maka penindakan serta pembuangan abu hasil pembakaran akan semakin susah (Lubis, 2016).

d. Kandungan zat terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang (*volatile matter*) merupakan zat yang menghilang apabila contoh batubara dipanaskan pada waktu serta suhu yang ditetapkan. Menurut Pratiwi (2013), dalam batubara terkandung sejumlah zat terbang yaitu hidrogen, karbondioksida, dan metana. Kadar zat terbang berhubungan erat dengan proses *coalification* serta dapat dijadikan indeks dalam pengklasifikasian batubara. Menurut klasifikasi ASTM pada (Lubis, 2016), batubara bituminous diklasifikasikan sebagai:

1. Batubara dengan kadar zat terbang rendah 14% - 22%
2. Batubara dengan kadar zat terbang sedang 22% - 31%
3. Batubara dengan kadar zat terbang tinggi diatas 31%

e. Nilai kalor (*Calorific Value*)

Nilai kalori pada batubara merupakan total nilai panas yang dihasilkan pada pembakaran komponen batubara yang telah dibakar, semacam karbon, belerang, serta hidrogen. Nilai kalor batubara memiliki hubungan secara langsung dengan komposisi faktor yang terdapat dalam batubara, dimana peringkat batubara bisa naik jika nilai kalornya kian membesar (Lubis, 2016).

### 3.4 Metode *Well logging*

*Well logging* ialah metode geofisika yang dilakukan untuk mendapatkan informasi geologi bawah permukaan dengan tepat dan cepat, serta dalam penentuan kedalaman dan ketebalan lapisan dengan menggabungkan sinar gamma ray dan density, dibandingkan dengan metode lain, metode ini dapat menghasilkan tingkat ketelitian data yang lebih tinggi (Putro dkk., 2018) Seiring dengan meningkatnya ilmu pengetahuan dan teknologi maka hadirilah survey geofisika tahanan jenis yang merupakan suatu metode yang dapat memberikan gambaran susunan dan kedalaman lapisan batuan dengan

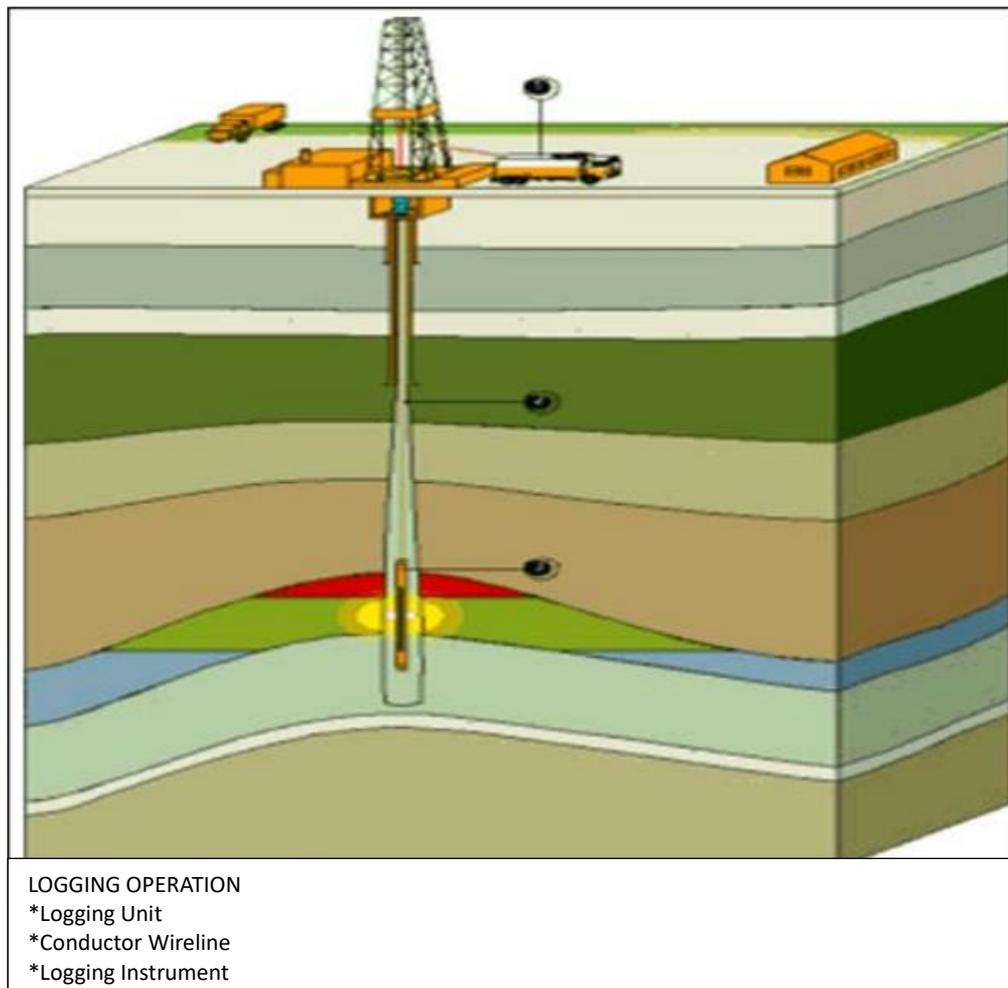
mengukur sifat kelistrikan batuan. Metode *well logging* ialah metode perekaman data secara kontinu dari pengukuran yang dibuat pada satu lubang bor untuk menyelidiki variasi beberapa sifat fisis dari batuan yang berasal dari pengeboran lubang bor (Setiahadiwibowo, A., P. 2016). Metode ini menghasilkan tingkat akurasi data yang relatif tinggi dibandingkan dengan metode lain, sehingga metode ini kerap menjadi pilihan utama dalam melakukan eksplorasi.

*Well Logging* dipakai untuk mengetahui sifat fisika berdasarkan batuan menggunakan memakai dua metode interpretasi data log (*log interpretation*). Berdasarkan hal diatas disebutkan bahwa data log bisa menginterpretasi litologi bawah permukaan.

Metode *well logging* ialah salah satu cara yang tepat untuk eksplorasi batubara, sebab dapat menggambarkan kondisi di dasar permukaan secara vertikal sehingga litologi setiap lapisan bisa tergambarkan dengan jelas dan relatif tepat menggunakan *log gamma ray* serta *log density*, dimana data log tipe jenis ini lebih mudah digunakan untuk menentukan lapisan batubara (Ardi dkk., 2020). Mengetahui karakteristik batubara yang akan digabungkan digunakan *log gamma ray* bertepatan dengan *log densitas* untuk mengenali karakteristik batubara berupa ketebalan dan kedalaman batubara (Faisal dkk., 2012).

