

**IDENTIFIKASI *SEAM* BATUBARA BERDASARKAN DATA  
*LOGGING* UNTUK PENENTUAN KUALITAS DAN ESTIMASI  
TONASE BATUBARA DI WILAYAH TAMBANG PT. BUKIT  
ASAM TBK., TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN**

(Skripsi)

Oleh

**APRILIA YULIANATA  
NPM 1815051037**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

**IDENTIFIKASI *SEAM* BATUBARA BERDASARKAN DATA  
*LOGGING* UNTUK PENENTUAN KUALITAS DAN ESTIMASI  
TONASE BATUBARA DI WILAYAH TAMBANG PT. BUKIT  
ASAM TBK., TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN**

**Oleh**

**APRILIA YULIANATA**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### IDENTIFIKASI *SEAM* BATUBARA BERDASARKAN DATA *LOGGING* UNTUK PENENTUAN KUALITAS DAN ESTIMASI TONASE BATUBARA DI WILAYAH TAMBANG PT. BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

Oleh

**Aprilia Yulianata**

Batubara ialah hasil penumpukan dari sisa tanaman yang mati serta tidak pernah mengalami pembusukan secara sempurna. 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 penelitian ini adalah menentukan lapisan batubara berdasarkan *log gamma ray* dan *log density*, kualitas batubara berdasarkan nilai kalori menurut klasifikasi ASTM D-388, dan estimasi tonase batubara pada area penelitian. Penelitian menggunakan 6 data sumur dan dihasilkan 5 lapisan batubara, yang terdiri dari *seam* A1 dengan rata-rata ketebalan 10,76 meter, *seam* A2 dengan rata-rata ketebalan 9,27 meter, *seam* B1 dengan rata-rata ketebalan 12,37 meter, *seam* B2 dengan rata-rata ketebalan 4,47 meter, dan *seam* C dengan rata-rata ketebalan 9,56 meter. Kualitas batubara pada sumur AY termasuk kedalam kualitas sedang hingga tinggi, yaitu *sub-bituminous* A dengan nilai kalori berkisar antara 11.046 btu/lb – 11.377 btu/lb atau 4.810 kcal/kg – 5.302 kcal/kg dan *bituminous high volatile* C dengan nilai kalori berkisar antara 11.529 btu/lb – 12.498 btu/lb atau 5.201 kcal/kg – 5.438 kcal/kg. Perhitungan tonase batubara menggunakan *Software Rockworks* pada area penelitian dengan luas 448,32 hektar, diperoleh tonase sebesar 4.214.985 ton dengan *stripping ratio* (SR) *coal* : *OB* dan *IB* = 1 : 3.

Kata Kunci : Batubara, *Well Logging*, Kualitas, Tonase, *Stripping Ratio*.

## **ABSTRACT**

### **IDENTIFICATION OF COAL SEAM BASED ON DATA LOGGING FOR QUALITY DETERMINATION AND COAL TONNAGE ESTIMATION IN THE MINING AREA OF PT. BUKIT ASAM TBK., TANJUNG ENIM, SOUTH SUMATERA**

**By**

**Aprilia Yulianata**

*Coal is the result of the accumulation of dead plant residues and has never experienced complete decay. 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 clearly described. The purpose of this study was to determine coal seams based on gamma ray logs and density logs, coal quality based on calorific value according to ASTM D-388 classification, and estimation of coal tonnage in the research area. The study used 6 data wells and produced 5 coal seams, consisting of seam A1 with an average thickness of 10.76 meters, seam A2 with an average thickness of 9.27 meters, seam B1 with an average thickness of 12.37 meters, seam B2 with an average thickness of 4.47 meters, and seam C with an average thickness of 9.56 meters. The coal quality in the AY well is of medium to high quality, namely sub-bituminous A with calorific value ranging from 11,046 btu/lb – 11,377 btu/lb or 4,810 kcal/kg – 5,302 kcal/kg and bituminous high volatile C with calorific value ranging from between 11,529 btu/lb – 12,498 btu/lb or 5,201 kcal/kg – 5,438 kcal/kg. Calculation of coal tonnage using Rockworks Software in the research area with an area of 448.32 hectares, obtained a tonnage of 4,214,985 tons with a stripping ratio (SR) of coal: OB and IB = 1: 3.*

*Keywords: Coal, Well Logging, Quality, Tonnage, Stripping Ratio.*

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI *SEAM* BATUBARA  
BERDASARKAN DATA *LOGGING* UNTUK  
PENENTUAN KUALITAS DAN ESTIMASI  
TONASE BATUBARA DI WILAYAH  
TAMBANG PT. BUKIT ASAM TBK.,  
TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN**

Nama Mahasiswa : **Aprilia Yulianata**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815051037

Program Studi : Teknik Geofisika

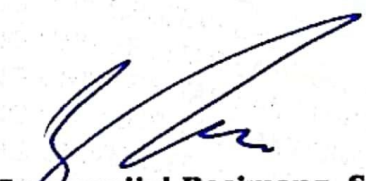
Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

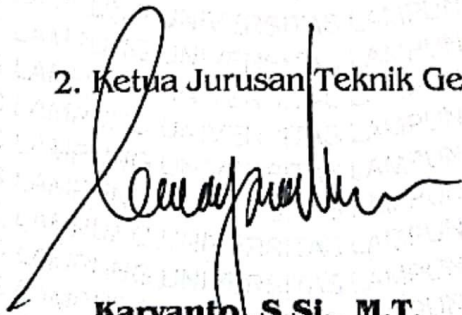
Pembimbing I

Pembimbing II

  
**Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**  
NIP 19730716 200012 1 002

  
**Dr. Ir. Muhammad Sarkowi, S.Si., M.Si.**  
NIP 19711210 199702 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

  
**Karyanto, S.Si., M.T.**  
NIP 19691230 199802 1 001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.** .....



Sekretaris : **Dr. Ir. Muhammad Sarkowi, S.Si., M.Si.** .....



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



### 2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **02 Agustus 2022**

**LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN**

**IDENTIFIKASI SEAM BATUBARA BERDASARKAN DATA  
LOGGING UNTUK PENENTUAN KUALITAS DAN ESTIMASI  
TONASE BATUBARA DI WILAYAH TAMBANG PT. BUKIT  
ASAM TBK. TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN**

Oleh

**Aprilia Yulianata**  
NPM. 1815051037



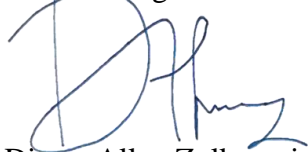
**PT. BUKIT ASAM TBK.**

**TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN**

**2022**

Tanjung Enim, 11 Juli 2022

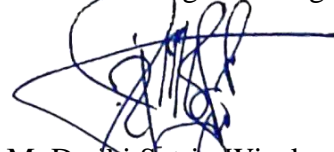
Pembimbing



Dimas Allan Zulkarnain

NIP. 9318131341

Asisten Manager Geologi Banko



M. Dwiki Satrio Wicaksono

NIP. 9316131256

Menyetujui,  
Vice President Eksplorasi



Ahmad Zaki Romi

NIP. 8009130757

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan dalam skripsi dengan judul “Identifikasi *Seam* Batubara Berdasarkan Data *Logging* Untuk Penentuan Kualitas dan Estimasi Tonase Batubara di Wilayah Tambang PT. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan” adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan 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 peraturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Agustus 2022



Aprilia Yulianata  
NPM. 1815051037



## RIWAYAT HIDUP



Aprilia Yulianata lahir di Bekasi pada tanggal 03 April 2000 dan beragama islam, merupakan putri pertama dari empat bersaudara dari Bapak Ahmad Zahripudin dan Ibu Eros Rosita. Pendidikan yang di tempuh mulai dari Sekolah Dasar di SDN Cimuning 03 (2006-2012), Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 10 Kota Bekasi (2012-2015), dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 15 Kota Bekasi (2015-2018) 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 Bidang Dana dan Usaha, Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Unila sebagai anggota Divisi Eksternal, *American Association Of Petroleum Geologist (AAPG) - Student Chapter* Unila sebagai anggota Divisi *Field Trip*, Divisi *Public Relation*, dan Bendahara dan Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) sebagai anggota Divisi Kewirausahaan dan Bendahara 2. Telah mempublikasikan karya ilmiah pada Jurnal *Geocelebes* Vol.4 No.2 (2020) dengan judul “*Forward Modelling* Metode Gayaberat dengan Model Intrusi dan Patahan Menggunakan *Octave*”. Penulis beberapa kali diberi amanah menjadi asisten Praktikum Perpetaan (2020-2021), asisten Praktikum Analisis Sinyal Geofisika (ASG) (2021-2022), asisten Praktikum Komputasi (2022) dan asisten Praktikum Eksplorasi Geothermal (2022).

Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Jaya Guna, Kecamatan Margatiga, Kabupaten Lampung Timur. Lalu pada Juli sampai Agustus 2021 melaksanakan Kerja Praktek secara *online* selama satu bulan di PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim dengan judul laporan “Analisis Karakteristik Batubara Menggunakan Metode *Well Logging* Pada Area Banko Barat PIT-2 PT. Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan”. Selanjutnya pada Juni sampai Juli 2022 penulis melanjutkan melaksanakan 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 “Identifikasi *Seam* Batubara Berdasarkan Data *Logging* Untuk Penentuan Kualitas dan Estimasi Tonase Batubara di Wilayah Tambang PT. Bukit Asam Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan” dan dinyatakan lulus dengan gelar Sarjana Teknik pada 02 Agustus 2022.

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini, aku dedikasikan kepada:

**KEDUA ORANGTUA KU TERCINTA**

**AHMAD ZAHRI PUDIN**

**EROS ROSITA**

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 terbaik yang aku punya.

**ADIK-ADIK KU TERSAYANG**

**MUHAMAD ARIF**

**AGUNG YUNUS PRATAMA**

**ARINTA NUR ULIAH**

Terimakasih selalu menjadi saudara terbaik yang mendukung dan memberi semangat.

**Keluarga Besar Teknik Geofisika**

**Almamater Tercinta, Universitas Lampung**

**“Allahumma Yassir Walaa Tu'assir”**

**“Ya Allah, Permudahkanlah Urusanku, Permudahkanlah Jangan  
Disulitkan”**

## SANWACANA

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 Laporan Tugas Akhir dengan judul “Identifikasi *Seam* Batubara Berdasarkan Data *Logging* Untuk Penentuan Kualitas dan Estimasi Tonase Batubara di Wilayah Tambang 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 laporan ini. Penulis pun menyadari mungkin masih terdapat kekurangan di dalam Laporan Tugas Akhir ini, sehingga sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun.

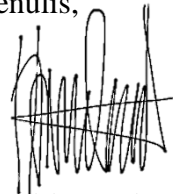
Dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah terlibat dan kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang saya cinta dan sayang yang selalu menjadi kebanggaan hidup penulis Bapak Ahmad Zahripudin dan Ibu Eros Rosita yang memberi dukungan, bimbingan, doa, mencintai dan menyayangi dengan sepenuh hati.
2. Ketiga adik yang saya sayang Muhamad Arif, Agung Yunus Pratama dan Arinta Nur Uliyah yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
3. Fitri, Vivi, Lili, dan Khadijah teman seperjuangan dalam melaksanakan Tugas Akhir di PT. Bukit Asam Tbk.
4. Bapak Dr. Eng., Ir. Helmy Fitriawan, ST., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
6. Bapak Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta koreksi dalam Tugas Akhir.

7. Bapak Dr. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta koreksi dalam Tugas Akhir.
8. Bapak Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T. selaku dosen Penguji yang telah meluangkan waktu serta memberikan masukan dalam Tugas Akhir.
9. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati terima kasih untuk semua ilmu yang diberikan.
10. PT. Bukit Asam Tbk. yang telah mengizinkan saya untuk menjalankan Tugas Akhir dan memberikan pengalaman yang luar biasa.
11. Pak Ahmad Zaki Romi selaku Vice President Eksplorasi PT. Bukit Asam Tbk.
12. Pak Arya Gustifram, Pak M. Dwiki Satrio, dan Pak Leonardus Wisnumurti selaku Asisten Manager yang telah memberikan bimbingan serta arahan dalam menjalankan Tugas Akhir.
13. Pak Dimas Allan Zulkarnain selaku Pembimbing Area saya yang telah memberikan arahan serta bimbingan selama saya Tugas Akhir.
14. Teman seperjuangan dari mahasiswa baru sampai sekarang yang saya sayang dan saya cintai yaitu Novi, Difa, Fitri, Aisyah, dan Vivi yang telah menjadi teman cerita, diskusi, dan selalu memberi semangat serta dukungan.
15. Teman semenjak SMP Mrbj yang saya sayangi terutama Ika dan Ghisa yang selalu menjadi teman cerita dan selalu memberikan semangat.
16. Angkatanku yaitu Teknik Geofisika 2018 (Tgasak)
17. Serta semua pihak yang terlibat, penulis mengucapkan banyak terima kasih.
18. Kepada diri saya sendiri, Aprilia Yulianata, yang sudah mampu bertahan dan menyelesaikan pendidikan sampai selesai.

Bandar Lampung, 10 Agustus 2022

Penulis,



**Aprilia Yulianata**

NPM. 1815051037

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PERUSAHAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>x</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Lokasi Daerah Penelitian .....	4

2.2	Geologi Regional .....	5
2.3	Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan .....	7
2.3.1.	Formasi Lahat .....	8
2.3.2.	Formasi Talang Akar .....	8
2.3.3.	Formasi Baturaja.....	9
2.3.4.	Formasi Gumai .....	9
2.3.5.	Formasi Air Benakat.....	9
2.3.6.	Formasi Muara Enim .....	10
2.3.7.	Formasi Kasai .....	10
<b>III.</b>	<b>TEORI DASAR .....</b>	<b>13</b>
3.1	Batubara .....	13
3.1.1.	<i>Lignite</i> .....	16
3.1.2.	<i>Sub-Bituminous</i> .....	16
3.1.3.	<i>Bituminous</i> .....	16
3.1.4.	<i>Anthracite</i> .....	17
3.2	Klasifikasi Batubara ASTM.....	17
3.3	Analisis Kualitas Batubara.....	19
3.3.1.	Analisis Proksimat .....	19
3.3.2.	Analisis Ultimat .....	20
3.4	Metode <i>Well Logging</i> .....	21
3.4.1.	<i>Log Gamma Ray</i> .....	21
3.4.2.	<i>Log Density</i> .....	23
3.4.3.	Deskripsi Data <i>Well Logging</i> .....	25
3.5	<i>Stripping Ratio</i> .....	25
<b>IV.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
4.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
4.2	Alat dan Bahan.....	28
4.3	Prosedur Penelitian .....	28
4.4	Diagram Alir .....	29
<b>V.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
5.1	Data Penelitian .....	30

5.2 Pembahasan.....	31
5.2.1. Interpretasi Litologi Data <i>Well Logging</i> .....	31
5.2.2. Lapisan Batubara pada Sumur AY .....	45
5.2.3. Kualitas Batubara.....	47
5.2.4. Penampang Korelasi 2D Berdasarkan Elevasi.....	51
5.2.5. Volume Batubara Menggunakan <i>Software Rockworks</i> .....	53
5.2.6. Prediksi Potensi Batubara .....	58
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>59</b>
6.1 Kesimpulan .....	59
6.2 Saran .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>61</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi batubara menurut ASTM D-388 .....	18
2. Respon radioaktif dari litologi perlapisan batuan .....	23
3. Pelaksanaan kegiatan penelitian .....	27
4. Litologi sumur AY_01 .....	31
5. Litologi sumur AY_02 .....	34
6. Litologi sumur AY_03 .....	36
7. Litologi sumur AY_04 .....	39
8. Litologi sumur AY_05 .....	41
9. Litologi sumur AY_06 .....	43
10. Lapisan Batubara pada sumur AY .....	45
11. Analisis Kualitas Batubara pada sumur AY_01.....	47
12. Analisis Kualitas Batubara pada sumur AY_02.....	48
13. Analisis Kualitas Batubara pada sumur AY_03.....	49
14. Analisis Kualitas Batubara pada sumur AY_04.....	49
15. Analisis Kualitas Batubara pada sumur AY_05.....	50
16. Analisis Kualitas Batubara pada sumur AY_06.....	50
17. Volume batuan pada sumur AY .....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta lokasi daerah penambangan PT. Bukit Asam (Persero), Tbk .....	4
2. Peta geologi regional Tanjung Enim .....	5
3. Peta geologi lokal Banko Barat .....	6
4. Stratigrafi cekungan Sumatera Selatan .....	7
5. Penampang stratigrafi dan litologi Banko Barat tanpa skala .....	12
6. Proses pembentukan batubara .....	15
7. Respon <i>gamma ray log</i> terhadap batuan .....	22
8. Respon <i>log density</i> terhadap batuan .....	24
9. Diagram Alir .....	29
10. Peta topografi daerah penelitian .....	30
11. Penampang 2D <i>line 1</i> .....	51
12. Penampang 2D <i>line 2</i> .....	51
13. Penampang 2D <i>line 3</i> .....	52
14. Penampang korelasi antar titik bor.....	52
15. Strip log sebaran litologi 3D .....	53
16. Pemodelan litologi 3D.....	54
17. Sebaran batubara 3D pada area penelitian .....	54
18. Sebaran <i>overburden</i> pada area penelitian .....	54
19. Sebaran batubara <i>seam A1</i> pada area penelitian .....	55
20. Sebaran batubara <i>seam A2</i> pada area penelitian .....	55
21. Sebaran batubara <i>seam B1</i> pada area penelitian .....	55
22. Sebaran batubara <i>seam B2</i> pada area penelitian .....	56
23. Sebaran batubara <i>seam C</i> pada area penelitian .....	56

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

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. Menurut (Millenia dkk., 2020), proses pembentukan batubara mempengaruhi mutu serta sumberdaya batubara dan keekonomian mineral tersebut untuk pertambangan. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), informasi terakhir cadangan batubara di Indonesia diperkirakan mencapai 31,7 miliar ton, dimana sebagian besar terletak di Kalimantan dan Sumatera.

