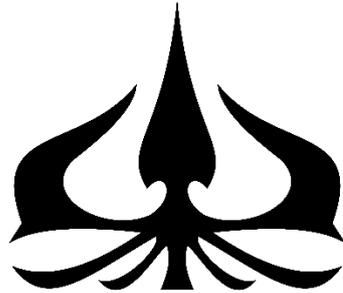


**GENESIS DAN ANALISIS KUALITAS BATUBARA
BERDASARKAN KADAR ABU, SULFUR,
DAN *RANK* PADA AREA “X”, LAHAT,
SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

**Disusun sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana
Program Studi Sarjana Teknik Geologi
Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti**

Oleh
Maryam Chaerunnisa
072002000003



UNIVERSITAS TRISAKTI

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNOLOGI KEBUMIHAN DAN ENERGI
UNIVERSITAS TRISAKTI**

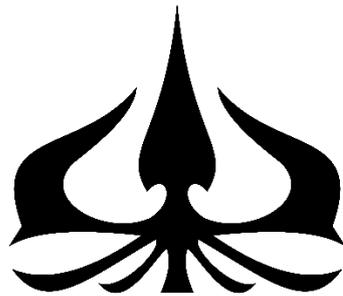
2025

**GENESIS AND ANALYSIS OF COAL QUALITY BASED ON
ASH CONTENT, SULFUR, AND RANK IN AREA "X",
LAHAT, SOUTH SUMATRA**

FINAL ASSIGNMENT

**Submitted as a requirement to obtain Undergraduate
in Geological Engineering Department
Faculty of Earth Technology and Energy, Universitas Trisakti**

**By
Maryam Chaerunnisa
072002000003**



UNIVERSITAS TRISAKTI

**GEOLOGICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF EARTH TECHNOLOGY AND ENERGY
UNIVERSITAS TRISAKTI**

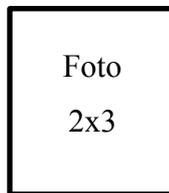
2025

LEMBAR PENGESAHAN
GENESIS DAN ANALISIS KUALITAS BATUBARA
BERDASARKAN KADAR ABU, SULFUR,
DAN *RANK* PADA AREA “X”, LAHAT,
SUMATERA SELATAN

SKRIPSI

Disusun sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana
Program Studi Sarjana Teknik Geologi
Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi, Universitas Trisakti

Oleh
Maryam Chaerunnisa
072002000003



Mengetahui,
Pembimbing Utama

(Dr. Ir. Moeh. Ali Jambak, M.T.)
NIK 1897/USAKTI

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Teknik Geologi

(Dr. Ir. Suherman Dwi Nuryana, S.T., M.T.)

NIK 2959/USAkti
LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “**Gensis dan Analisis Kualitas Batubara Berdasarkan Kadar Abu, Sulfur, dan Rank Pada Area “X” Lahat, Sumatera Selatan**”, telah dipertahankan di depan tim penguji pada hari tanggal

TIM PENGUJI

Nama Ketua Penguji	Ketua Penguji
Nama dosen wali	Pembimbing Akademik
Nama dosen Pembimbing	Pembimbing Utama
Nama dosen Pembimbing	Pembimbing Pendamping
Nama dosen Penguji 1	Anggota Penguji
Nama dosen Penguji 2	Anggota Penguji

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Geologi

Dr. Ir. Suherman Dwi Nuryana, S.T., M.T

NIK.2959/USAkti

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maryam Chaerunnisa
NIM : 072002000003
Program studi : Teknik Geologi
Fakultas : Teknologi Kebumihan dan Energi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Trisakti Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive-Royalty-Free-Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Gensis dan Analisis Kualitas Batubara Berdasarkan Kadar Abu, Sulfur, dan Rank Pada Area “X” Lahat, Sumatera Selatan

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Trisakti berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan menyebarkan skripsi saya sesuai aturan, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Tempat, tanggal/bulan/thn
(*tanggal sidang*)

Yang membuat pernyataan

Materai Rp 10.000,-

Maryam Chaerunnisa

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Usakti yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maryam Chaerunnisa

NIM : 072002000003

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul :

**GENESIS DAN ANALISIS KUALITAS BATUBARA
BERDASARKAN KADAR ABU, SULFUR, DAN RANK PADA
AREA “X” LAHAT, SUMATERA SELATAN**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Tempat, tanggal/bulan/thn

(tanggal sidang)

Yang membuat pernyataan

Materai Rp 10.000,-

Maryam Chaerunnisa

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan yang berjudul “Genesis dan Analisis Kualitas Batubara Berdasarkan Kadar Abu, Sulfur, dan *Rank* pada Area “X”, Lahat, Sumatera Selatan”. Selama pelaksanaan hingga penyusunan laporan ini, banyak pihak yang telah membantu, membimbing, dan memberikan semangat kepada penulis.

Untuk itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ir. Moeh. Ali Jambak, M.T sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing, membantu, mengarahkan, dan memberikan masukan serta nasehat kepada penulis selama pengambilan data hingga penulisan skripsi ini. Serta terima kasih juga kepada bapak Ir. Budi Wijaya., M.T. selaku pembimbing akademik penulis, juga seluruh dosen ataupun tenaga pendidik Program Studi Teknik Geologi Universitas Trisakti

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada PT. Berkah Daya Sukses *Site* PT. Banjarsari Pribumi terutama Bapak Ibnu, Bapak Kiki, Bapak Thomas, Bapak Zidan, Bapak Adit, Bapak Nanda, Bapak Egy dan Bapak Imam yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian serta memberikan data yang penulis butuhkan dan siap sedia membantu penulis ketika masih berada di lapangan hingga saat ini.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Tuhan Yang Maha Esa, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Keluarga penulis tersayang Ayah, Ibu, serta adik-adikku Bagus dan Wira yang senantiasa selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan studi serta tugas akhir ini.
2. Margaretha Inggrid, Nur Amalina, dan Raisya Ardhana yang telah menjadi *support system* penulis selama masa perkuliahan, selalu mendukung, menghibur penulis, membantu dan mendorong penulis selama masa perkuliahan sampai dengan saat ini. Terima kasih untuk segala kebaikan kalian, semoga Allah membalas kebaikan kalian dengan beribu kebaikan-Nya.
3. Teman-teman ku Sandra, Ida, dan Sherina yang telah menemani penulis sejak 12 tahun lalu, yang selalu memberi semangat hingga menghibur penulis dikala penulis merasa lelah dengan segala aktivitas. Terima kasih untuk tidak pernah bosan mendengar keluh kesah penulis.
4. Angkatan 2020 Teknik Geologi selaku teman-teman penulis yang membantu, memberi saran dan masukan serta memberikan semangat kepada penulis agar penulis dapat menyelesaikan pengambilan data serta penulisan laporan ini.
5. Bang Enrico yang telah banyak membantu dan membagikan ilmunya juga mendorong penulis untuk tetap mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini walaupun rasa malas sering menghampiri.

ABSTRAK

GENESIS DAN ANALISIS KUALITAS BATUBARA BERDASARKAN KADAR ABU, SULFUR, DAN *RANK* PADA AREA “X” LAHAT, SUMATERA SELATAN

Maryam Chaerunnisa

NIM: 072002000003

Program Studi Sarjana Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Kebumihan
dan Energi, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

Batubara yang terdapat di wilayah Sumatera Selatan umumnya menunjukkan variasi kualitas yang signifikan, dengan distribusi kandungan abu dan sulfur yang tidak merata di setiap lapisan maupun lokasi penambangan. Kualitas batubara di daerah ini dipengaruhi oleh berbagai proses geologi selama pembentukannya, termasuk faktor-faktor seperti umur geologi, lingkungan pengendapan, serta tingkat metamorfisme yang terjadi di bawah permukaan bumi. Pengelolaan batubara dengan kandungan abu dan sulfur tinggi membutuhkan perhatian khusus, terutama dalam penerapan teknologi pembakaran yang efisien dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas batubara berdasarkan kadar abu, sulfur, dan *rank* pada area "X" di Lahat, Sumatera Selatan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai keterkaitan antara karakteristik geologi, kadar abu, sulfur, dan *rank* batubara, serta implikasinya terhadap kualitas batubara dalam aplikasi industri. Pada penelitian ini menggunakan pendekatan melalui metode penggabungan antara data *log gamma ray* dengan data uji proksimat yang kemudian menghasilkan kesimpulan berupa faktor yang mempengaruhi kadar abu, sulfur, dan *rank* di daerah penelitian serta dapat menganalisis pembentukan kadar abu serta sulfur dan juga mengetahui faktor geologi yang mempengaruhinya. penelitian ini diharapkan dapat mengetahui faktor geologi yang mempengaruhi besarnya kadar abu, sulfur, dan *rank* pada batubara sehingga dapat memberikan informasi kualitas batubara kepada perusahaan serta referensi untuk para peneliti selanjutnya.