Dalam aplikasi *well logging*, truk *logging* diatur segaris dengan kepala sumur dan kabel *logging* yang dimasukkan melalui dua buah roda-katrol. Roda katrol atas diikat dalam sebuah alat pengukur tegangan kabel. Di dalam truk *logging* terdapat alat penunjuk beban yang memperlihatkan tegangan kabel atau berat total alat. Roda katrol bawah di ikat dalam struktur menara bor dekat dengan mulut sumur. Setelah alat-alat *logging* disambungkan menjadi satu dilakukan juga pemeriksaan ulang dan kalibrasi sekali lagi agar yakin bahwa alat tersebut berfungsi dengan baik dan tidak terpengaruh oleh suhu tinggi atau lumpur. Alat *logging* lalu ditarik dengan kecepatan tetap dan

dimulailah proses perekaman data. Untuk mengumpulkan semua data yang diperlukan, seringkali diadakan beberapa kali perekaman dengan kombinasi enam belas alat yang berbeda (Harsono, 1997). Sistem pengiriman data pada saat dilapangan dapat menggunakan jasa satelit atau telepon, sehingga data log dari lapangan dapat segera dikirimkan ke pusat komputer untuk diolah lebih lanjut.



**Gambar 11.** Operasi Kegiatan *Logging* (Mastoadji, 2007).

Pelaksanaan *wireline logging* adalah kegiatan yang dilakukan dengan memasukkan alat yang disebut sonde ke dalam lubang pemboran hingga ke dasar lubang. Pencatatan dilakukan menggunakan menarik sonde tadi menurut dasar lubang hingga ke kedalaman yang diinginkan menggunakan kecepatan yang tetap dan menerus. Kegiatan ini dilakukan segera setelah

pekerjaan pengeboran selesai. Hasil pengukuran atau pencatatan tersebut disajikan dalam kurva log vertikal yang sama dengan kedalamannya dan menggunakan skala tertentu sesuai dengan keperluan pemakainya.

### 3.5 Jenis jenis *Well Logging*

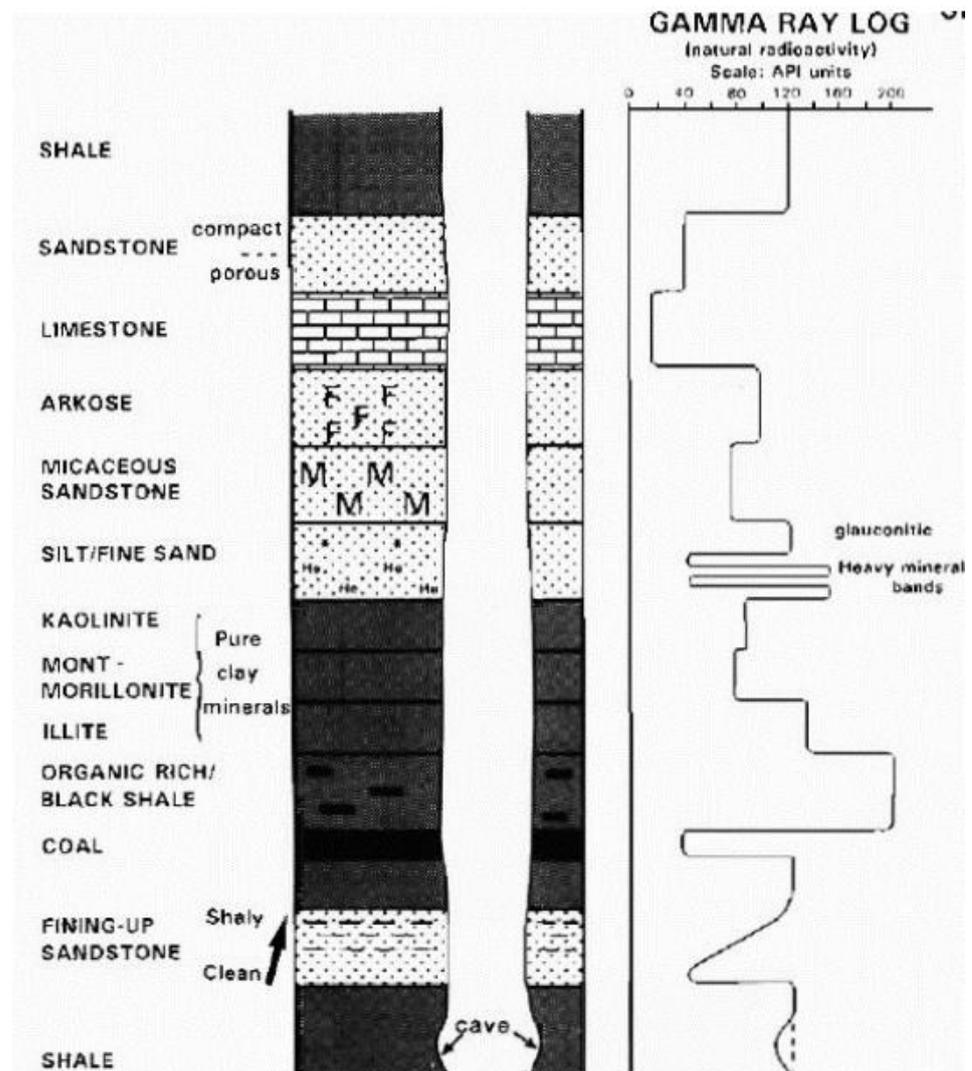
Berikut merupakan beberapa jenis-jenis *well logging* yang dipakai pada penelitian ini yaitu:

#### 3.5.1 *Log Gamma Ray*

*Log Gamma Ray* adalah metode yang digunakan 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 diantaranya *Uranium, Thorium, Potassium, Radium* (Putro, 2013). Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam *shale* dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone, limestone, dolomite, coal, gypsum*, dll. Oleh karena itu *shale* akan memberikan respon gamma ray yang sangat signifikan dibandingkan dengan batuan yang lainnya. Log sinar gamma merekam unsur radioaktif dalam skala API (*American Petroleum Institute*).