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. Formasi Muara Enim yang terletak pada cekungan Sumatera Selatan ialah formasi yang mengandung batubara. Menurut (Islamy, 2016), formasi pembawa batubara merupakan suatu formasi yang di dalamnya ada lapisan batubara yang terdiri atas susunan pembawa batubara. Parameter geometri lapisan batubara yaitu ketebalan, kemiringan, sebaran, bentuk dan kontinuitas dari lapisan batubara tersebut. Kualitas/mutu batubara sangat bervariasi, yaitu bervariasi isi sulfur serta sodium, keadaan *roof* serta *floor*, *parting* (pemisah) serta keberadaan pengotor, dan proses *leaching*.

Metode *Well Logging* salah satu dari metode geofisika yang digunakan untuk mendapatkan data informasi *logging* lebih rinci dan menampilkan informasi tersebut menggunakan kurva nilai parameter fisik untuk mengidentifikasi variasi beberapa sifat fisik batuan yang diperoleh dari pengeboran sumur. Metode *well logging* dapat menghasilkan data dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode lain, oleh karena itu metode ini menjadi opsi perusahaan untuk melakukan eksplorasi, meskipun membutuhkan biaya yang relatif tinggi. Metode ini dirancang untuk mendapatkan informasi geologi, seperti kedalaman, ketebalan, dan kualitas lapisan batubara (Setiahadiwibowo, 2017). Berdasarkan penjelasan di atas, maka dilakukan interpretasi menggunakan metode *well logging* untuk mengetahui kualitas lapisan batubara, estimasi tonase batubara di wilayah tambang PT. Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lapisan batubara berdasarkan data *log gamma ray* dan *log density* di area penelitian.
2. Menentukan kualitas lapisan batubara berdasarkan nilai kalori menurut klasifikasi ASTM D-388 di area penelitian.
3. Menentukan estimasi tonase batubara di area penelitian.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Litologi hanya mendeskripsikan warna, ukuran butir, dan ketebalan karena menggunakan data foto *core*.

2. Penentuan kualitas batubara hanya menggunakan data proksimat yang terdiri dari *Total Moisture*, *Ash Content*, *Fixed Carbon*, *Volatile Matter*, *Total Sulphur*, dan *Calorific Value*.
3. Penentuan estimasi volume batubara menggunakan *Software Rockworks* .

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

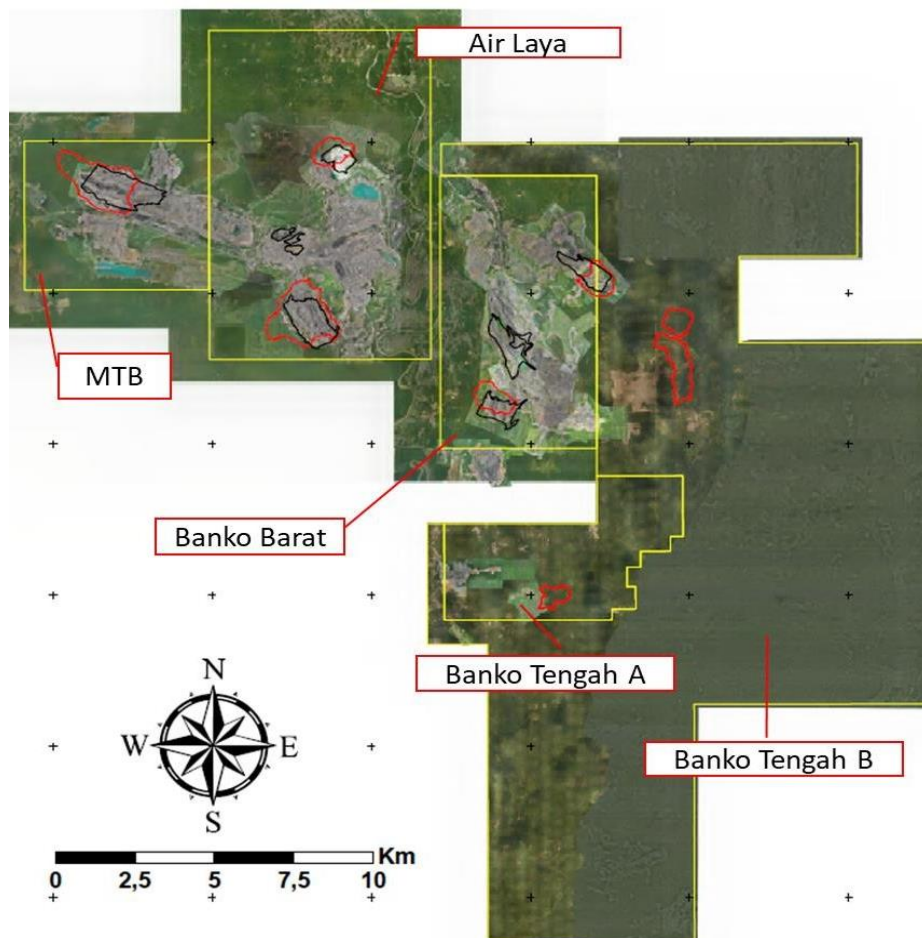
Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui keberadaan lapisan batubara pada area penelitian.
2. Mengetahui kualitas batubara pada area penelitian.
3. Mengetahui tonase batubara pada area penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