Kata kunci: kadar abu, sulfur, *rank*, *log gamma ray*

ABSTRACT

GENESIS AND ANALYSIS OF COAL QUALITY BASED ON ASH AND SULFUR CONTENT IN AREA "X" LAHAT, SOUTH SUMATRA

Maryam Chaerunnisa

Nim: 072002000003

Study Program of Geology Engineering, Faculty Of Earth Technology and Energy, Trisakti University, Jakarta, Indonesia

The coal found in the South Sumatra region generally exhibits significant quality variations, with uneven distribution of ash and sulfur content across different layers and mining locations. The quality of coal in this area is influenced by various geological processes during its formation, including factors such as geological age, depositional environment, and the degree of metamorphism occurring beneath the Earth's surface. Managing coal with high ash and sulfur content requires particular attention, especially in the application of efficient and environmentally friendly combustion technologies. This study aims to evaluate coal quality based on ash content, sulfur content, and rank in the "X" area of Lahat, South Sumatra. The findings are expected to provide deeper insights into the relationship between geological characteristics, ash content, sulfur content, and coal rank, as well as their implications for coal quality in industrial applications. This research employs an integrated approach by combining gamma-ray log data with proximate analysis results, leading to conclusions regarding the factors influencing ash, sulfur, and rank in the study area. Moreover, it analyzes the formation of ash and sulfur content while identifying the geological factors affecting them. The study is anticipated to reveal the geological factors that determine the levels of ash, sulfur, and rank in coal, thereby providing coal quality information for companies and serving as a reference for future researchers.

Keyword: ash, sulphur, rank, log gamma ray

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Maksud Dan Tujuan Penelitian	2
I.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	3
I.6 Peneliti Terdahulu	3
BAB II TINJAUAN UMUM.....	8
II.1 Geologi Regional.....	8
II.1.1 Fisiografi Regional Cekungan Sumatera Selatan	9
II.1.2 Stratigrafi Regional Cekungan Sumatera Selatan.....	10
II.1.3 Struktur Geologi dan Tektonik Cekungan Sumatera Selatan	13
II.2 Geologi Regional Daerah Penelitian	14
II.2.1 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian	14
II.2.2 Struktur Geologi dan Tektonik Daerah Penelitian.....	15
II.3 Teori Dasar.....	15
II.3.1 Batubara dan Proses Pembentukannya	15
II.3.2 Komponen-Komponen Pembentuk Batubara	18
II.4 Klasifikasi Batubara.....	18
II.4.1 Klasifikasi Litotipe Batubara	20
II.4.2 Analisis Kualitas Batubara.....	22
II.4.5 Lingkungan Pengendapan Batubara	24
II.4.6 Jenis Maseral Batubara	27
II.4.7 Genesa Mineral Batubara.....	30
II.4.8 Faktor Geologi Terhadap Pembentukan Batubara.....	31
II.5 Metode Eksplorasi Well Logging Batubara.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
III.1 Metodologi Penelitian	36
III.1.1 Metode Analisis Kadar Abu, Sulfur, dan Rank Batubara.....	36
III.2 Diagram Alir Penelitian.....	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
IV.1 Data Penelitian.....	39
IV.2 Analisis Singkapan	39
IV.2.1 Lokasi Pengamatan 1.....	41
IV.2.2 Lokasi Pengamatan 2.....	42
IV.2.3 Lokasi Pengamatan 3.....	43
IV.2.4 Lokasi Pengamatan 4.....	44
IV.2.5 Lokasi Pengamatan 5.....	45
IV.3 Karakteristik Batubara Daerah Penelitian	45
IV.3.1 Karakteristik Data Analisis Proksimat	45
IV.3.2 Peringkat Batubara	48
IV.4 Analisis Data <i>Well</i> Daerah Penelitian.....	50
IV.4.1 Analisis Data <i>Well</i> DPM01R.....	50
IV.4.2 Analisis Data <i>Well</i> DPM-19	51
IV.5 Genesis dan Analisis Kualitas Batubara.....	53
IV.5.1 Hubungan <i>Gamma Ray</i> dengan Kadar Abu, Sulfur, dan <i>Rank</i> Terhadap Genesis dan Kualitas Batubara Daerah Penelitian	53
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 57
V.1 Kesimpulan	57
 DAFTAR PUSTAKA	 58
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Daftar Peneliti Terdahulu	3
Tabel II.1 Klasifikasi Batubara Berdasarkan (ASTM-D388 2004).	19
Tabel II.2 Grup Maseral Berdasarkan Standard Australias (AS 2856 – 1986).....	28
Tabel II. 3 Indikator Fasies Batubara Berdasarkan Standard Australias (AS 2856 – 1986).	28
Tabel II.4 Genesa Mineral Batubara (Murchison dan Westoll, 1968).....	31
Tabel IV. 1 Hasil Analisis Proksimat PT. Banjarsari Pribumi.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Peta Kerangka Tektonik Pulau Sumatera (Bishop, M.G., 2001).....	9
Gambar II.2 Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan.....	12
Gambar II.3 Seam batubara anggota Formasi Muara Enim.....	13
Gambar II.4 Peta Geologi Regional PT. Banjarsari Pribumi (2022).	14
Gambar II.5 Proses pembentukan batubara (Kentucky Geological Survey, 2012).	16
Gambar II.6 Litotipe Batubara (Diessel,1965).....	21
Gambar II.7 Lingkungan Pengendapan Batubara (Horne et al., 1978).....	25
Gambar II.8 Profil Lingkungan Pengendapan Batubara (Horne et al., 1978).....	26
Gambar II. 9 Sayatan Petrografi Seam J Formasi Muara Enim.....	30
Gambar II. 10 Respon Log Gamma Ray Terhadap Sekuen Litologi (Hower, 2004).	34
Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian.	38
Gambar IV.1 Peta Lintasan Area “X” PT. Banjarsari Pribumi.....	39
Gambar IV. 2 Peta Geologi Area "X" PT. Banjarsari Pribumi.....	40
Gambar IV. 3 Lokasi Pengamatan Singkapan 1 (1a) Arah Orientasi dan Bentuk Singkapan,.....	41
Gambar IV. 4 Lokasi Pengamatan Singkapan 2 (2a) Arah Orientasi dan Bentuk Singkapan,.....	42
Gambar IV. 5 Lokasi Pengamatan Singkapan 3. (3a) Arah Orientasi dan	43
Gambar IV. 6 Lokasi Pengamatan Singkapan 4. (4a) Arah Orientasi dan	44
Gambar IV. 7 Lokasi Pengamatan Singkapan 5 . (5a) Arah Orientasi dan	45
Gambar IV. 8 Diagram Jaring Hasil Analisis Proksimat.	47
Gambar IV. 9 Interpretasi <i>Well</i> DPM01R Kedalaman 0-13.	50
Gambar IV. 10 Interpretasi <i>Well</i> DPM01R Kedalaman 13-39.	51
Gambar IV. 11 Interpretasi <i>Well</i> DPM01R Kedalaman 52-75.	51
Gambar IV. 12 Hubungan <i>Gamma Ray</i> dengan <i>Rank</i>	52
Gambar IV. 13 Hubungan <i>Gamma Ray</i> dengan <i>Ash</i>	53
Gambar IV. 14 Hubungan Total Sulphur dengan Ash.....	54
Gambar IV. 15 Hubungan <i>Total Sulphur</i> dengan <i>Rank</i>	55

DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
adb	<i>Air Dried Based</i>	2
ar	<i>As Received</i>	2
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>	18
CV	<i>Calorific Value</i>	46
dmmf	<i>Dry Mineral Matter Free</i>	2
FC	<i>Fixed Carbon</i>	46
IM	<i>Inherent Moisture</i>	46
mmf	<i>Mineral Matter Free</i>	3
TM	<i>Total Moisture</i>	46
TS	<i>Total Sulphur</i>	46
VM	<i>Volatile Matter</i>	46

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang

Batubara merupakan salah satu sumber energi utama di Indonesia, khususnya pada sektor pembangkit listrik dan industri. Sebagai salah satu negara penghasil batubara terbesar di dunia, Indonesia memiliki cadangan batubara yang melimpah, dengan mayoritas produksinya berasal dari Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan. Provinsi Sumatera Selatan, yang terletak di bagian selatan Pulau Sumatera, diakui sebagai salah satu wilayah penghasil batubara utama di Indonesia, dengan potensi yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan energi domestik maupun internasional.