Batubara biasanya mempunyai respon GR yang rendah karena batubara murni mengandung unsur radiaktif alami yang rendah. Tetapi kadang-kadang, pembacaan GR lebih tinggi pada batubara karena batubara tersebut mengandung mineral lempung yang kaya akan unsur-unsur radiaktif alami. Peningkatan proses resolusi *vertical* pada pengukuran natural *gamma ray* dapat direkomendasikan dalam praktek aplikasi CBM. Proses matematik ini mengurangi resolusi *vertical* pada pengukuran, *sharpening the bed boundary* membantu menyelidiki batubara secara teliti dan akhirnya akan mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam pengukuran ketebalan batubara (Thunggara, 2012).

Cara membaca untuk respon *gamma ray* untuk mendapatkan batas litologi dan ketebalan deposit batubara adalah dengan mengambil sepertiga ( $1/3$ ) antara respon maksimal dan respon minimal. *Log gamma ray* memiliki satuan API (*American Petroleum Institute*), dimana tipikal kisaran API biasanya berkisar antara 0 sampai 150. Walaupun juga terdapat kasus dengan nilai lebih tinggi hal ini biasanya dijumpai untuk jenis *organic rich shale*. Gambar 12 menunjukkan contoh interpretasi lapisan batuan untuk mendeskripsikan beberapa batuan dengan menggunakan log gamma ray.



**Gambar 12.** Contoh interpretasi lapisan batuan dengan log Gamma ray (Abdullah, 2015).

### 3.5.2 Log Density

Log densitas adalah log yang merekam nilai densitas batuan yang ditembus lubang bor dengan satuan gr/cc. Log densitas dilakukan untuk mengukur densitas suatu batuan disepanjang lubang bor. Densitas yang diukur adalah densitas keseluruhan dari matriks batuan dan juga fluida yang terdapat pada pori-pori batuan. *Density log* adalah alat yang digunakan untuk mengukur porositas batuan formasi. Selain itu log densitas juga dapat digunakan untuk mendeteksi suatu lapisan yang mengandung gas dan menentukan berat jenis hidrokarbon yang mengisi pori-pori batuan (Sandhika, 2016).

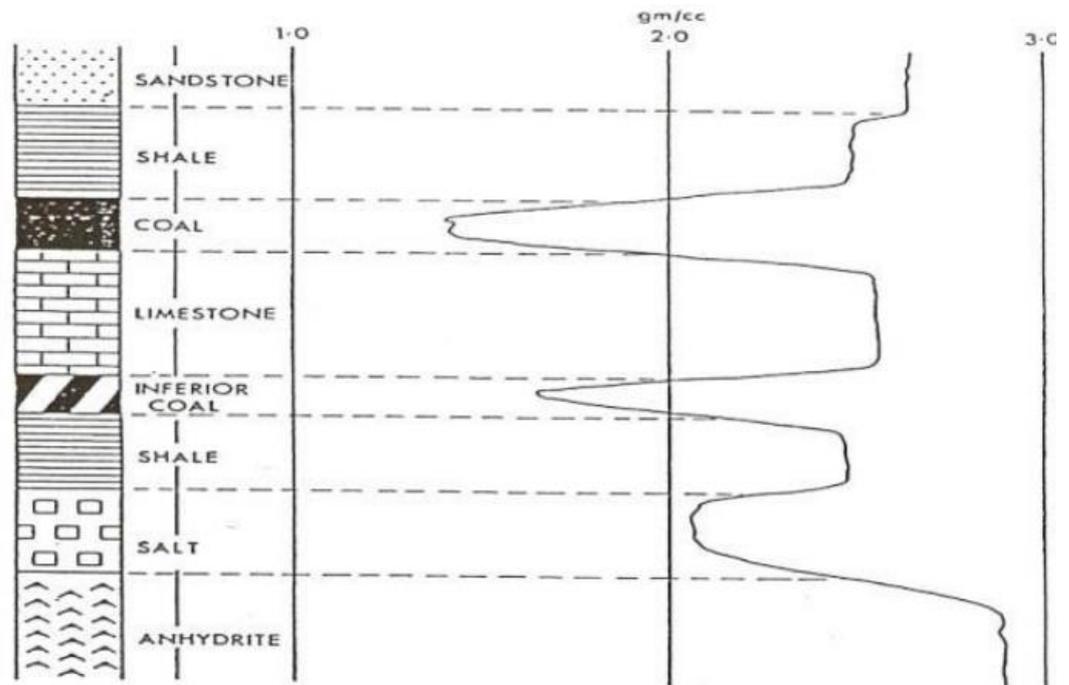
Log density ialah suatu kurva yang menunjukkan besarnya densitas (bulk density) dari batuan yang ditembus lubang bor dengan satuan gr/cm<sup>3</sup>. Prinsip dasar dari log density adalah memancarkan sinar gamma dari sumber radiasi sinar gamma pada dinding lubang bor, dimana pada saat sinar gamma menembus batuan, sinar tersebut akan bertumbukan dengan elektron pada batuan tersebut yang mengakibatkan sinar gamma akan kehilangan sebagian dari energinya dan yang sebagian lagi akan dipantulkan kembali, kemudian ditangkap oleh detektor yang diletakkan di atas sumber radiasi, dimana densitas elektron ialah gejala dari densitas formasi (Maulana, 2016). Batuan terbentuk dari butiran mineral, lalu mineral tersusun dari atom yang terdiri dari proton serta elektron. Partikel sinar gamma membentur elektron dalam batuan. Akibat benturan ini sinar gamma terjadi pengurangan energi (*loose energy*). Makin lemahnya energi yang kembali menampilkan kian banyaknya elektron dalam batuan, yang 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 berarti semakin banyak dan padat butiran/mineral penyusun batuan persatuan volume.

Prinsip kerja log densitas ialah dengan cara memancarkan sinar gamma dari sumber radiasi sinar gamma yang diletakkan pada dinding lubang bor. Saat sinar gamma menembus batuan, sinar tersebut akan bertumbukan dengan elektron pada batuan tersebut, yang mengakibatkan sinar gamma akan kehilangan sebagian dari energinya dan sebagian lagi dari energi tersebut akan dipantulkan kembali, yang kemudian akan ditangkap oleh detektor yang diletakkan diatas sumber radiasi. Intesitas sinar gamma yang dipantulkan tergantung dari densitas formasi. Tujuan utama dari log densitas ini ialah menentukan porositas dengan mengukur densitas *bulk* batuan, selain itu juga dapat digunakan untuk mendeteksi adanya hidrokarbon atau air, digunakan bersama-sama dengan *neutron log*, juga untuk menentukan densitas hidrokarbon (ph) dan membantu dalam mengevaluasi lapisan *shale* (Asquith dan Krygowski, 2004).