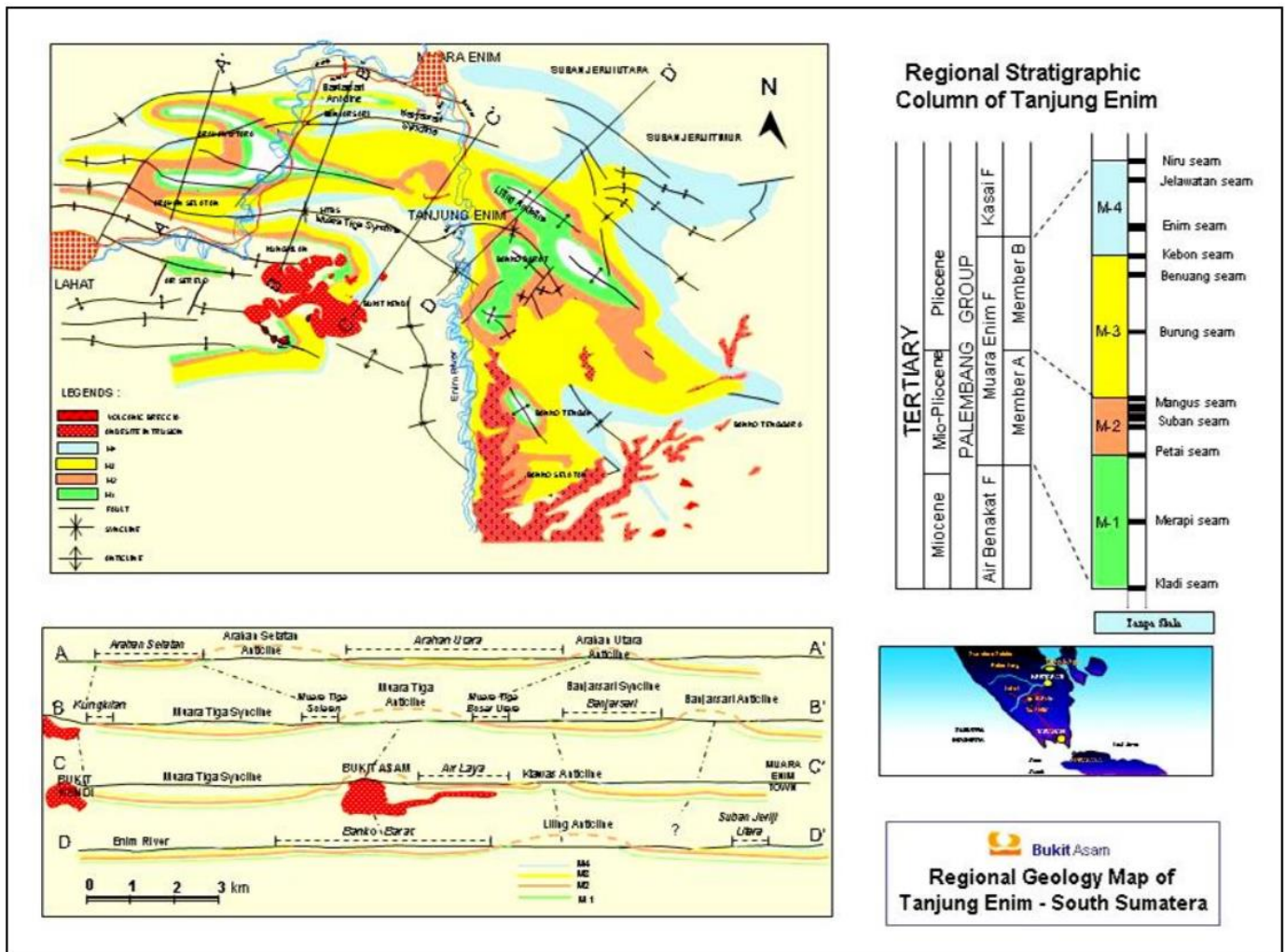
### 2.1 Lokasi Daerah Penelitian

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**.



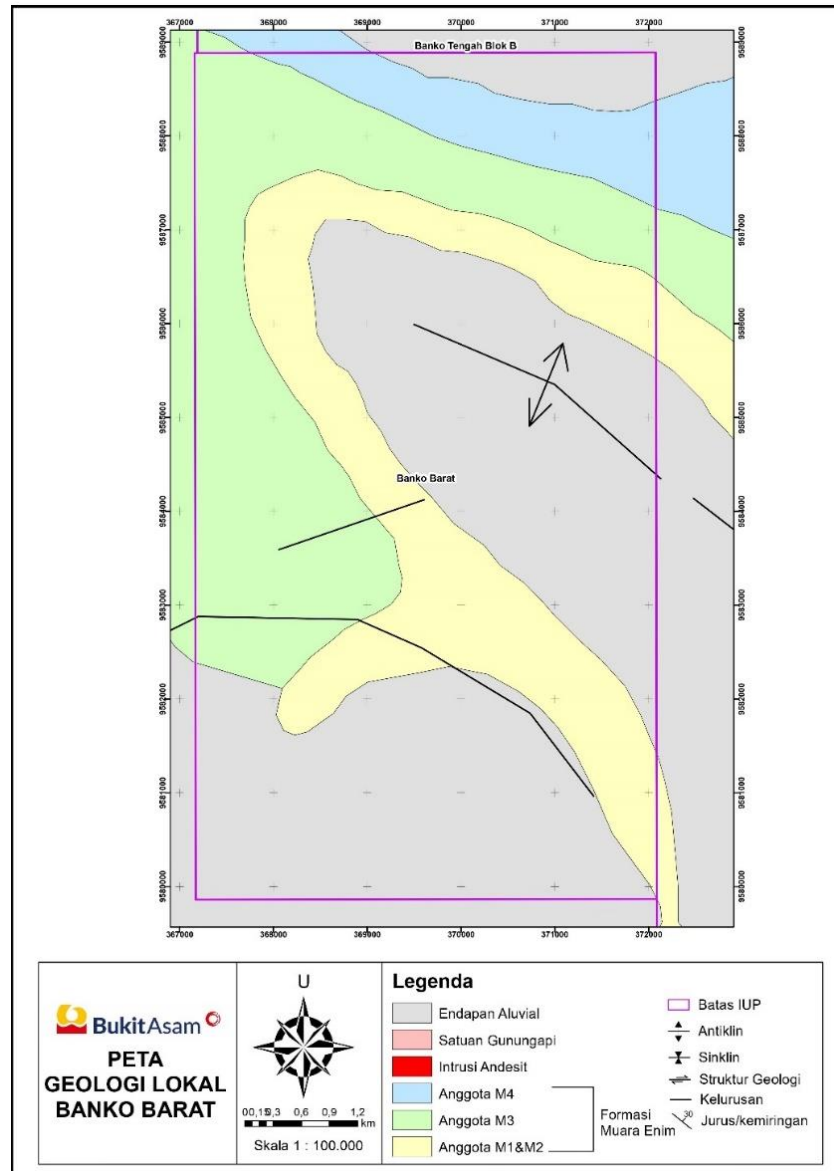
**Gambar 1.** Peta lokasi area penambangan PT. Bukit Asam (Persero), Tbk (PT. Bukit Asam Tbk., 2021)

## 2.2 Geologi Regional



**Gambar 2.** 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, serta unit penambangan Tanjung Enim menempati tepi barat bagian dari cekungan Sumatera Selatan. 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 3.** Peta geologi lokal Banko Barat (PT. Bukit Asam Tbk., 2021)

Formasi Muara Enim dibagi menjadi 4 anggota, yaitu M1, M2, M3 dan M4, dimana pada setiap anggota memiliki lapisan batubara sebagai berikut :

1. Anggota M1 Formasi Muara Enim memiliki 2 lapisan batubara, yakni lapisan batubara Kladi (5 meter – 10 meter) dan Merapi (0.2 meter – 1 meter).
2. 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.

3. 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.
4. Anggota M4 Formasi Muara Enim memiliki sebagian lapisan batubara dengan ketebalan mencapai 20 meter, lapisan batubara tersebut ialah lapisan batubara Kebon, Enim, Jelawatan dan Niru.

### 2.3 Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan

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

**Gambar 4.** Stratigrafi cekungan Sumatera Selatan (PT. Bukit Asam Tbk., dalam Iswati, 2012)

Urutan endapan tersier dari yang tua hingga muda pada cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi beberapa formasi, yaitu antara lain:

### 2.3.1 Formasi Lahat

Formasi Lahat merupakan batuan sedimen awal yang diendapkan pada cekungan Sumatera Selatan. Formasi Lahat diendapkan tidak selaras di atas batuan dasar pada area *aluvial-fluvial* sampai dengan *lacustrine*. Formasi Lahat berumur Paleosen hingga Oligosen dasar, tersusun oleh *tuff* breksi, *tuff* lempung, breksi dan konglomerat. Fasies berubah menjadi serpih, *tuff* serpih, batu lanau dan batu pasir dengan sisipan batubara pada tempat yang lebih dalam. Ketebalan formasi ini berkisar antara 0 hingga 300 m (Hulwani, 2016).

Menurut (Iswati, 2012), formasi ini terdiri dari 2 jenis, ialah:

- a. *Tuff* Kikim Bawah, yang terdiri dari *tuff* andesitik, breksi serta susunan lava serta memiliki ketebalan bermacam-macam, antara 0 - 800 meter. Jenis batupasir kuarsa, diendapkan secara selaras di atas anggota awal yang terdiri dari konglomerat serta batupasir berstruktur *crossbedding*, dimana butiran didominasi oleh kuarsa.
- b. *Tuff* Kikim Atas, diendapkan secara selaras serta bergradual di atas anggota batupasir kuarsa. Terdiri dari tufa serta batu lempung tufaan berselingan dengan endapan mirip lahar.

### 2.3.2 Formasi Talang Akar

Formasi Talang Akar diendapkan tidak selaras di atas Formasi Lahat dengan umur Oligosen atas sampai Oligosen dasar, tersusun oleh batu pasir, batu lanau, batu lempung dan sisipan batubara yang diendapkan di area *fluvial*, delta, serta 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*, 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.

### **2.3.3 Formasi Baturaja**

Formasi Baturaja diendapkan secara selaras di atas Formasi Talang Akar dengan umur Miosen Awal serta diendapkan pada area litoral-neritik. Formasi Baturaja terdiri dari batu gamping terumbu dan batu gamping detritus, ke arah cekungan berganti fasies menjadi serpih, napal dengan sisipan tipis batu gamping dari formasi gumai. Ketebalan formasi ini pada area paparan adalah 60 – 75 m, namun apabila terletak di atas batuan bawah, variasinya akan lebih besar antara 60 – 120 m.

### **2.3.4 Formasi Gumai**

Puncak Transgresi pada cekungan Sumatera Selatan dicapai pada waktu pengendapan Formasi Gumai sehingga formasi ini memiliki persebaran yang cukup luas pada cekungan Sumatera Selatan. Formasi ini diendapkan selaras di atas Formasi Baturaja yang berumur Miosen dasar sampai Miosen tengah serta anggota transisi *foraminifera* dengan sisipan batu pasir gampingan pada bagian dasar serta sisipan batu gamping pada bagian tengah dan atasnya. Formasi ini tersusun oleh serpih dan sisipan napal dengan batu gamping di bagian dasar. Lingkungan pengendapan formasi ini merupakan laut dalam dengan ketebalan 300 m hingga 2200 m.