Kualitas batubara yang dihasilkan di Sumatera Selatan bervariasi, tergantung pada kandungan unsur-unsur yang terdapat di dalamnya, seperti kadar abu dan sulfur. Kadar abu merujuk pada sisa material yang tidak terbakar selama proses pembakaran dan dapat menurunkan efisiensi konversi energi serta memengaruhi kualitas batubara dalam proses pembakaran. Di sisi lain, kadar sulfur yang tinggi dapat menghasilkan emisi gas sulfur dioksida (SO_2) yang berpotensi merusak lingkungan dan peralatan industri melalui pembentukan asam. Oleh karena itu, kadar abu dan sulfur dalam batubara menjadi faktor krusial yang mempengaruhi penggunaannya, baik dalam hal efisiensi energi, dampak lingkungan, maupun biaya operasional.

Batubara yang ditemukan di Sumatera Selatan umumnya menunjukkan variasi kualitas, dengan kandungan abu dan sulfur yang tersebar tidak merata di setiap lapisan atau lokasi penambangan. Sebagian besar batubara di daerah ini salah berasal dari Formasi Muara Enim, yang memiliki kandungan batubara dengan variasi tinggi dalam kadar abu dan sulfur. Kualitas batubara di Sumatera Selatan dipengaruhi secara signifikan oleh proses geologi yang berlangsung selama pembentukan batubara termasuk faktor-faktor seperti umur geologi, lingkungan pengendapan, serta proses metamorfisme yang terjadi di bawah permukaan bumi. Pengelolaan batubara dengan kandungan abu dan sulfur tinggi memerlukan perhatian khusus, terutama dalam penerapan teknologi pembakaran yang efisien dan ramah lingkungan. Batubara dengan kadar abu tinggi dapat menyebabkan

akumulasi endapan yang mengganggu kinerja peralatan pembangkit listrik, sementara batubara dengan kadar sulfur tinggi berpotensi menghasilkan emisi gas sulfur dioksida (SO_2) yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta merusak lingkungan. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih lanjut mengenai pengaruh kadar abu dan sulfur terhadap kualitas batubara menjadi sangat penting, terutama bagi industri yang mengandalkan batubara sebagai sumber energi utama.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis genesis serta kualitas batubara berdasarkan kadar abu, sulfur, dan *rank* pada area “X” Lahat, Sumatera Selatan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan antara karakteristik geologi, kadar abu, sulfur, dan *rank* dalam batubara, serta dampaknya terhadap kualitas batubara yang digunakan dalam sektor industri. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan sumber daya batubara secara berkelanjutan, sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa yang menyebabkan proses peningkatan *rank*?
2. Faktor geologi apa mempengaruhi besarnya kadar abu pada daerah penelitian?
3. Mengapa kadar abu dan kandungan sulfur pada daerah penelitian memiliki nilai yang cukup besar?

I.3 Maksud Dan Tujuan Penelitian

Melalui penelitian ini, penulis bermaksud untuk mengetahui pengaruh struktur terhadap kualitas batubara di Area “X”. Adapun tujuan dari penelitian ini yakni sebagai berikut:

1. Mengetahui apa yang mempengaruhi kadar abu, sulfur, dan *rank* pada daerah penelitian
2. Menganalisis asal pembentukan kandungan sulfur dan kadar abu pada batubara daerah penelitian.
3. Mengetahui faktor geologi apa yang mempengaruhi besarnya kandungan

sulfur dan kadar abu pada daerah penelitian.

I.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini membatasi penelitian pada besarnya kadar abu, sulfur, dan *rank* yang disebabkan oleh pengaruh faktor geologi berupa material organik dan lingkungan pengendapan yang dapat mempengaruhi kualitas batubara pada daerah penelitian.

I.5 Manfaat Penelitian

Output dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui faktor geologi yang mempengaruhi besarnya kadar abu, sulfur, dan *rank* pada batubara sehingga dapat memberikan informasi kualitas batubara kepada perusahaan serta referensi untuk para peneliti selanjutnya.

I.6 Peneliti Terdahulu

Penelitian ini mengacu kepada beberapa referensi dari penelitian terdahulu seperti yang tercantum pada (Tabel I.1) sebagai berikut:

Tabel I. 1 Daftar Peneliti Terdahulu

No.	Nama Penulis	Publikasi	Tahun	Judul
1	Wahyu Probo Ananto, Dardji Noeradi, Dwiharso Nugroho	<i>Bulletin of Geology</i>	2023	Analisis Peringkat dan Lingkungan Pengendapan Lapisan Batubara Bawah Permukaan Formasi Muara Enim di Area Ogan Komering, Cekungan Sumatera Selatan
2	Dian Agus Widiarso, Faiq Nirmala	<i>Research Gate</i>	2022	Analisa Kualitas dan Sumberdaya Batubara Lapangan X, PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.,

				Tanjung Enim, Sumatera Selatan
3	Istigfar Ramadhana, Undang Mardiana, Budi Muljana, Hendra Maulana Irvan	<i>Padjajaran Geoscience Journal</i>	2022	Fasies Pengendapan Batubara Formasi Muara Enim di Tamabang Air Laya, Cekungan Sumatera Selatan
4	Muhammad Gusti Sagala, Basuki Rahmad	Jurnal Ilmiah Geologi Pangea	2022	Geologi dan Kualitas Batubara Seam A2 Formasi Muara Enim Berdasarkan Data Log Daerah Muara Enim, Sumatera Selatan
5	Amirul Hilmi, Andi Maria Ulfa, Sulaimansyah	<i>Indonesian Journal of Engineering</i>	2021	Analisis Proksimat, Kandungan Sulfur dan Nilai Kalor dalam Penentuan Kualitas Batubara
6	Muhammad Algadri Nafian, Yan Rizal	<i>Bulletin of Geology</i>	2021	Geologi Batubara Dearah Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan
7	Monita, A. P., Aryanto, N. C., Ashari, Y.	Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara.	2021	Kajian lingkungan pengendapan batubara berdasarkan analisis petrografi organik pada Formasi Muara Enim, Cekungan Sumatera Selatan.

7	Tasya Millenia, Alimuddin, Dimas Allan Zulkarnain	<i>Prosiding TPT XXIX PERHAPI</i>	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
8	Muhammad Agil Fadhili, Ansosry	Journal Mining Engineering; Bina Tambang	2019	Analisis Pengaruh Perubahan Nilai <i>Total Moisture, Ash Content</i> dan <i>Total Sulphur</i> Terhadap Nilai Kalori Batubara Bb-50 Di Tambang Banko Barat Pt. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim Sumatera Selatan
9	Asep B. Purnama, Siti Salinita, Sudirman, Yoga A. Sendjaja, Budi Muljana	Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara	2018	Penentuan Lingkungan Pengendapan Lapisan Batubara D, Formasi Muara Enim, Blok Suban Burung, Cekungan Sumatera Selatan
10	Siska Linda Sari, Mutia Armilia Rahmawati, Alan Triyoga, Idar Wati	<i>Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology</i>	2017	<i>Impact of Sulphur Content on Coal Quality at Delta Plain Depositional Environment: Case study in Geramat</i>

				<i>District, Lahat Regency, South Sumatra</i>
11	Irwansyah S., Sapto Kis Daryono, Basuki Rahmad	Jurnal Ilmiah Geologi Pangea	2016	Geologi dan Lingkungan Pengendapan Batubara Sean A1, Seam A2, dan Seam B Formasi Muara Enim Daerah Muara Tiga Besar Utara dan Sekitarnya Kecamatan Marapi, Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan
12	Adhimas Permana Putra, Ediyanto, Suprpto	Jurnal Ilmiah Geologi Pangea	2016	Geologi dan Pengaruh Intrusi Terhadap Kualias Batubara Seam A1 dan A2 Formasi Muara Enim Daerah Tambang Air Laya, Kecamatan Lawang Kidul, kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan
13	Syngeng Sapto Surjono, Ario Geger	<i>Research Gate</i>	2014	Lingkungan Pengendapan dan Dinamika Sedimentasi Formasi Muara Enim Berdasarkan Litofasies Daerah Sekayu, Sumatera Selatan
14	Agus	<i>University of</i>	1997	<i>Organic Petrology and</i>