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 sehingga dapat dibedakan (BPB manual, 1981)

Berdasarkan Gambar 13, 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 ( $\rho_b$ ).



**Gambar 13.** Respon litologi yang umumnya dijumpai pada lapisan pembawa batubara dengan metode log densitas (BPB manual, 1981).

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.

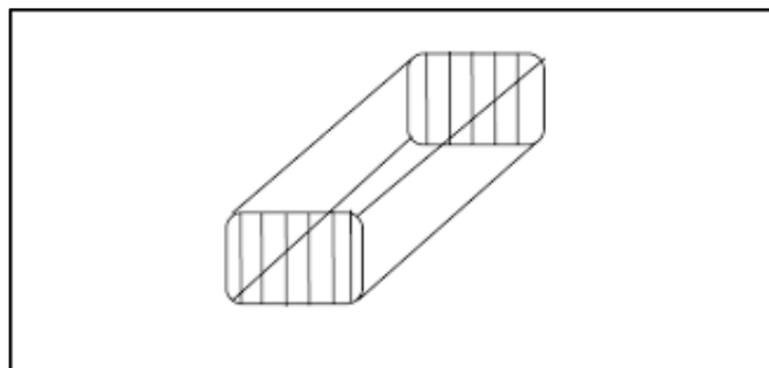
Dalam penelitian ini, satuan dari *density log* adalah *counts per second* (CPS). untuk memudahkan perhitungan, maka dilakukan konversi satuan dari CPS ke gr/cc, nilai satuan CPS berbanding terbalik dengan nilai satuan gr/cc. Apabila defleksi log dalam satuan CPS menunjukkan nilai yang tinggi, maka akan menunjukkan nilai yang rendah dalam satuan gr/cc. *Log density* terdiri dari 2 macam yaitu

*Long Spacing Density (LSD)* dan *Short Spacing Density (SSD)* atau *Bed Resolution Density (BRD)*. *Long spacing density* digunakan untuk evaluasi lapisan batubara karena menunjukkan densitas yang mendekati sebenarnya berkat pengaruh yang kecil dari dinding lubang bor. Sedangkan *Short spacing density* mempunyai resolusi vertikal yang tinggi, maka cocok untuk pengukuran ketebalan lapisan batubara.

### 3.6 Perhitungan 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.

Adapun rumus perhitungan volume yang digunakan adalah rumus luas rata-rata (*mean area*). Rumus luas rata-rata (*mean area*) adalah rumus yang paling sederhana untuk perhitungan volume yang terletak di antara dua buah penampang yang sejajar. Sketsa perhitungan volume endapan dengan rumus *mean area* dapat dilihat pada Gambar



**Gambar 14.** Sketsa Perhitungan Volume dengan Rumus *Mean Area*

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times L \quad (6)$$

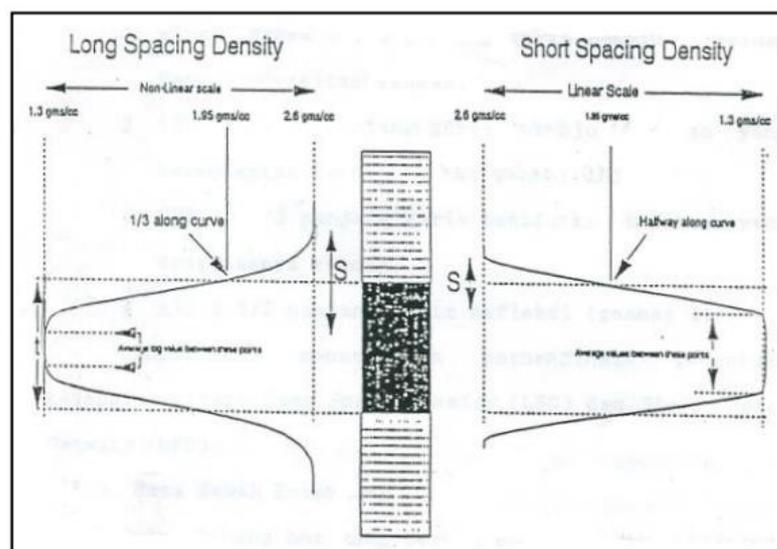
Dimana :

- $S_1, S_2$  : luas tiap-tiap penampang ( $m^2$ )  
 $L$  : jarak antar penampang satu dengan lainnya (m)  
 $V$  : volume cadangan ( $m^3$ )

### 3.7 Menentukan Ketebalan Lapisan Batubara

Log yang digunakan untuk menentukan ketebalan batubara dan parting adalah kombinasi dari log gamma ray, logadensitas, dan caliper. Log LDS dibuat secara khusus untuk menghasilkan kombinasi log yang dapat digunakan untuk menentukan ketebalan dari batubara, sedangkan SSD untuk melakukan identifikasi rongga – rongga, misalnya pada *roof* dan *floor*. Pengukuran titik – titik batas pada garis transisi antara lapisan batubabara, *roof* dan *floor* serta *parting* mempunyai cara yang berbeda untuk masingmasing komponen log densitas . Batasan untuk setiap log adalah sebagai berikut yang ditunjukkan pada Gambar 15.