### **2.3.5 Formasi Air Benakat**

Formasi Air Benakat diendapkan selaras di atas Formasi Gumai yang berumur Miosen tengah dengan ketebalan antara 100 hingga 800 meter dan merupakan awal terjadinya fase regresi. Formasi Air Benakat diendapkan pada area laut neritik serta berangsur-angsur menjadi laut dangkal dan *prodelta*. Litologi satuan pada formasi ini adalah serpih gampingan yang kaya akan foraminifera di bagian bawahnya, dan terus menjadi ke atas akan ditemukan batu pasir yang memiliki glaukonitan.

Ditemukannya sisipan tipis batubara ataupun sisa tanaman saat puncak satuan pasirnya akan meningkat.

### 2.3.6 Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim diendapkan selaras di atas Formasi Air Benakat dan merupakan formasi yang mewakili sesi terakhir dari fase regresi tersier. Formasi ini berusia Miosen-Pliosen Awal yang tersusun dari batu pasir, batu lempung, batu lanau, dan batubara. Batubara yang terdapat pada formasi ini umumnya berupa lignit. Formasi ini terjadi pada pengendapan lingkungan laut neritik, dataran delta, hingga rawa, dengan ketebalan berkisar antara 150 m – 750 m. Formasi ini merupakan formasi yang memiliki batubara dicirikan dengan terdapatnya dominan batu pasir, batu lempung, dan batu lanau.

### 2.3.7 Formasi Kasai

Formasi Kasai diendapkan selaras di atas Formasi Muara Enim dan berusia Pliosen Akhir hingga Pleistosen Awal. Fasies pengendapannya merupakan *fluvial* dan *alluvial fan*. Formasi ini tersusun oleh batubara tufaan yang dicirikan dengan warna putih, batu lempung serta sisipan batubara tipis semacam yang tersingkap di wilayah suban. Lingkungan pengendapan formasi ini merupakan darat hingga transisi dengan ketebalan 500 m hingga 1000 m.

Berdasarkan keadaan litologi dan stratigrafi yang dikeluarkan oleh Satuan Kerja Eksplorasi Rinci dan Geoteknik PT. Bukit Asam Tbk., penampang lapisan batubara pada daerah Banko Barat ditunjukkan oleh **Gambar 5**.

Litologi yang ada di daerah Banko Barat adalah:

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

Tanah penutup terdiri dari endapan sungai tua (pasir serta kerikil), batu lempung dan batu lanau, juga terdapat *iron stone nodules* serta lapisan gantung (*hanging steam*). Bentuk material yang terdiri dari *top soil*

batupasir halus, batu lanau, dan tanah tertimbun sisa tambang lama, sedangkan ketebalan lapisan tanah tertutup berkisar antara 85 m – 120 m.

2. Susunan Batubara Mangus A1 (Mangus Atas)

Biasanya lapisan batubara ini dikenali dengan terdapatnya material pengotor yang terdiri dari tiga lapisan tanah liat yang disebut dengan *clayband*. Lapisan batubara ini memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 6.5 m – 10 m.

3. Susunan *Interburden* A1 – A2

Lapisan ini dikenali dengan terdapatnya material tufaan warna putih serta abu-abu. Secara keseluruhan lapisan ini memperlihatkan terdapatnya struktur *graded bedding* dengan batu pasir konglomerat, batu lanau, dan batu lempung. Lapisan ini mempunyai ketebalan lapisan berkisar antara 0.5 m – 2 m.

4. Susunan Batubara Mangus A2

Lapisan batubara ini dikenali dengan terdapatnya silika di bagian atas dan memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 9 m – 12.9 m.

5. Susunan *Interburden* A2 – B1

Lapisan ini dikenali dengan batu lempung lanauan, serta sisipan batu pasir dan memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 15 m – 23 m.

6. Susunan Batubara B1

Lapisan batubara ini dikenali dengan terdapat sisipan batu lempung dan memiliki ketebalan lapisan berkisar 12.7 m.

7. Susunan *Interburden* B1 – B2

Lapisan ini memiliki batu lempung dan batu lanau yang tipis dan memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 2 m – 5 m.

8. Susunan Batubara B2

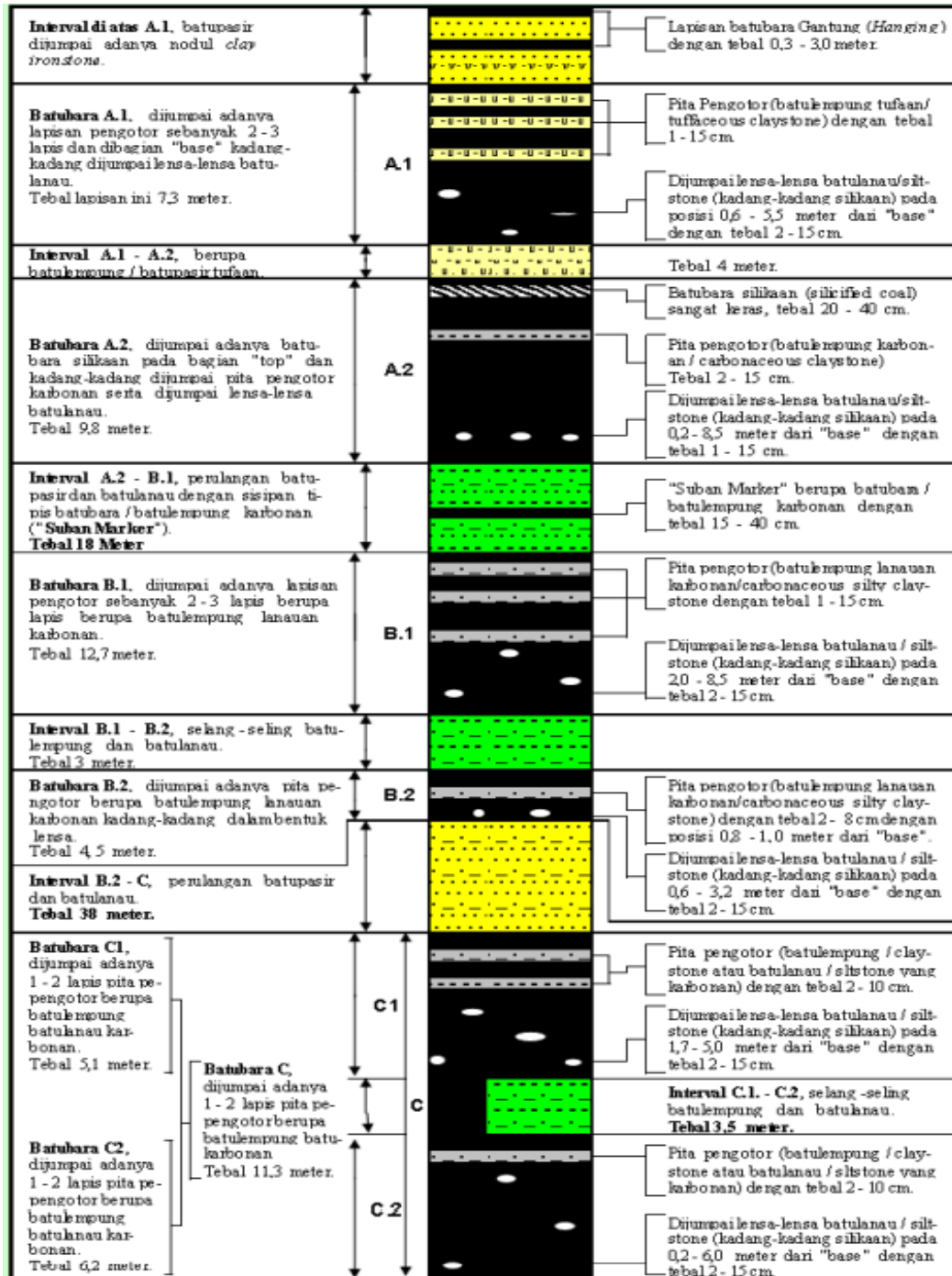
Lapisan batubara ini memiliki satu lapisan tipis batu lempung dan memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 4 m – 5 m.

9. Susunan *Interburden* B2 – C

Lapisan ini memiliki batu lanau, batu pasir, dan sisipan batu lanau lempungan serta terdapat mineral glaukonitan dan memiliki ketebalan lapisan berkisar 25 m – 40 m.