Pujobroto

*Wollongong
Reasearch
Online*

*Geochemistry Of Bukit
Asam Coal, South
Sumatra, Indonesia*

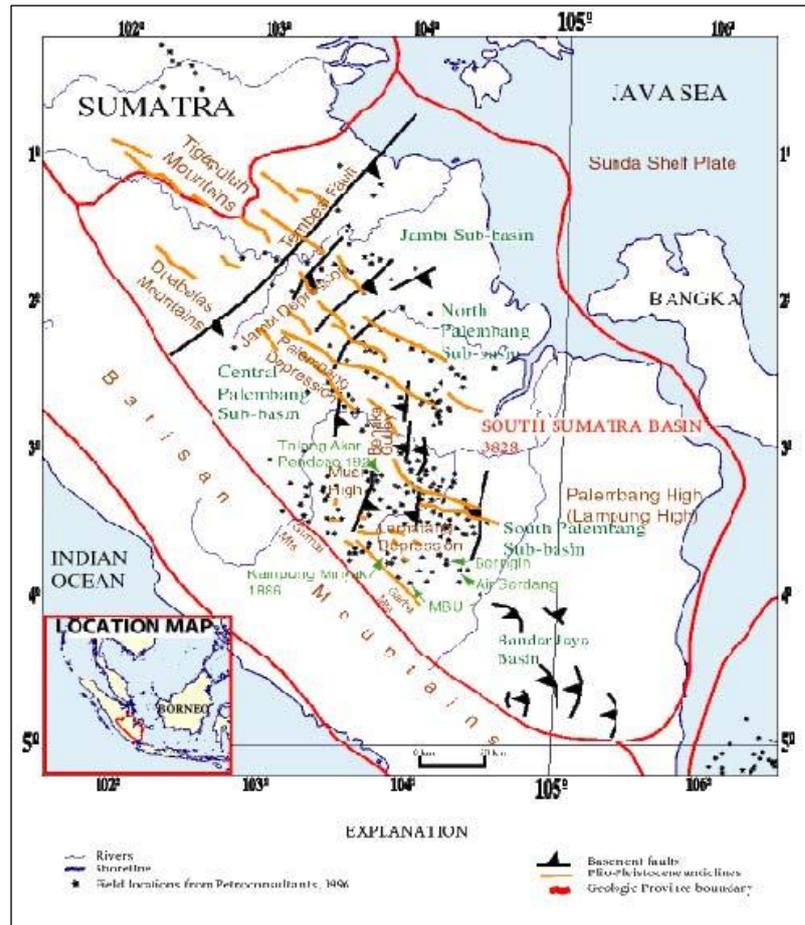
BAB II TINJAUAN UMUM

II.1 Geologi Regional

Perpanjangan dari Lempeng Asia menghasilkan Pulau Sumatera yang ada di perbatasan bagian barat daya dari Paparan Sunda. Menurut Pulunggono dan Cameron (1984) Sumatera merupakan produk dari konvergensi atau kolisi serta akresi dari beberapa lempeng benua pada Mesozoikum hingga awal Kenozoikum. Tektonik strike slip mendominasi Lempeng India maupun Lempeng Eurasia. Orientasi Pulau Sumatera yang berarah barat laut – Tenggara dan subduksi sepanjang Palung Sunda dihaikan oleh Konvergensi antar lempeng.

Pergerakan lateral mengangan dari system Sesar Sumatera disebabkan oleh akumulasi gaya dari subduksi (Fitch,1972) yang mana pola utama pergerakannya dinamakan Sistem Sesar Sumatera. Kondisi geologi dari tektonik Pulau Sumatera yang sekarang ini terjadi dalam selang waktu yang berbeda dan dalam beberapa tahap. Evolusi tektonik pulau Sumatera sebagai berikut : Kolisi antar lempeng Eurasia dan Lempeng India mengakibatkan adanya kompresi pada Mesozoik Tengah. Kemudian selama Paleosen hingga Miosen terjadi tektonik ekstensional. Setelah itu pada Miosen Awal hingga Pliosen terjadi tektonik yang relative tenang dan disertai dengan pengisian cekungan Sumatera Selatan. Berikutnya pada Pliosen hingga sekarang terjadi pengangkatan basement disertai denganteletonik kompresi dan inversi cekungan (Suhendan,1984).

Cekungan Sumatera Selatan secara langsung berkaitan dengan busur depan non vulkanik dan busur belakang vulkanik yang terjadi akibat tektonik di Pulau Sumatera. Cekungan Sumatera termasuk ke dalam cekungan busur belakang berumur Tersier yang terbentuk akibat interaksi antara Paparan Sunda (bagian lempeng kontinen asia) dan lempeng Samudera Hindia. Bagian barat cekungan ini dibatasi oleh singkapan PraTersier Bukit Barisan, di sebelah Timur dibatasi oleh Paparan Sunda (Sunda Shield), di sebelah barat dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh dan kea rah Tenggara dibatasi oleh Tinggian Lampung (Gambar II.1).



Gambar II.1 Peta Kerangka Tektonik Pulau Sumatera (Bishop, M.G., 2001).

II.1.1 Fisiografi Regional Cekungan Sumatera Selatan

Cekungan Sumatera Selatan termasuk cekungan Tersier di Indonesia yang dikategorikan sebagai cekungan paparan karena berhubungan dengan kerak benua di seluruh bagian kecuali Cekungan Kutai dan Cekungan Tarakan di Kalimantan Timur yang termasuk ke dalam *continental margin*.

Secara fisiografis bagian Selatan Pulau Sumatera dibagi menjadi Empat wilayah utama, antara lain:

1. Bukit Barisan dan Tinggian Lampung
2. Cekungan Sumatera Selatan
3. Cekungan Bengkulu termasuk area lepas Pantai yang mana letaknya antara daratan pulau Sumatera dan rangkaian pulau yang ada disisi barat Sumatera.
4. Rangkaian kepulauan disebelah barat Sumatera yang membentuk suatu busur tak bergunung api di sebelah barat pulau Sumatera.

II.1.2 Stratigrafi Regional Cekungan Sumatera Selatan

Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan terdiri atas dua fase yaitu fase transgresi dan fase regresi. Fase Transgresi dikelompokkan dalam kelompok Telisa, yang terdiri atas Formasi Lahat, Talang Akar, Baturaja dan Formasi Gumai. Sedangkan fase regresi dikelompokkan kedalam kelompok Palembang, yang terdiri atas Formasi Air Benakat, Muara Enim dan Formasi Kasai.

Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Gambar II.2) dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu kelompok batuan Pra-Tersier, kelompok batuan Tersier, dan kelompok batuan Kwartir.

Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Gambar II.2) dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu.

1. Batuan Pra-Tersier

Dasar Cekungan (Basement) terisi oleh batuan Pra-Tersier, yang terdiri dari batuan beku, sedimen dan metamorf. Pada Periode Kapur Tengah hingga Kapur Akhir diperkirakan terjadi perlipatan dan patahan yang signifikan, serta mengalami intrusi batuan beku yang terjadi selama orogenesis Mesozoikum Tengah.

2. Batuan Tersier

Sedimentasi Tersier di Cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi dua fase pengendapan, yaitu fase genang dan susut laut. Fase genang laut terdiri atas Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, Formasi Gumai yang merupakan kelompok Telisa pada rentang waktu Eosen hingga Miosen Tengah. Sementara itu, sedimen yang terbentuk pada fase regresi terdiri atas Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai yang merupakan Kelompok Palembang berumur Miosen Tengah hingga Pliosen.

a. Formasi Lahat

Formasi ini terendapkan pada umur Eosen Akhir – Oligosen Awal secara tidak selaras diatas batuan dasar tersusun oleh lapisan-lapisan tipis tuf andesitik secara bertahap berubah menjadi lempung tufan. Formasi ini tersusun atas tuf, aglomerat, batulempung, batupasir tufan, konglomerat, dan breksi.

b. Formasi Talang Akar

Di beberapa Lokasi formasi ini terendapkan pada umur Oligosen Awal – Miosen Awal secara tidak selaras dengan batuan Pra-Tersier. Formasi ini menindih

secara selaras Formasi Lahat. Tersusun atas batupasir di dominasi oleh mineral kuarsa, menunjukkan tekstur *graded bedding*. Pada lapisan teratas disusun oleh batupasir dan semakin ke atas berubah menjadi batupasir konglomerat/breksian., berselingan dengan batulempung dan lapisan batubara. Formasi ini memiliki ketebalan mencapai 300-610 meter.

C. Formasi Baturaja

Formasi ini terendapkan pada Miosen Awal secara selaras di atas formasi Talang Akar yang tersusun atas batugamping terumbu serta batupasir gampingan. Di daerah Gunung Gumai, formasi ini tersingkap secara stratigrafi dari bawah ke atas tersusun atas napal tufan, lapisan batugamping koral, dan batupasir napalan. Formasi ini terendapkan pada lingkungan laut dangkal dengan ketebalan 19-150 meter.