- Sinar gamma = 1/3 panjang garis menuju lapisan yang berdensitas rendah.
- LSD = 1/3 panjang garis menuju lapisan yang berdensitas rendah.
- SSD = 1/2 panjang garis defleksi



**Gambar 15.** Penentuan Ketebalan antara Log LSD ( *Long Spacing Density*) dan SSD (*Short Spacing Density*) (Hunt, 1984)

### 3.8 Analisis Batuan Inti (*Core*)

*Core* atau Batuan Inti merupakan data bawah permukaan yang paling mahal, karena merupakan data yang langsung memperhatikan bukti nyata dari kondisi bawah permukaan. Data *Core* ini mendefinisikan litologi pada setiap kedalaman di bawah permukaan. Setiap batuan memiliki reaksi tersendiri terhadap kurva Log, sehingga dapat diketahui sifat dari litologinya. Data ini diperoleh dengan menggali lapisan bawah tanah menggunakan bor dengan lubang di tengahnya. Sampel batuan yang terkumpul disimpan dalam *core barrel*, dengan harapan akan tetap pada kondisi aslinya saat sampel mencapai permukaan. Keuntungan dari data inti adalah batuan tidak bercampur dengan material luar atau hancur. Oleh karena itu, litologi dapat diketahui pada kondisi sebenar benarnya, terutama kondisi bawah permukaan, tergantung pada struktur sedimen dan sifat fisik lainnya seperti porositas, permeabilitas, dan kekerasan batuan (*Rock Hardness*) dengan pengukuran langsung. Analisis batuan inti merupakan acuan untuk mengidentifikasi litologi melalui deskripsi. Langkah awal dalam analisis deskripsi adalah mengenali objek analisis secara kualitatif mulai dari tampak luar sampai unsur pembentuknya. Pengenalan analisis objek sangat penting karena menentukan jenis dan urutan analisis lanjut yang perlu dilakukan agar analisisnya bermanfaat. Hal-hal yang perlu dideskripsikan pada *core*, yaitu:

- Jenis batuan, berdasarkan jenis batuan murni atau komponen yang terbanyak atau dominan.
- Warna, kenampakan warna batuan
- Kekerasan, ukuran kekerasan batuan
- Ukuran butir, berdasarkan standar baku internasional (Skala *Wentworth*)
- Derajat kebundaran, kenampakan butiran dibandingkan dengan bentuk bola.
- Mineral/komponen ikutan, pengamatan berdasarkan mineral ikutan sebagai semen.

Tujuan utama dari deskripsi *core* ini adalah untuk membagi lapisan - lapisan sedimen sepanjang interval *core* untuk dikorelasikan antar lubang bor (Koesoemadinata, 1978).



## 4.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. Data log (LAS)
3. Data foto core
4. Data Kualitas (Proksimat)
5. Data titik koordinat
6. *Software WellCad*
7. *Software Strater*
8. *Software RockWorks 16*
9. *Software Arcgis 10.3*
10. *Software Microsoft Word 2021*
11. *Software Microsoft Excel 2021*

## 4.3 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah prosedur penelitian dalam pengerjaan tugas akhir :

### 4.3.1 Studi Literatur

Pada tahapan ini hal yang dilakukan adalah pengumpulan jurnal dan buku yang menunjang penulisan tugas akhir. Selain itu pada tahapan ini dilakukan perencanaan dan penentuan model volume berdasarkan jurnal-jurnal yang telah ada mengaplikasikan metode perhitungan cadangan sumberdaya untuk Eksplorasi Batubara.

### 4.3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini penulis melakukan pengumpulan data sekunder dari perusahaan PT. Bukit Asam, Tbk. Beberapa jenis data yang dibutuhkan dalam melaksanakan penelitian yaitu data *well logging*, data inti batuan (*core*), data kualitas, dan data topografi daerah penelitian. Dari data *well logging* dan data *core* dapat mengetahui *litology* dan seam Batubara pada daerah penelitian. Sumur yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 5 sumur, yaitu TS\_A, TS\_B, TS\_C, TS\_D dan TS\_E. Di mana pada tiap sumur ini terdapat data inti batuan (*coring*)

dan data *well logging* yang meliputi *natural gamma log*, *formation density log*, *Bed Resolution Density (BRD)*, dan *High Resolution Density (HRD)*. Untuk data topografi digunakan untuk membuat peta topografi sebaran titik bor yang akan digunakan untuk membuat korelasi antar sumur.

Untuk data kualitas batubara dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 basis data, yaitu *adb (air dried basis)* dan *ar (as received)*. Basis data *adb* meliputi *IM (Inherent Moisture)*, *Ash*, *VM (Volatile Matter)*, *FC (Fixed Carbon)*, *TS (Total Sulfur)*, dan *CV (Caloric Value)*. Sedangkan, untuk basis data *ar* meliputi *TM (Total Moisture)*. Data kualitas batubara digunakan untuk mengetahui kualitas dan jenis batubara yang diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi ASTM, D-388 tahun 2005. Adapun data pendukung lainnya, yaitu data topografi daerah penelitian digunakan untuk membuat peta sebaran titik lokasi.

### 4.3.3 Pengolahan Data

#### 1. Interpretasi dan korelasi Data Log

a. Data log sumur yang dimiliki berupa data *.LAS file*, yang selanjutnya dilakukan interpretasi dan diolah dengan menggunakan *Software WellCad* untuk dapat mendapatkan tampilan grafik log sumur yang terdiri dari *log gamma ray* dan *log density*. Grafik log diinterpretasi litologi bantuannya berdasarkan besar kecilnya nilai *log gamma ray* dan *log density*. Penelitian ini digunakan 5 data sumur. Pengolahan data dilakukan untuk membuat *picking* litologi berdasarkan *log gamma ray* dan log densitas serta foto data *core* pemboran.

b. Penentuan Lapisan *Overburden* dan *Interburden*

Penentuan lapisan *Overburden* dan *Interburden* digunakan untuk data pemodelan sumur dan perhitungan volume batubara. Hal ini didasarkan dari litologi daerah penelitian dan nilai *log gamma ray* dan log densitas. *Overburden* merupakan lapisan yang ada di atas

*seam* batubara sedangkan Interburden adalah lapisan yang berada di bawah *seam* tersebut. Berikut adalah tabel mengenai lapisan *overburden* dan *interburden* yang ada di tiap sumur.

c. Pembuatan Korelasi penampang 2D

Setelah Mengetahui litologi pada masing-masing *drill hole*, langkah selanjutnya adalah melakukan korelasi penampang untuk melihat kondisi bawah permukaan dan melihat penyebaran lapisan batubara. Penerusan bidang perlapisan adalah penerusan bidang kesamaan waktu pengendapan atau merupakan dasar dari prinsip korelasi. Dalam pembuatan penampang korelasi struktur dengan cara membuat profil dari setiap *cross line*, setiap titik bor diletakkan pada sayatan sesuai jarak masing-masing. Skala vertikal dan horizontal dibuat sama. Setelah itu baru dibuat korelasi setiap lapisan batumannya. Profil penampang korelasi struktur ini dibuat menggunakan *software Strater 5*. Korelasi adalah operasi dimana satu titik dalam penampang stratigrafi disambungkan dengan titik pada penampang yang lain, dengan pengertian bahwa titik-titik tersebut terdapat dalam bidang perlapisan yang sama. Tujuan dari korelasi ini adalah untuk melihat kemenerusan dari masing-masing *seam* batubara. Alasan penggunaan lapisan penunjuk untuk mengetahui lapisan batubara yang berada pada *seam* yang sama, sehingga dapat dilihat kondisi bawah permukaan pada awal pembentukan yang belum mengalami deformasi atau terkena pengaruh lain) (Iswati, 2012).

d. Peta Persebaran Sumur

Peta persebaran sumur digunakan untuk menentukan penampang korelasi 2D antar sumur. Dari data eksplorasi yang terdapat 5 titik bor yang nantinya titik – titik dari bor tersebut akan dihubungkan dengan garis yang dibuat dengan menyesuaikan arah *strike* dari endapan batubara tersebut.