10. Susunan Batubara C

Lapisan batubara ini adalah lapisan tunggal serta banyak ditemukan lensa di batu lanau dengan sifat silikaan dan memiliki warna mirip dengan batubara yang merupakan lapisan pengotor dan memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 7 m – 10 m.



Gambar 5. Penampang stratigrafi dan litologi Banko Barat tanpa skala (PT. Bukit Asam Tbk., 2007)

### III. TEORI DASAR

#### 3.1 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.

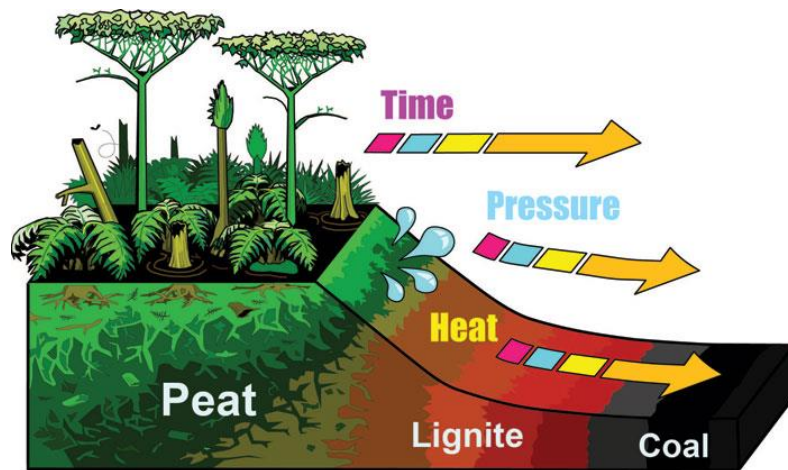
Batubara (*coal*) merupakan batuan sedimen batuan organik yang memiliki sifat mudah terbakar dan terbentuk dari sisa tanaman dalam jangka waktu yang panjang (puluhan sampai ratusan juta tahun) yang diikuti dengan senyawa anorganik paling utama faktor mineral yang berasal dari lempung, pasir kuarsa, batu kapur serta sebagainya (Pratiwi, Afroza). 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 lignit 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*) ( $C_{60}H_6O_{34}$ ), 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 6.** Proses pembentukan batubara (Mayang, 2012 dalam 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 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, A dan Usman, D. N. (2016), rumus yang digunakan untuk mengubah basis adb menjadi dmmf, sebagai berikut:

$$FC \text{ (dmmf)} = \frac{(FC - (0,15 \times TS)) \times 100}{100 - (M + (1,08 \times A) + (0,55 \times TS))} \quad (1)$$

$$VM \text{ (dmmf)} = 100 - FC \text{ (dmmf)} \quad (2)$$

$$CV \text{ (dmmf)} = \frac{(1,8185 \times CV \text{ (adb)} - (50 \times TS)) \times 100}{100 - (M + (1,08 \times A) + (0,55 \times TS))} \quad (3)$$

Keterangan :

FC = Fixed Carbon (adb)

VM = Volatile Matter (adb)

CV = Calorific Value (adb)

M = Moisture (adb)

A = Ash (adb)

TS = Total Sulphur (adb)

Dmmf = Keadaan tanpa mineral pengotor

Adb = Keadaan kelembaban udara sekitarnya

**Tabel 1.** Klasifikasi Batubara menurut ASTM D-388, 1981

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
<b>III</b> <b>SUB-</b> <b>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).

### 3.3.2 Analisis Ultimat

Analisis Ultimat ialah analisis yang diterapkan untuk memastikan kandungan unsur-unsur kimia yang ada pada batubara, semacam C

(karbon), H (hidrogen), O (oksigen), N (nitrogen), S (sulfur), analisis ini dapat digunakan untuk mengenali struktur senyawa ataupun kemurnian. Informasi analisis terdiri dari kadar air *external*, kadar air senyawa dengan kadar oksigen (O), hidrogen, karbon, sulfur, dan nitrogen (Rewu, 2015).

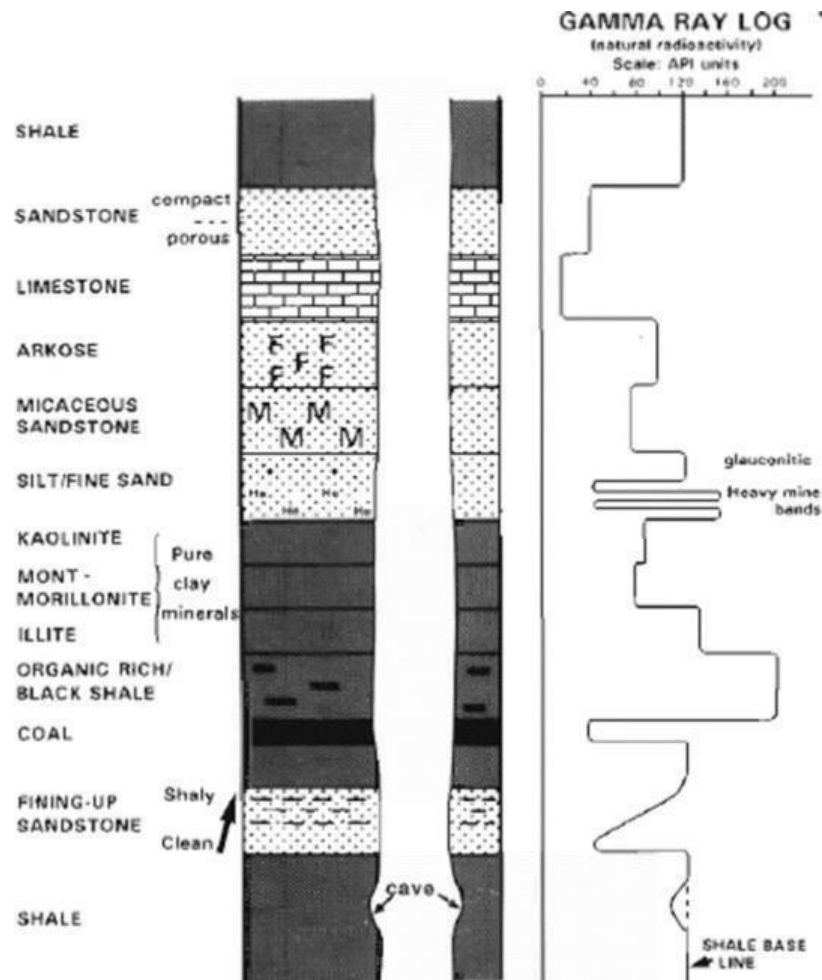
### **3.4 Metode *Well Logging***

Metode *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). Metode *Well Logging* bisa mengenali cerminan dari dasar permukaan tanah, ialah bisa mengenali serta mengidentifikasi batuan yang mengelilingi lubang bor tersebut (Widarsono, 1998). 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. (Djunaedi, 2001 dalam Faisal dkk., 2012).

#### **3.4.1 *Log Gamma Ray***

*Log Gamma Ray* (GR) ialah sesuatu kurva yang menunjukkan besaran intensitas radioaktif yang terdapat dalam formasi. *Log gamma ray* bekerja dengan merekam radiasi sinar gamma alamiah batuan, sehingga dapat menentukan endapan mineral radioaktif (Maulana, 2016). Prinsip kerja *log gamma ray* ialah perekaman radioaktif natural bumi, untuk mengukur serta mencatat intensitas radioaktif natural yang didapatkan pada formasi yaitu selaku guna hasil peluruhan radioaktif yang ada dalam formasi batuan.

Dalam formasi, batuan sedimen mempunyai sifat radioaktif yang besar, terutama pada mineral *clay*. Batuan sedimen unsur-unsur radioaktif banyak terdapat pada serpih dan batu lempung, sehingga besar kecilnya intensitas radioaktif akan menampilkan terdapat tidaknya mineral *clay*.



**Gambar 7.** Respon gamma ray log terhadap batuan (Rider, 2002)

Menurut (Yunafriison, dkk., 2018), kegunaan *Log Gamma Ray* secara umum antara lain:

- Evaluasi kandungan serpih (Vshale).
- Menentukan lapisan *permeable* dan *impermeable* berdasarkan sifat radioaktif.
- Evaluasi mineral bijih yang radioaktif.
- Evaluasi lapisan mineral non-radioaktif.
- Korelasi log pada sumur berselubung.
- Korelasi antar sumur untuk analisis elektrofasis.



**Tabel 2.** Respon radioaktif dari litologi perlapisan batuan (Haryono, 2010)

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

Batubara memiliki reaksi *gamma ray* yang rendah sebab batubara memiliki unsur-unsur radioaktif natural yang rendah. Namun terkadang dalam pembacaan *gamma ray* lebih besar pada batubara sebab batubara tersebut memiliki mineral lempung yang kaya akan unsur radioaktif alami (Ardhityasari, 2017).