D. Formasi Gumai

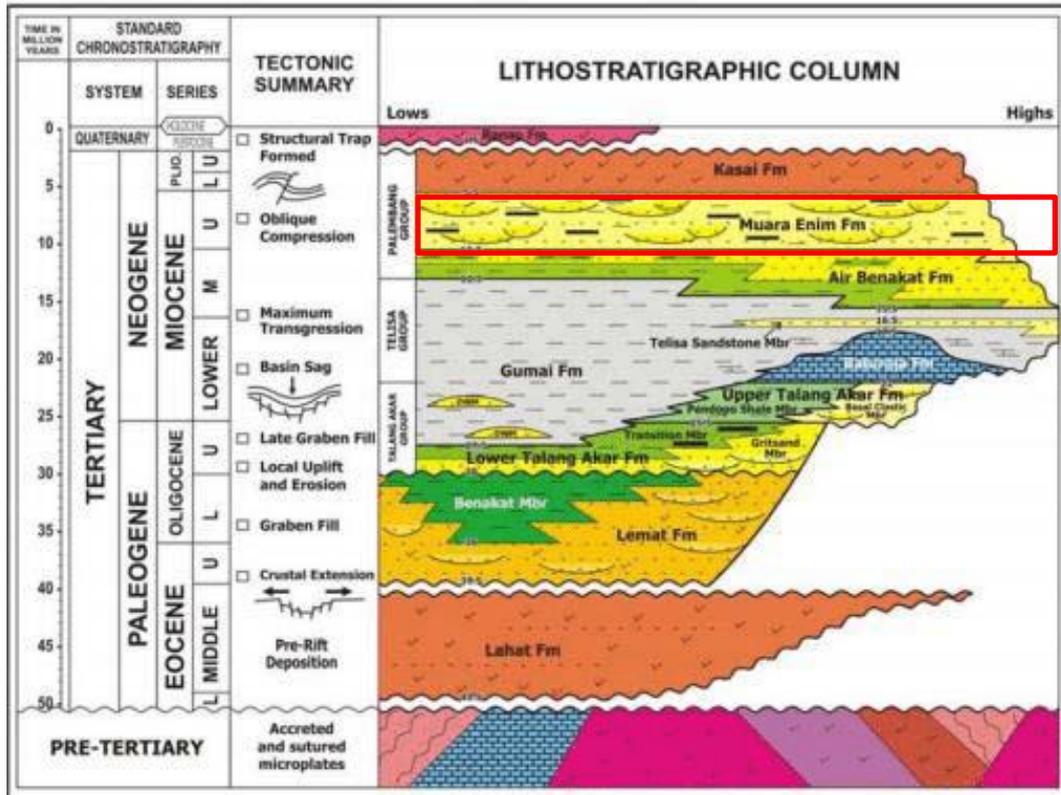
Formasi ini tersusun atas litologi napal tufan berwarna kelabu cerah hingga kelabu gelap, batupasir glaukonit, tuf, breksi tuf, lempung serpih, dan lapisan tipis batugampingan. Formasi ini terendapkan pada Miosen Awal hingga Miosen Tengah.

e. Formasi Air Benakat

Formasi ini memiliki rentang usia dari Miosen Akhir hingga Pliosen. Secara litologi, formasi ini tersusun atas batupasir tufan yang diselengi oleh lempung tufan dalam jumlah bervariasi serta batugamping napalan. Kandungan glaukonit pada batupasirnya cenderung berkurang pada lapisan yang lebih atas. Ketebalan formasi ini berkisar antara 250 hingga 1550 meter. Formasi ini terletak di antara Air Benakat dan Air Benakat Kecil, sekitar 40 kilometer ke arah utara - barat laut dari Muara Enim (Lembar Lahat).

f. Formasi Muara Enim

Formasi ini tersusun atas batulempung dan batupasir, batulempung pasir, batulempung tufan, disertai beberapa lapisan batubara berwarna merah tua gelap. Formasi ini memiliki ketebalan berkisar 450-750 meter.



Gambar II.2 Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan

(Kamal, 2005 dalam Medco, 2012).

Formasi yang mengandung lapisan batubara di Cekungan Sumatera Selatan seperti pada (Gambar II.2) meliputi Formasi Talang Akar, Air Benakat, Muara Enim, dan Kasai. Namun, Formasi Muara Enim memiliki potensi terbesar sebagai lapisan pembawa batubara, sehingga penelitian lebih difokuskan pada formasi ini. Berdasarkan kajian Shell (1978) yang di gambarkan pada (Gambar II.3), Formasi Muara Enim secara umum dibagi menjadi empat anggota, yaitu M1, M2, M3, dan M4, yang diurutkan dari lapisan paling bawah hingga lapisan paling atas berdasarkan karakteristik lapisan batubaranya serta tiap anggota mengandung beberapa lapisan batubara dan batas antar anggota yang ditentukan oleh alas (floor) atau puncak (top) dari lapisan batubara tertentu.

UMUR	FORMASI	PEMERIAN LITOLOGI	LAPISAN BATUBARA	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	ALUVIUM	Berbagai jenis endapan darat, sebagian adalah hasil rombakan Formasi Kasai (Qtk)		Kontinen
PLIOSEN	KASAI	Batu pasir abu-abu terang, berukuran kerakal, tufan, secara setempat glaukonit, mengandung kuarsa kristalin. Batu lempung, kaolinik, hijau kebiruan sampai biru. Batu apung komposisi asam, mengandung kongresi batuan vulkanik dan batu pasir tufan, beberapa lensa batu bara. Tebal Formasi 400-1.000 m.		Aktivitas vulkanik bertambah kuat
	MUARA ENIM	M4	Niru Lematang Babat/ Benakat Kebon	Limnik/ payau
		M3	Benuang Burung	
		M2	Mangus Suban	Aktivitas vulkanik di sekitar cekungan
MIOSEN	AKHIR	M1	Petai	Paralis
		TENGAH	AIR BENAKAT	
	AWAL		GUMAI	

Gambar II.3 Seam batubara anggota Formasi Muara Enim

(Modifikasi Shell, 1978; Bamco, 1983; Gafoer T., Cobrie dan J. Purnomo, 1986).

II.1.3 Struktur Geologi dan Tektonik Cekungan Sumatera Selatan

Deformasi tektonik yang memengaruhi Cekungan Sumatera Selatan dapat dikelompokkan menjadi tiga fase utama (Pulunggono, dkk. 1992). Fase-fase tersebut meliputi:

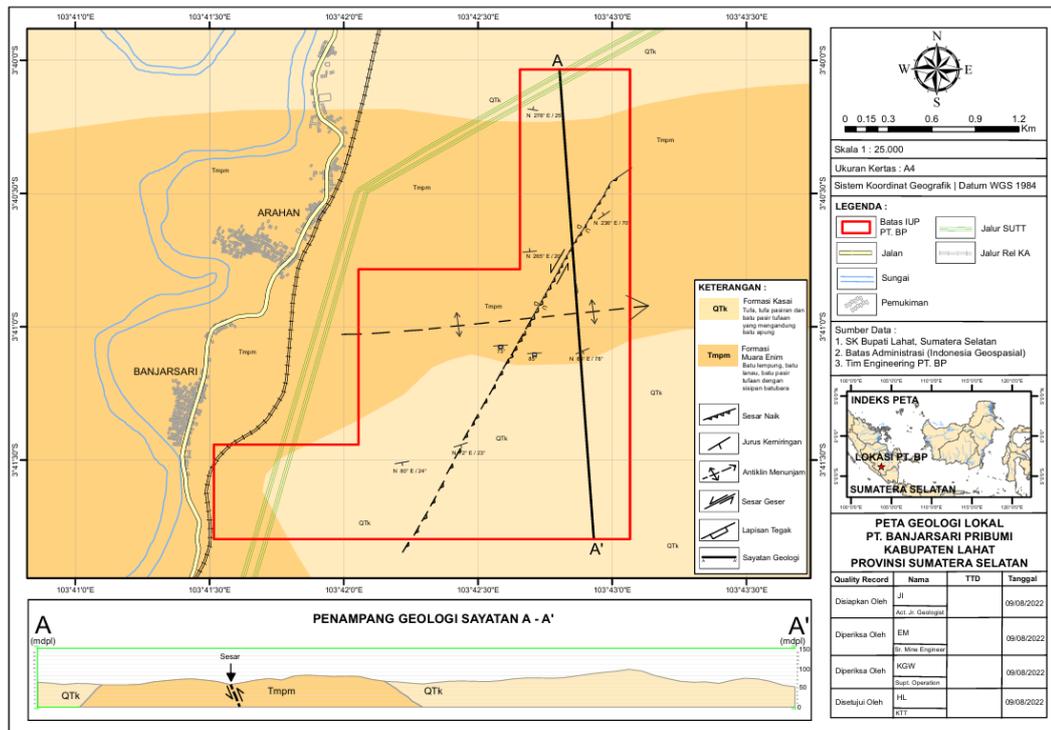
1. Orogenesa kompresional Pra-Tersier (Mesozoikum Tengah): Tahap ini membentuk struktur dasar cekungan melalui proses pelipatan dan pembentukan sesar, menciptakan konfigurasi awal batuan dasar.
2. Tektonisme Kapur Akhir hingga Eosen: terjadi pengembangan struktur horst (tinggian) dan graben (rendahan), serta blok-blok sesar yang signifikan dalam cekungan.
3. Orogenesa kompresional Plio-Pleistosen: Fase ini menghasilkan struktur geologi yang terlihat pada masa kini, dengan orientasi barat laut - tenggara, termasuk pembentukan depresi-depresi tektonik (de Coster, 1974).