## 2. Pengkonversian Basis Data Kualitas Batubara dan pengklasifikasian Peringkat Batubara berdasarkan ASTM D388-05

Menentukan Kualitas Batubara Dilakukan dengan menggunakan analisis proksimat (IM, ASH, FC, VM, TS, dan CV) yaitu dengan mengkonversi terlebih dahulu basis data adb menjadi dmmf. Interpretasi ini dilakukan untuk mengetahui kualitas batubara menurut klasifikasi Batubara standar ASTM D388-05 berdasarkan nilai kalori. Data kualitas batubara yang telah didapatkan dari laboratorium sebelumnya diklasifikasikan berdasarkan ASTM. Hasil analisis proksimat yang dilakukan pada laboratorium memiliki nilai kalori pada basis pelaporan *air dried basis* (adb). Pada basis adb ini, contoh batubara ditempatkan pada ruangan udaraaterbuka, sehingga secara perlahan kadar airnya akan mencapai titikakesetimbangan dengan kelembaban udara. Dimana data tersebut berupa *inherent moisture, volatile matter, fix carbon, ash*, total sulfur dan *calorie value*.

Untuk mengetahui peringkat batubara pada daerah penelitian, diawali dengan mengkonversi nilai kualitas dari basis data *air dried basis* (adb) dan *as received* (ar) menjadi *mineral matter free basis* (mm). Adapun dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Mineral Matter} = (\text{ash (adb)} \times 1.08) + (\text{Total Sulfur (adb)} \times 0.55) \quad (7)$$

Diawali dengan perhitungan *mineral matter*, setelah didapatkan *mineral matter*. dilakukan perhitungan *Fixed Carbon* (FC) dengan basis data *dry, mineral-matter-free* (dmmf) dengan rumus :

$$FC(dmmf) = \frac{(100 (FC adb - (0.15 \times \text{Total Sulfur (adb)}))}{(100 - (IM + MM))} \quad (8)$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Volatile Matter* (VM) dmmf dengan rumus :

$$\text{Volatile Matter (VM) dmmf} = 100 - \text{Fixed Carbon (dmmf)} \quad (9)$$

Didapatkan nilai *volatile matter* dan *fixed carbon*. Jika pengklasifikasian dilakukan pada batubara dengan peringkat rendah, maka dilakukan perhitungan untuk mencari *Caloric Value* (CV) dengan basis data *dryt, mineral-matter free basis* (dmmf) dengan satuan btu/lb, terlebih dahulu mengkonversi satuan dari CV (adb) cal/g menjadi CV (adb) btu/lb, yaitu :

$$\text{CV adb (btu/lb)} = \text{CV adb (cal/g)} \times 1.8 \quad (10)$$

Dan mencari *Caloric Value* (CV) dengan basis data *dry, mineral matter free basis* (dmmf) dengan satuan btu/lb mempunyai rumus :

$$\text{CV} = \frac{(100 (1.8185 \times \text{CV adb}) - (50 \times \text{Total Sulfur (adb)})}{(100 - \text{MM})} \quad (11)$$

Setelah mendapatkan nilai *fixed carbon* (dmmf), *volatile matter* (dmmf), dan *calorific value* (dmmf) yang akan dilakukan klasifikasi berdasarkan ASTM D388-05 untuk mengetahui peringkat dan jenis batubara pada daerah penelitian. Adapun pada penelitian ini kualitas batubara diklasifikasikan berdasarkan dari nilai kalori (*calorific value*) dalam dmmf.

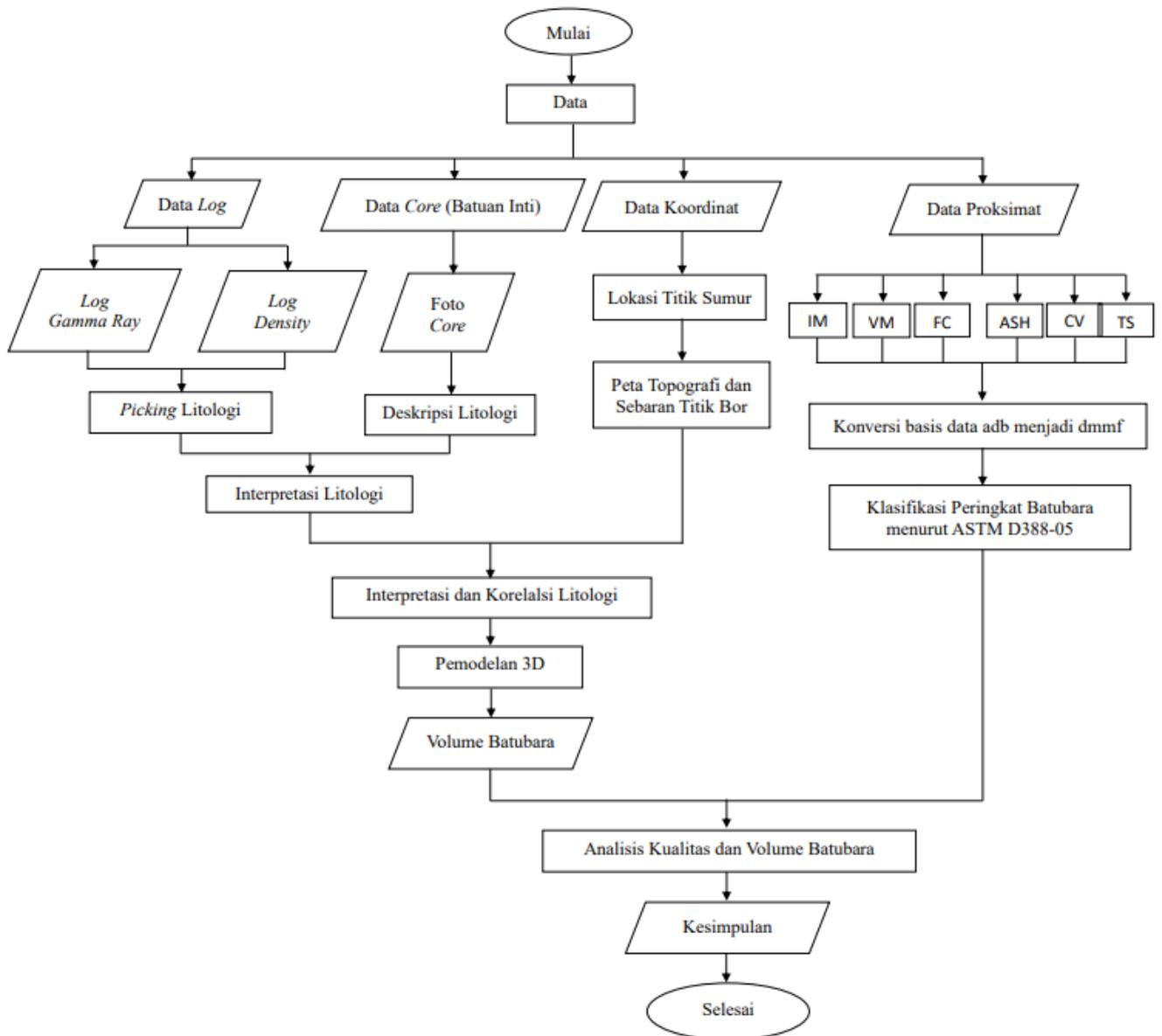
### **3. Perhitungan Sumberdaya Batubara secara 3D dengan *software RockWorks 16***