### 3.4.2 *Log Density*

*Log density* ialah suatu kurva yang menunjukkan besarnya densitas (*bulk density*) dari batuan yang ditembus lubang bor dengan satuan  $\text{gr/cm}^3$ . 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

berarti semakin banyak dan padat butiran/mineral penyusun batuan persatuan volume.

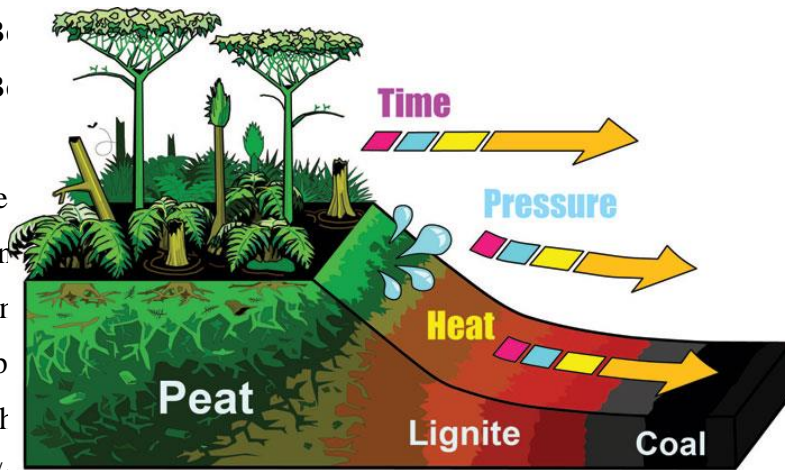
Menurut (Ardhityasari, 2017), ukuran energi yang diterima oleh detektor bergantung pada:

a. Besarnya densitas matriks batuan.

b. B

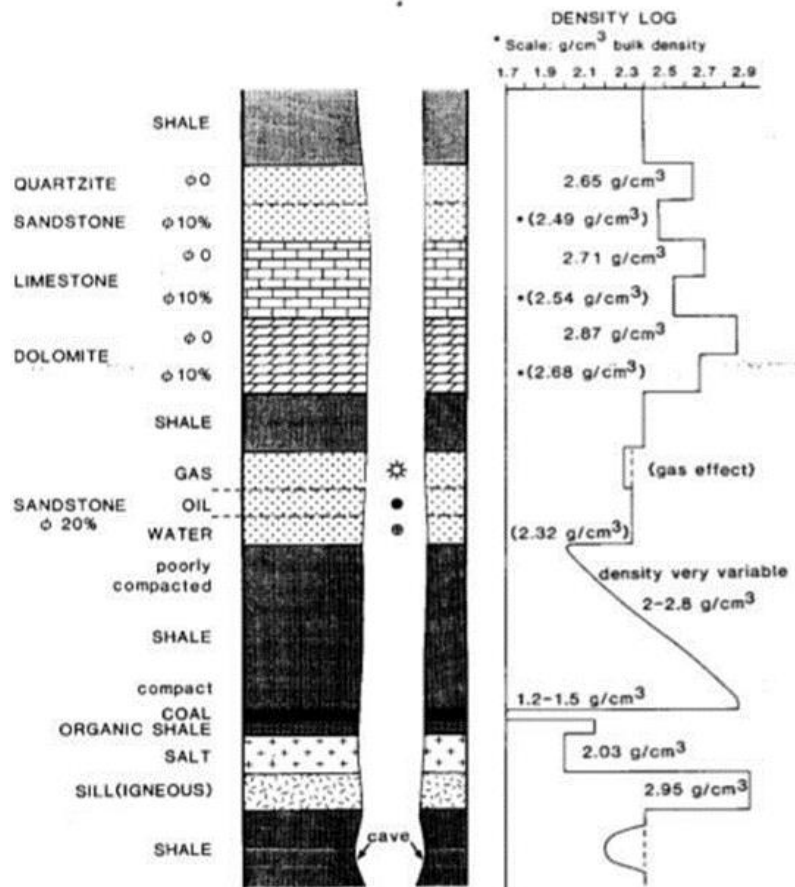
c. B

Pada  
dikare  
batuan  
Satuar  
memp  
diubah



hal ini  
matriks  
batuan.  
untuk  
na CPS  
an nilai

gram/cc. Apabila nilai CPS besar, maka dalam satuan gram/cc akan menampilkan nilai yang kecil (Putro dkk, 2018).



Gambar 8. Respon log density terhadap batuan (Rider, 2002)

### 3.4.3 Deskripsi Data *Well Logging*

Interpretasi informasi *logging*, dikerjakan dengan analogi antara informasi *logging* serta foto data *core*. Kurva *log gamma ray* serta *log density* digunakan untuk menginterpretasikan jenis litologi batuan, dimana bersumber pada informasi lapangan yang didapatkan biasanya litologi batuan yang ditemui merupakan tipe batu lempung (*claystone*), batu lanau (*siltstone*), batupasir (*sandstone*), serta batubara sinkron dengan formasi geologi area penelitian. *Log gamma ray* akan menunjukkan nilai yang besar secara signifikan yang menunjukkan litologi batu lempung (*claystone*), lalu nilai dibawahnya merupakan jenis litologi batu lanau (*siltstone*), sedangkan pada litologi batupasir relatif rendah serta batubara memiliki nilai *gamma ray* sangat rendah, hal ini diakibatkan oleh faktor radioaktif yang terkena radiasi sinar gamma (Iswati, 2012). Interpretasi informasi log dilaksanakan untuk memastikan litologi pada tiap kedalaman dibawah permukaan serta untuk memastikan besarnya nilai log densitas pada setiap lapisan batubara.

Menurut (Adrian dkk., 2018), karakteristik beberapa batuan berdasarkan *log gamma ray* dan *log density* adalah sebagai berikut:

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

### 3.5 *Stripping Ratio*

*Stripping ratio* merupakan analogi antara nilai volume susunan tanah penutup (*overburden*) dengan jumlah *tonase* batubara (*coal*). *Stripping ratio* ialah salah satu aspek untuk memastikan keekonomian cadangan batubara, dimana

semakin besar nilai *stripping ratio* maka semakin banyak *overburden* dan *interburden* yang harus digali sehingga kurang menguntungkan, dan begitu pula sebaliknya (Megasari, 2012). *Stripping ratio* dapat menunjukkan analogi antara volume/tonase *overburden* dan *interburden* dengan volume/tonase batubara di area yang akan ditambang. Menurut Wuryadi (2019), rumusan umum yang kerap digunakan untuk melakukan perbandingannya, yaitu sebagai berikut :

$$\textit{Stripping ratio} = \textit{coal (ton) : overburden/interburden (ton)} \quad (4)$$



## 4.2 Alat dan Bahan

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

1. Laptop
2. Data log (\*.WCL)
3. Data foto *core*
4. Data parameter kualitas batubara
5. *Software WellCAD 5.3*
6. *Software Rockworks 20*
7. *Software Arcgis 10.8*
8. *Software Microsoft Word 2019*
9. *Software Microsoft Excel 2019*

## 4.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

### 1. Pengolahan Data

Pengolahan data dengan format \*.WCL dilakukan menggunakan *Software WellCAD 5.3*. Penelitian ini digunakan 6 data sumur. Pengolahan data dilakukan untuk membuat picking litologi berdasarkan *log gamma ray* dan log densitas serta foto data *core* pendoran.