Ketiga fase ini membentuk kerangka evolusi geologi dan struktur regional

cekungan yang mencerminkan sejarah deformasi yang kompleks dan berulang.

II.2 Geologi Regional Daerah Penelitian

Wilayah penelitian berada di Desa Gedung Agung, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan yang dapat dilihat pada (Gambar II.4). Wilayah penelitian ini didominasi oleh keberadaan Formasi Muara Enim yang berumur Miosen Akhir hingga Pliosen.



Gambar II.4 Peta Geologi Regional PT. Banjarsari Pribumi (2022).

II.2.1 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Berdasarkan analisis litostratigrafi, formasi yang tersingkap di wilayah penelitian adalah Formasi Muara Enim. Formasi ini terdiri atas satuan batupasir, batulempung, serta lapisan batubara. Kehadiran batubara pada Formasi Muara Enim umumnya berada di bagian bawah formasi di cekungan bagian selatan, yang sering digunakan sebagai marker stratigrafi, dengan ketebalan lapisan batubara berkisar antara 450 hingga 750 meter. Formasi ini diperkirakan berumur Miosen Akhir-Pliosen dan diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga *brackist*, delta plain, serta sebagian kecil di lingkungan *non-marine*.

II.2.2 Struktur Geologi dan Tektonik Daerah Penelitian

Aktivitas tektonik pada masa Pra-Tersier tidak dapat teridentifikasi secara jelas karena terbatasnya keberadaan singkapan yang masih tersisa. Periode tektonik berikutnya terjadi pada Miosen Tengah, yang menghasilkan sesar normal dan ketidakselarasan stratigrafi. Aktivitas tektonik terakhir berlangsung selama Plioplistosen yang diawali dengan pengangkatan pada Pliosen Akhir sehingga menyebabkan ketidakselarasan antara Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai. Di tepi cekungan, Formasi Kasai terbentuk dari material rombakan batuan yang lebih tua yang dihasilkan oleh aktivitas vulkanik pada masa tersebut. Periode ini kemudian diikuti oleh proses perlipatan dan pembentukan sesar pada Plistosen, yang disertai dengan intrusi batuan andesit.

II.3 Teori Dasar

Dalam pembentukan batubara memerlukan proses yang begitu kompleks hingga waktu yang cukup lama sekitar ratusan hingga jutaan tahun. Proses geologi, pengaruh fisika, dan pengaruh proses kimia menjadi faktor pembentukan batubara.

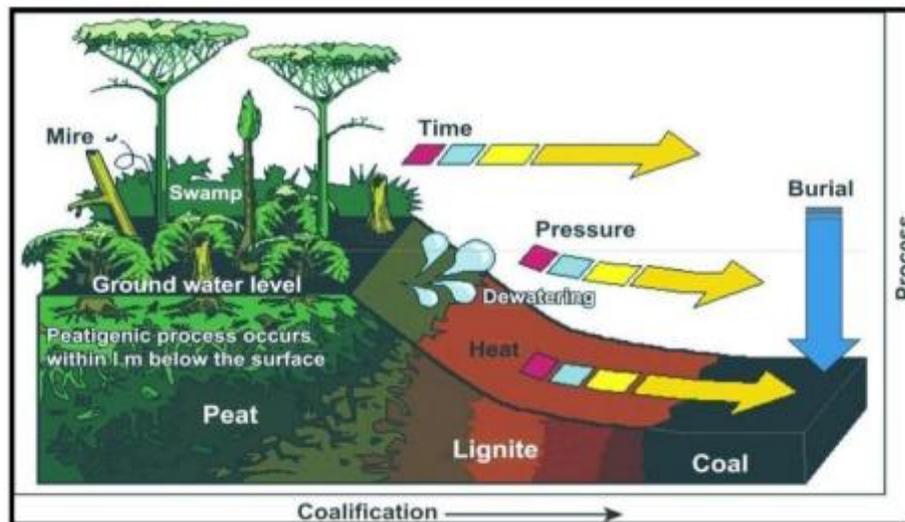
II.3.1 Batubara dan Proses Pembentukannya

Batubara adalah bahan bakar hidrokarbon berbentuk padat yang terbentuk melalui proses penggabutan dan pembatubaraan dalam cekungan seperti area rawa yang terjadi selama rentang waktu geologi (Gambar II.5). Proses ini melibatkan aktivitas bio-geokimia yang berperan dalam transformasi akumulasi flora kaya akan selulosa dan lignin di lingkungan alami. Pembentukan batubara juga dipengaruhi oleh faktor tekanan, yang berkaitan dengan kedalaman pengendapan serta suhu yang berkontribusi terhadap pengurangan kadar air dalam batubara selama proses diagenesis (Sukandarrumidi, 2015). Teori pembentukan batubara terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Teori *In situ*: menyatakan bahwa material pembentuk lapisan batubara berasal dari tumbuhan yang tumbuh dan mati di lokasi yang sama tanpa mengalami transportasi yang signifikan. Setelah tumbuhan mati, material organik tersebut langsung tertutup oleh sedimentasi yang memungkinkan dimulainya proses pembatubaraan. Batubara yang terbentuk berdasarkan teori ini cenderung

memiliki distribusi yang luas dan merata serta menunjukkan kualitas yang relatif baik.

2. Teori *Drift*: menyatakan bahwa material pembentuk lapisan batubara berasal dari tumbuhan yang hidup dan berkembang di lokasi berbeda dari tempat akumulasi batubara terbentuk. Tumbuhan yang telah mati diangkut dan ditransportasikan oleh air ke suatu lokasi tertentu, di mana material tersebut kemudian terakumulasi, tertutup oleh sedimen, dan mengalami proses pembatubaraan. Batubara yang terbentuk melalui mekanisme ini umumnya memiliki distribusi yang terbatas, hanya ditemukan di beberapa lokasi, serta cenderung berkualitas rendah karena adanya kandungan material pengotor yang terbawa bersama material organik selama proses transportasi.



Gambar II.5 Proses pembentukan batubara (Kentucky Geological Survey, 2012).

Batubara juga merupakan batuan sedimen organik yang mudah terbakar dan kaya akan kandungan karbon, hidrogen, dan oksigen. Material ini terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang terawetkan dalam lapisan sedimen selama periode waktu geologi yang panjang di bawah pengaruh temperatur dan tekanan yang tinggi. Sebelum mencapai tahap akhir sebagai batubara, material organik ini melewati beberapa tahapan transformasi yang bergantung pada kondisi lingkungan dan faktor-faktor pembentukannya seperti tekanan, suhu, dan tingkat pengawetan material organik. Transformasi sisa-sisa tumbuhan menjadi batubara dikenal sebagai proses pembatubaraan atau *coalification*. Proses ini mencakup dua tahap utama

sebagaimana dijelaskan oleh Diessel (1992), yaitu:

a. Tahap Biokimia: tahap biokimia yang juga dikenal sebagai proses pembentukan gambut (*peatification*), dimulai sejak material tumbuhan terdeposisi hingga terbentuknya lignit. Faktor-faktor yang memengaruhi transformasi ini meliputi kadar air, tingkat oksidasi, kandungan karbon, dan aktivitas biologis. Proses ini mencakup dekomposisi material organik, termasuk pembusukan sisa-sisa tumbuhan, yang akhirnya menghasilkan gambut sebagai produk awal.

b. Tahap Geokimia: tahap geokimia atau dikenal sebagai proses *coalification* mencakup transformasi batubara dari lignit menjadi antrasit. Tahap ini merupakan proses fisika-kimia yang dipengaruhi oleh peningkatan temperatur dan tekanan, posisi geotektonik, kondisi iklim, jenis vegetasi asal, serta umur geologi material tersebut. Sebelum terbentuknya batubara, terdapat tiga hal utama yang menjadi syarat dalam proses pembentukannya, yaitu:

1. Umur

Proses pembentukan batubara dimulai sejak periode Karbon (*Carboniferous Period*), yang dikenal sebagai zaman awal pembentukan batubara. Durasi pembentukan batubara memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil akhir dan kualitas batubara yang dihasilkan. Tahapan awal dalam pembentukan batubara melibatkan transformasi material tumbuhan menjadi gambut yang kemudian berkembang menjadi batubara muda atau yang dikenal sebagai lignit (batubara coklat).

2. Suhu

Batubara mengalami proses pematangan sebagai akibat dari peningkatan suhu yang berperan dalam mencapai tingkat kematangan yang optimal. Seiring dengan meningkatnya kematangan, kandungan air dalam batubara (*inherent moisture*) akan berkurang secara signifikan.