Setelah mengetahui sebaran kedalaman dan juga ketebalan lapisan, maka dilakukan pemodelan secara 3D untuk menghitung volume batubara dan juga volume litologi lainnya. Untuk pemodelan digunakan bantuan *software rockworks 16* dengan mengimport data

sebaran *drill hole*, elevasi dan litologi masing-masing *drill hole* yang sudah diinterpretasi sebelumnya dengan *software wellcad*. Penginputan data titik bor dari data eksplorasi yang dilakukan pada daerah terdapat 5 titik bor yang nantinya titik – titik dari bor tersebut akan diproses lebih lanjut. Dalam Proses pengolahan data spasi yang digunakan adalah X (*Easting*) = 20, Y (*Northing*) = 20, dan Z (*Elevation*) = 0,5 yang disesuaikan dengan kapasitas PC Komputer. Dimana secara otomatis nilai volume dari batubara serta lapisan *overburden* dan *interburden* akan keluar dari program tersebut bersamaan dengan hasil model 3D nya serta menghitung volume dari lapisan batubara serta lapisan *interburden* dan *overburden*.

#### 4.4 Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 16.** Diagram Alir

Keterangan :

IM = *Inherent Moisture* (Kandungan Air yang terdiri dari dalam Batubara)

VM = *Volatile Matter* (Kandungan Zat Terbang )

FC = *Fixed Carbon* (Kadar Karbon)

ASH = Kadar Abu

CV = *Calorific Value* (Nilai Kalori)

TS = Total Sulfur

## VI. SIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan seperti berikut:

1. Litologi pada 5 sumur bor yang terdapat pada daerah penelitian, yaitu, batuan beku, batupasir (*sandstone*), batupasir tufaan (*tuffaceous sandstone*), batulanau (*siltstone*), batulempung (*Claystone*), batulempung karbonan (*carbonaceous claystone*), batubara (*coal*), batupasir glukonit (*glauconite sandstone*) serta batubara silika (*silicified coal*). Lapisan batubara meliputi *coal seam* A1 dengan rata – rata ketebalan 8.328 meter, *coal seam* A2 dengan rata – rata ketebalan 9.076 meter, *coal seam* B dengan rata – rata ketebalan 13.63 meter dan *coal seam* C dengan rata – rata ketebalan 8.4 meter.
2. Kualitas batubara pada sumur TS dengan lapisan batubara A1, A2, B, dan C sangat bervariasi dan termasuk ke dalam kualitas sedang hingga tinggi, berdasarkan ASTM D 388-05 kualitas pada area penelitian adalah *High volatile C bituminous coal* dengan nilai kalori berkisar antara 12.166,95 btu/lb – 12.892.59 btu/lb, *High volatile B bituminous coal* dengan nilai kalori berkisar antara 13.354,17 btu/lb – 13.901,20 btu/lb dan *High volatile A bituminous coal* dengan nilai kalori 14.133,00 btu/lb.
3. Hasil perhitungan Volume batubara yang diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan *Software Rockworks16* sebesar 67.430.400 m<sup>3</sup>.

## **6.2 Saran**

Setelah dilakukannya pengolahan data log dan kualitas serta volume batubara, maka saran yang diberikan yaitu semoga data yang digunakan lebih lengkap lagi. Dalam penelitian ini sebaiknya menggunakan sumur logging dengan jumlah yang lebih banyak dan kerapatan atau jarak antar titik sumur nya sama atau tidak berbeda jauh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, D. 2017. Identifikasi Sebaran dan Estimasi Sumber Daya Batubara Menggunakan Metode Poligon Berdasarkan Interpretasi Data Logging pada Lapangan “ADA” Sumatera Selatan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ardhityasari, D. F. 2017. Analisa Data Proksimat Dan Perhitungan Volume Batubara Berdasarkan Data Log Densitas Dan Gamma Ray Dari Lapangan “Tg” Pt. Sucofindo (Persero), Tbk. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ardi, N. D., Husain, H., dan Pujianto, E. 2020. Analisis Data Well Logging untuk Pola Sebaran Batubara di Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 0, 291–296.
- Asquith, G., dan D. Krygowski. 2004. *Basic Well Log Analysis: AAPG Methods in Exploration* 16, p.31-35.
- A.S.T.M. 2005. Standard Classification of Coals by Rank, A.S.T.M D388 – 05. ASTM International. United States. 1 – 6
- Baaqy, L. Al, Arias, G., Rachimoellah, M., dan Nenu, R. K. T. 2013. Pengeringan Low Rank Coal dengan Menggunakan Metode Pemanasan tanpa Kehadiran Oksigen. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 228–233