### 2. Menentukan Kualitas dan Volume Batubara

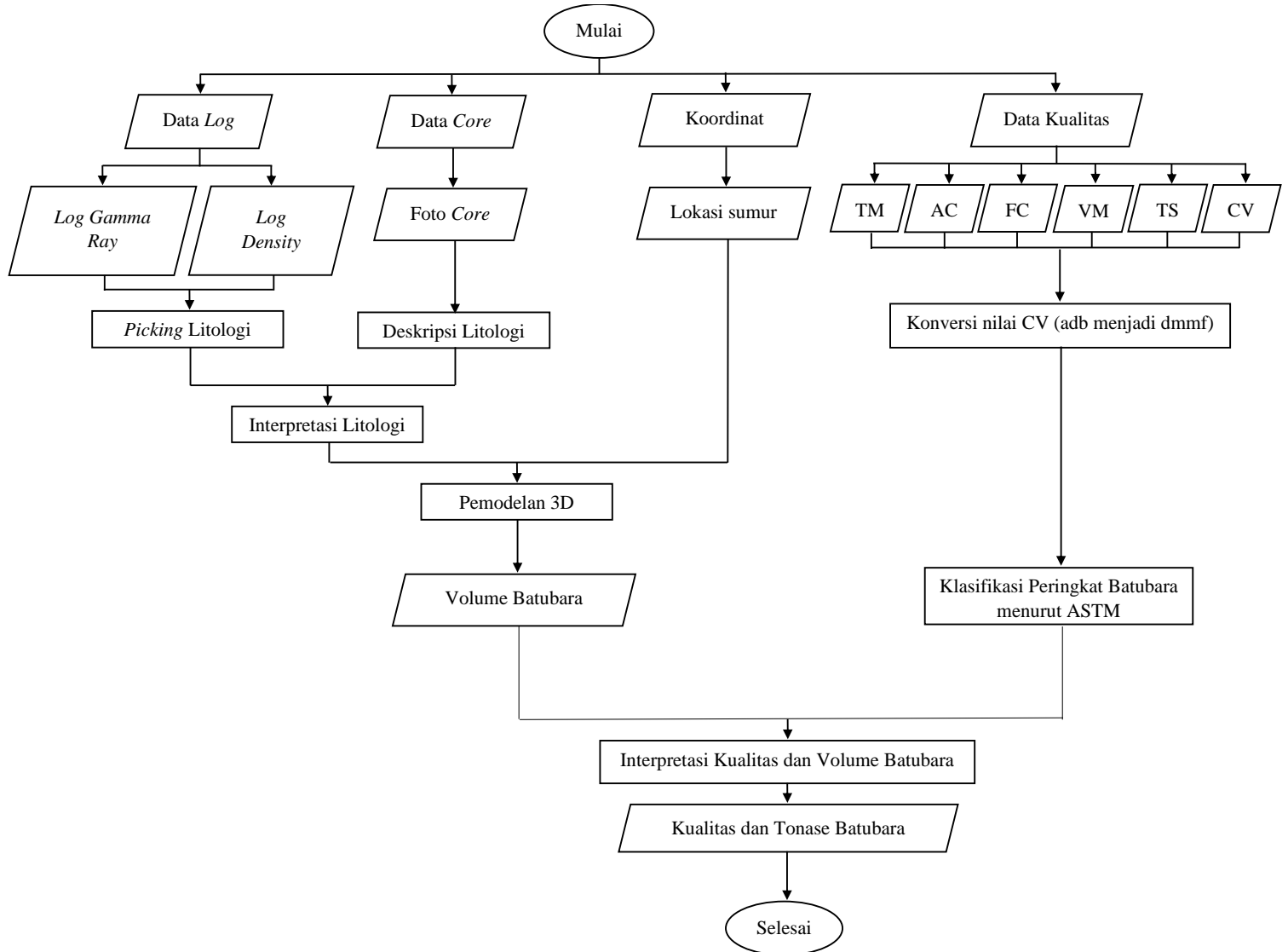
Dilakukan penentuan kualitas batubara dengan menggunakan analisis proksimat (TM, AC, FC, VM, TS, dan CV), selanjutnya dilakukan penentuan volume batubara menggunakan *software rockworks*.

### 3. Interpretasi

Interpretasi dilakukan untuk mengetahui kualitas batubara menurut klasifikasi ASTM D-388 menggunakan nilai kalori dan selanjutnya dilakukan penentuan nilai tonase batubara pada area penelitian.

#### 4.4 Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian ini sebagai berikut:



**Gambar 9.** Diagram alir penelitian

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

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

1. Penelitian dilakukan menggunakan 6 data titik sumur bor dengan lapisan batubara pada sumur AY sangat bervariasi. Lapisan batubara pada *seam* A1 memiliki nilai rata-rata ketebalan 10,76 m, *seam* A2 memiliki nilai rata-rata ketebalan 9,27 m, *seam* B1 memiliki nilai rata-rata ketebalan 12,37 m, *seam* B2 memiliki nilai rata-rata ketebalan 4,47 m, dan *seam* C memiliki nilai rata-rata ketebalan 9,56 m.
2. Kualitas batubara pada sumur AY dengan lapisan batubara A1, A2, B1, B2, dan C sangat bervariasi dan termasuk ke dalam kualitas sedang hingga tinggi, berdasarkan ASTM D-388 kualitas pada area penelitian adalah *bituminous high volatile C* dengan nilai kalori berkisar antara 11.529 btu/lb – 12.498 btu/lb atau 5.201 kcal/kg – 5.438 kcal/kg dan *sub-bituminous A* dengan nilai kalori berkisar antara 11.046 btu/lb – 11.377 btu/lb atau 4.810 kcal/kg – 5.302 kcal/kg.
3. Hasil perhitungan volume batuan menggunakan *software rockworks*, sumur AY dengan luas area 448,32 hektar memiliki nilai tonase batubara sebesar 4.214.985 ton serta *overburden* pada sumur AY memiliki nilai tonase sebesar 6.547.701 ton. Berdasarkan nilai *stripping ratio* yang diperoleh pada area penelitian, dapat diketahui bahwa *stripping ratio* (SR)  $Coal : OB = 1 : 1,6$  dan *stripping ratio* (SR)  $Coal : OB$  dan  $IB = 1 : 3$ .



## 6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan yaitu dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperkirakan estimasi sumberdaya dan cadangan batubara agar dapat menentukan nilai keekonomian batubara pada area penelitian.

## 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
- Adrian, D., Dewanto, O., dan Mulyatno, B. S. 2018. Identifikasi Dan Estimasi Sumber Daya Batubara Menggunakan Metode Poligon Berdasarkan Interpretasi Data Logging Pada Lapangan ”ADA”, Sumatera Selatan. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 4(1), 73–87.
- American Society for Testing and Material*. 1981. Op Cit Wood et al
- 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. *Skripsi*. 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.
- 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.

- Diessel, C.F.K. 1992. *Coal-Bearing Depositional System*. Springer-Verlag. Berlin -Heidelberg.
- Energi, E. 2022. Cadangan Batubara RI 31,7 Miliar Ton Per-Januari 2022, <https://edco.id/esdm-cadangan-batu-bara-ri-317-miliar-ton-per-januari-2022>, dikutip pada 04 Juli 2022 pukul 09.37 WIB
- 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.
- Haryono, A. 2010. Interpretasi Pola Sebaran Lapisan Batubara Berdasarkan Data Log Gamma Ray. *Universitas Mulawarman*, 6(2).
- Hulwani, Z. 2016. Optimalisasi Lereng Galian Banko Barat PIT 2 Tahun 2016 di PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. Unit Pertambangan Tanjung Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Skripsi*. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Islamy, F. 2016. Geologi dan Pola Sebaran serta Kemenerusan Lapisan Batubara Daerah Gunung Megang, Kecamatan Gunung Megang, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta.
- 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.
- 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.

- Maulana, M. I. 2016. Analisis Petrofisika Dan Perhitungan Cadangan Lapangan “Kaprasida” Formasi Baturaja Cekungan Sumatera Selatan. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Megasari, N. M. Y. 2012. Perhitungan Sumberdaya Batubara Berdasarkan Data Logging Dan Pemboran Di Kecamatan Lawang Kidul, Sumatera Selatan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Millenia, T., Alimuddin, dan Zulkarnain, D. A. 2020. Interpretasi Data Logging Geofisika Dan Hubungannya Terhadap Nilai Kalori Batubara Di Daerah Tambang Banko Barat PIT 1 Pt. Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *PROSIDING TPT XXIX PERHAPI*, 811–818.
- Mursalin, S., Tambupolon, G., & 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. *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 2022 pukul 15.13 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.
- 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.
- Rewu, O. 2015. *Panduan Praktis Analisis Kelayakan Investasi Batubara*. Cetakan Pertama. Teknosian. Yogyakarta.
- Rider, M. 2002. *The Geological Interpretation of Well Logs Second Edition*. Scotland: Rider-French Consulting Ltd.
- 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.
- Sukandarrumidi, 2008. *Batubara dan Gambut*. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Widarsono, B. 1998. *Well Logging*. Program Studi Geofisika, Pascasarjana 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.
- Wuryadi, D. T. 2019. Permodelan Dan Perhitungan Prediksi Umur Volume Cadangan Batubara Pada Satu Pit Studi Kasus: Kecamatan Pengaron, Kabupaten Banjar. *Skripsi*. Institut Teknologi Nasional Malang. Malang.
- Yulianto, T., & Widodo, S. (2008). Identifikasi Penyebaran dan Ketebalan Batubara Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas. *Berkala Fisika*, 11(2), 59-66.
- Yunafrison, A., Luthfi, M., Witasta, N., dan Sufi, M. 2018. Analisis Petrofisika Reservoir Batupasir Formasi Air Benakat, Berdasarkan Data Log, Pada Lapangan “PT”, Sumatera Selatan. *Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan*, 1–12.

# **LAMPIRAN**