3. Tekanan

Sebagai salah satu syarat pembentukan batubara yang berperan dalam proses pemadatan material sehingga menjadi batubara. Tekanan ini berasal dari posisi lapisan batubara yang tertutup oleh lapisan batuan lainnya yang memberikan beban tambahan. Batubara yang mengalami tekanan terus-menerus akan berkembang menjadi batubara yang lebih keras.

II.3.2 Komponen-Komponen Pembentuk Batubara

1. Air

Air yang terkandung dalam batubara terbagi menjadi dua jenis, yaitu air bebas (*free moisture*) yang terikat secara mekanik pada batubara dan memiliki tekanan uap normal dengan kadar yang dipengaruhi oleh proses pengeringan dan pembasahan selama penambangan, transportasi, penyimpanan, dan proses lainnya. Sedangkan air lembab (*moisture in air dried*) adalah air yang terikat secara fisik dalam batubara dan memiliki tekanan uap yang lebih rendah daripada tekanan uap normal.

2. Karbon, Hidrogen, dan Oksigen

Karbon, hidrogen, dan oksigen merupakan unsur utama dalam pembentukan batubara. Kombinasi ketiga unsur ini dapat memberikan informasi mengenai umur, jenis, dan karakteristik dari batubara tersebut.

3. Nitrogen

Kandungan nitrogen dalam batubara umumnya tidak melebihi 2%. Nitrogen terdapat dalam bentuk senyawa organik yang terikat pada ikatan karbon.

4. Sulfur

Dalam batubara terdapat beberapa jenis sulfur seperti sulfur besi (pirit sulfur), sulfur sulfat yang berbentuk kalsium sulfat dan besi sulfat, dan sulfur organik.

5. Abu

Abu yang dihasilkan dari pembakaran batubara berasal dari mineral-mineral yang terikat kuat pada batubara seperti silika, alumina, ferri oksida, kalsium oksida, fosfor oksida, dan oksida alkali. Mineral-mineral ini tidak akan menyublim pada suhu pembakaran di bawah 925°C. Abu yang terbentuk diharapkan akan terbuang sebagai sisa pembakaran.

6. Klor

Pada umumnya logam-logam alkali seperti natrium, kalium, dan litium terikat dalam bentuk garam klorida yang kandungannya berkisar antara 0,3 hingga 0,496.

II.4 Klasifikasi Batubara

American Society for Testing and Materials (ASTM-D388 2004)

mengklasifikasikan batubara menjadi beberapa peringkat berdasarkan beberapa parameter, seperti *volatile matter*, *fixed carbon*, hingga *calorific value*. Pemeringkatan batubara berdasarkan (ASTM-D388 2004) seperti pada (Tabel II.1).

Tabel II.1 Klasifikasi Batubara Berdasarkan (ASTM-D388 2004).

Class	Group	Fixed Carbon Limits (% Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits (% Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Calorific Value Limits (Btu/lb, Moist, Mineral-Matter-Free Basis) ^b		Agglomerating Character
		Equal to or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal to or Less Than	Equal to or Greater Than	Less Than	
I. Anthracitic	1. Metaanthracite	98	—	—	2	—	—	Nonagglomerating
	2. Anthracite	92	98	2	8	—	—	
	3. Semianthracite ^c	86	92	8	14	—	—	
II. Bituminous	1. Low-volatile bituminous coal	78	86	14	22	—	—	Commonly agglomerating ^e
	2. Medium-volatile bituminous coal	69	78	22	31	—	—	
	3. High-volatile A bituminous coal	—	69	31	—	14,000 ^d	—	
	4. High-volatile B bituminous coal	—	—	—	—	13,000	14,000	
	5. High-volatile C bituminous coal	—	—	—	—	11,500	13,000	
III. Subbituminous	1. Subbituminous A coal	—	—	—	—	10,500	11,500	Agglomerating
	2. Subbituminous B coal	—	—	—	—	10,500	11,500	
	3. Subbituminous C coal	—	—	—	—	9,500	10,500	
IV. Lignite	1. Lignite A	—	—	—	—	8,300	9,500	Nonagglomerating
	2. Lignite B	—	—	—	—	6,300	8,300	

Source: ASTM (2004).

^aThis classification does not include a few coals, principally nonbanded varieties, that have unusual physical and chemical properties and that come within the limits of the fixed-carbon or calorific value of the high-volatile bituminous and subbituminous ranks. All of these coals either contain less than 48% dry, mineral-matter-free fixed carbon or have more than 15,500 moist, mineral-matter-free British thermal units per pound.

^bMoist refers to coal containing its natural inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.

^cIf agglomerating, classify in low-volatile group in the bituminous class.

^dCoals having 69% or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of calorific value.

^eIt is recognized that there may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and there are notable exceptions in the high-volatile C bituminous group.

Berdasarkan tingkat pembentukan batubara yang dikontrol oleh waktu, suhu, dan tekanan, kelas pengklasifikasian batubara terbagi menjadi lima kelas yaitu:

1. Gambut (*Peat*)

Gambut merupakan tahap awal dalam pembentukan batubara yang terbentuk dari material tumbuhan yang sebagian mengalami dekomposisi di lingkungan basah seperti rawa atau lahan gambut. Gambut memiliki kandungan karbon rendah dengan kadar air >75% sehingga memiliki kualitas yang masih sangat rendah.

2. Lignit (*Brown Coal*)

Lignit diketahui sebagai batubara yang memiliki kenampakan berwarna cokelat dan memiliki sifat yang sangat rapuh. Lignit memiliki kadar air yang berkisar 35-75% serta kandungan kalori dan kadar karbon yang rendah.

3. *Sub-bituminous*

Sub-bituminous termasuk dalam batubara yang memiliki kualitas menengah. Memiliki warna kehitaman, kandungan karbon yang rendah dan mengandung

banyak air.

4. *Bituminous*

Unsur karbon yang terdapat pada *bituminous* berkisar 68-86% dan memiliki kadar air yang berkisar 8-10%. Dinamakan *bituminous* karena terdapat kandungan *bitumen*/aspal didalamnya. Batubara jenis ini banyak ditemukan dan ditambang di Indonesia terutama di Pulau Sumatera, Kalimantan, serta Sulawesi.

5. Antrasit

Antrasit merupakan batubara dengan peringkat tertinggi serta memiliki kualitas yang sangat baik. Memiliki warna hitam yang mengkilap, mengandung unsur karbon 86-98% serta kadar air <8%.

Pembagian kualitas batubara tersebut dilakukan mengacu pada tiga parameter utama yakni kadar abu (*ash*) dan total sulfur serta *mineral matter* yang terdiri atas *ash analysis*, *trace element* dan *ash fusion temperature*, dan *organic* batubara yang terdiri atas *calorific value*, *volatile matter sulfur*, *fixed carbon* dan lain sebagainya. Ketiga parameter ini didapatkan dari hasil analisis proksimat. Pembagian kualitas batubara nantinya akan menentukan penggunaan batubara.

II.4.1 Klasifikasi Litotipe Batubara

Pada dasarnya litotipe merupakan suatu istilah pembeda yang digunakan untuk menunjukkan lapisan-lapisan yang dapat dibedakan secara makroskopis pada batubara, dimana perbedaan tersebut didasarkan pada warna kilap (cerah-kusam) seperti yang terdapat pada (Gambar II.6), bentuk pola rekahan dan tipe dari laminasi. Bentuk penjabaran litotipe berdasarkan istilah yang diberikan oleh (Diessel, 1965) dibedakan sebagai berikut:

1. Vitrain

Merupakan lapisan tipis atau lensa yang cerah sampai sangat cerah, dengan tebal biasanya beberapa milimeter dalam batubara karbon, tetapi kemungkinan mencapai puluhan centimeter dalam batubara tersier dan kapur, vitrain terlihat memiliki banyak pecahan dibandingkan dengan litotipe lainnya, dan banyaknya pecahan merupakan fungsi peningkatan peringkat dengan pengecualian terhadap antrasit yang memiliki sedikit pecahan dengan

permukaan konkoidal.

2. Klarain

Merupakan lapisan tipis dengan beragam variasi ketebalan, memiliki kilap antara vitrain dan durain. Tekstur beralur biasanya karena perubahan dari lapisan tipis cerah dan kusam.

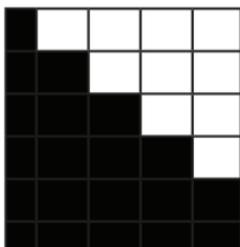
3. Durain

Lapisan tipis berwarna abu-abu hingga coklat kehitaman, permukaan kasar dengan sedikit kilap lemak, pantulan menyebar, belahannya lebih tidak mencolok dibandingkan dengan vitrain dan klarain.