- Badan Geologi. 2016. *Ringkasan eksekutif pemutakhiran data dan sumber daya energi*. Bandung
- Blake. 1989. *The Geological Regional and Tectonic of South Sumatera Basins*. Proceeding Indonesia Petroleum Association 11<sup>th</sup> Annual Convention.
- Bishop, M. G. 2000. *South Sumatera Basin Province*. Indonesia: USGS
- BPB manual. 1981. *British Petroleum Book, British company*. United Kingdom.
- Coster, G.L. 1974. *The Geology of the Central and South Sumatra Basins*. IPA Proc., 3rd Ann. Conv.
- Diessel, C.F.K. 1992. *Coal-Bearing Depositional System*. Springer-Verlag. Berlin - Heidelberg
- Faisal, A., Siregar, S. S., Sri, D., dan Wahyono, C. 2012. Identifikasi Sebaran Batubara dari Data Well Logging Di Daerah X, Ampah Barito Timur. *Jurnal Fisika FLUX*, 9(2), 97–111.
- Harsono, A. 1997. *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*. Jakarta: Schlumberger Oilfield Service.
- Hunt, J. M. 1984. *Petroleum Geochemistry and Geology*. New York.
- Iswati, Y. 2012. Analisis Core Dan Defleksi Log Untuk Mengetahui Lingkungan Pengendapan Dan Menentukan Cadangan Batubara Di Banko Barat PIT 1, Sumatera Selatan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Koesoemadinata, R.P. 1978. *Tertiary Coal Basin Of Indonesia*. United Nation ESCAP, CCOP Technical Bulletin. Bandung.

- Lubis, A. A. 2016. Studi Pendahuluan Kajian Potensi Gas Metana Batubara (GMB) pada Lubang Bor PS-01 di Daerah Pandan Sari, Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur. *Skripsi*. Universitas Islam Bandung. Bandung
- Mastoadji, E, dan Kristanto. 2007. *Basic Well Log Interpretation*. Handout of AAPGSC UNDIP Course.
- Maulana, M. I. 2016. Analisis Petrofisika Dan Perhitungan Cadangan Lapangan “Kaprasida” Formasi Baturaja Cekungan Sumatera Selatan. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Mursalin, S., Tambupolon, G., dan Ritonga, D. M. 2020. Model Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Data Penampang Stratigrafi Terukur di Desa Sinamar, Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat. *Jurnal Teknik Kebumian*, 6(1), 14-19
- Pratiwi, A. 2013. *Artifical Coalification Batubara Low Rank Indonesia Menggunakan Teknologi Hidrotermal*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. 2007. *Laporan Internal Pemboran Eksplorasi dan Geophysical Logging*. Satuan Kerja Unit Eksplorasi dan Geoteknik. Tidak dipublikasikan.
- PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. 2014. Terjadinya Batubara. <https://www.ptba.co.id/berita/artikel/the-occurence-of-coal-562> dikutip pada 25 Februari 2024 pukul 14.13 WIB.
- PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. 2021. *Laporan Internal Pemboran Eksplorasi dan Geophysical Logging*. Satuan Kerja Unit Eksplorasi. Tidak dipublikasikan
- Purnama, A. B., Salinita, S., Sudirman, S., Sendjaja, Y. A., dan Muljana, B. 2018. Penentuan Lingkungan Pengendapan Lapisan Batubara D, Formasi Muara

Enim, Blok Suban Burung, Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(1), 1–18.

Putra, A. P., Ediyanto, dan Suprpto. 2016. Geologi Dan Pengaruh Intrusi Terhadap Kualitas Batubara Seam A1 Dan A2 Formasi Muara Enim Daerah Tambang Air Laya, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea Vol. 3 No. 1*

Putro, S. D., Santoso, A., dan Hidayat, W. 2018. Analisa Log Densitas Dan Volume Shale Terhadap Kalori, Ash Content Dan Total Moisture Pada Lapisan Batubara Berdasarkan Data Well Logging Daerah Banko PIT 1 Barat, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik L*, 1(2).

Ramadani, N. 2014. Upaya Peningkatan Mutu Batubara Lignit Menggunakan Minyak Jelantah. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang

Santoso, B. 2014. *Petrologi Batubara Sumatra dan Kalimantan: Jenis, Peringkat, dan Aplikasi*. Jakarta: LIPI Press.

Setiahadiwibowo, A. P. 2017. Analisis Karakteristik Batubara Berdasarkan Rekaman Well Logging Di Daerah Kabupaten Katingan Kalimantan Tengah. *Kurvatek*, 1(2), 81–87.

Setiawan, A., dan Usman, D. N. 2016. Pemodelan Geologi Endapan Batubara Di Daerah Desa Bentayan, Tungkal Ilir, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 660–667

Shandika, D. 2016. Interpretasi Log untuk menentukan Interval Perforasi Formasi K lapangan X. *Skripsi-2016*.

- Sukandarrumidi. 2008. *Batubara dan Gambut*. Gajah Mada University Pers, Yogyakarta
- Sunarti, Supriyanto, dan Djayus. 2020. Interpretasi Kedalaman dan Ketebalan Lapisan Batubara Dengan Menggunakan Metode Well Logging Di PT. Lamindo Inter Multikon Site Bunyu. *Jurnal Geosains Kutai Basin*. Vol. 3. No. 2, Agustus 2020
- Sutriyono, E., Hastuti, E. W. D., dan Susilo, B. K. 2016. Geochemical Assessment Of Late Paleogene Synrift Source Rocks In The South Sumatra Basin. *International Journal of GEOMATE*, 11(1), 2208–2215.
- Thunggara dan Willem. 2012. Perhitungan Volume Batubara Berdasarkan Distribusi Lithofasies Stidu Kasus: Formasi Muara Enim Lapangan “P” Riau. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia
- Wulandari, A. 2014. Pengaruh Ukuran Batubara Dan Waktu Pemanasan Terhadap Peningkatan Mutu Batubara Lignit Menggunakan Campuran Biosolar Dan Minyak Jelantah. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Yulianto, T., dan Widodo, S. 2008. Identifikasi Penyebaran dan Ketebalan Batubara Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas. *Berkala Fisika*, 11(2), 59-66.