4. Fusain

Lapisan tipis hitam atau abu-abu, kilap sutra dengan struktur berserat, dangat mudah pecah, menghitamkan tangan apabila disentuh dan sering terisi dengan mineral.

Litotipe	Kekilapan
<i>dull coal</i> (D, kusam)	0–10% cerah
<i>dull banded coal</i> (DB, agak kusam)	10–40% cerah
<i>banded coal</i> (BD, antara kusam-cerah)	40–60% cerah
<i>bright banded coal</i> (BB, agak cerah)	60–90% cerah
<i>bright coal</i> (B, cerah)	90–100% cerah



dull coal (D, kusam)
dull banded coal (DB, agak kusam)
banded coal (BD, antara kusam-cerah)
bright banded coal (BB, agak cerah)
bright coal (B, cerah)

Gambar II.6 Litotipe Batubara (Diessel,1965).

Menurut Warbrook (1981), litotipe menunjukkan karakteristik zona tempat pembentukannya, dan rawa pembentuk batubara terbagi atas tiga zona berdasarkan pada permukaan air rawanya sebagai berikut:

1. Rawa air tawar

Pada zona ini keberadaan tumbuh-tumbuhan sangat terbatas namun ditemui ganggang dan material tumbuhan lain yang berasal dari luar cekungan tersebut. Sebagian besar material tumbuhan yang ditemukan di zona ini merupakan hasil transportasi dari wilayah lain. Selama proses transportasi, material tumbuhan

mengalami proses humifikasi akibat paparan air yang teroksidasi. Batubara yang terbentuk di zona ini memiliki kandungan *inertinit* dan *semi-inertinit*. Selain itu, ditemukan pula material klastik yang telah mengalami proses penghancuran. Litotipe batubara yang terbentuk di zona ini umumnya berupa batubara kusam hingga batubara dengan karakteristik antara kusam hingga cerah.

2. Rawa basah

Zona ini biasanya tertutup oleh air yang dangkal. Tumbuhan umumnya tanaman asli dan diendapkan dengan cepat di bawah air dalam kondisi rendah oksigen. Batubara yang terbentuk pada zona ini mengandung *vitrit* dan memiliki litotipe kusam hingga cerah.

3. Rawa kering

Tumbuh-tumbuhan pada awalnya diendapkan pada kondisi oksidasi di atas permukaan air rawa dan selanjutnya mengalami pembusukan sebagian karena dipengaruhi oleh kondisi reduksi di bawah permukaan air rawa. Batubara yang terbentuk banyak mengandung *inertinit* dan *semi-inertinit* serta memiliki litotipe kusam hingga agak kusam.

II.4.2 Analisis Kualitas Batubara

Kualitas batubara merujuk pada deskripsi parameter fisik dan kimia yang memengaruhi nilai pemanfaatannya. Parameter utama yang menentukan kualitas batubara meliputi kandungan maseral, mineral matter, serta tingkat proses *coalification*. Analisis ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai karakteristik batubara untuk berbagai aplikasi. Untuk mengetahui kualitas batubara harus dilakukannya uji laboratorium kimia batubara yang dikenal sebagai analisis proksimat.

Analisis proksimat adalah metode yang digunakan untuk menentukan parameter utama pada batubara, termasuk kandungan kelembapan (*moisture*), abu (*ash*), *volatile matter*, nilai kalor (*calorific value*), *mineral matter*, dan karbon tetap (*fixed carbon*). Sebaliknya, analisis ultimat berfokus pada komposisi unsur seperti sulfur, karbon, hidrogen, nitrogen, dan oksigen. Parameter-parameter ini merupakan indikator penting dalam menilai kualitas batubara untuk berbagai

keperluan industri dan energi.

Material pembentuk sulfur berasal dari material organik dan material anorganik, tidak jarang air laut juga mempengaruhi jenis sulfur yang dihasilkan. Terdapat dua jenis sulfur dalam batubara, yaitu sulfur organik dan sulfur anorganik. Sulfur organik terbentuk seiring proses penggabutan hingga pembatubaraan, berasal dari tumbuhan pembentuk batubara. Sulfur anorganik berasal dari lingkungan tempat terbentuknya batubara, mineral yang terbawa oleh air dan terakumulasi bersamaan dengan gambut, maupun larutan yang mengisi rekahan dalam batubara. Sulfur anorganik dibagi menjadi dua yaitu piritik (sulfida) sulfur dan sulfat sulfur.

Pada penelitian ini digunakan data analisis proksimat yang digunakan untuk mengetahui beberapa parameter, yaitu:

1. Kadar kelembapan (*moisture*)
Kadar kelembapan merupakan total kandungan air yang ada di dalam batubara. Kadar kelembapan terdiri atas kelembapan bebas (*free moisture*), kelembapan terikat (*inherent moisture*), dan kelembapan total (*total moisture*). Semakin sedikit kandungan air maka akan semakin tinggi peringkat batubara.
2. Abu (*ash*)
Abu merupakan material anorganik yang tersisa setelah proses pembakaran. Pembakaran batubara dikatakan optimal apabila abu yang dihasilkan rendah.
3. Zat terbang (*volatile matter*)
merupakan senyawa berupa gas, hidrokarbon, dan uap air yang terlepas ketika batubara dipanaskan dalam kondisi bebas oksigen.
4. *Mineral matter*
Merupakan komponen material tambahan yang terdapat dalam batubara berupa mineral hasil transportasi dari batuan lainnya. Kandungan mineral ini memiliki keterkaitan langsung dengan kadar abu yang terbentuk selama proses pembakaran.
5. Nilai kalori (*calorific value*)
Merupakan parameter yang menggambarkan total energi panas yang

dihasilkan per satuan massa batubara selama proses pembakaran.

6. Karbon tetap (*fixed carbon*)

Merupakan bagian batubara yang tersisa setelah komponen zat terbang dan abu dihilangkan melalui proses pembakaran.

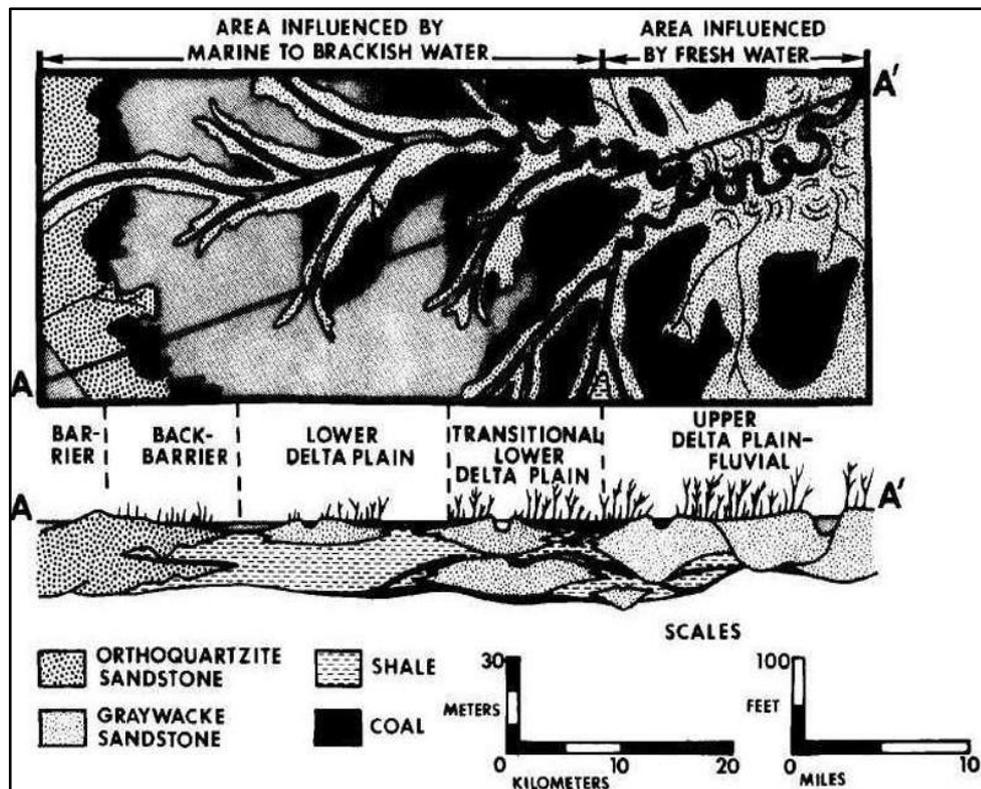
II.4.5 Lingkungan Pengendapan Batubara

Identifikasi lingkungan pengendapan ditunjukkan oleh semua komponen yang dapat mengubah material organik menjadi batubara. Lingkungan pengendapan batubara antara lain yang dikemukakan oleh (Horne et al., 1978) seperti pada (Gambar II.7) dan (Gambar II.8) terjadi pada beberapa lingkungan, yaitu:

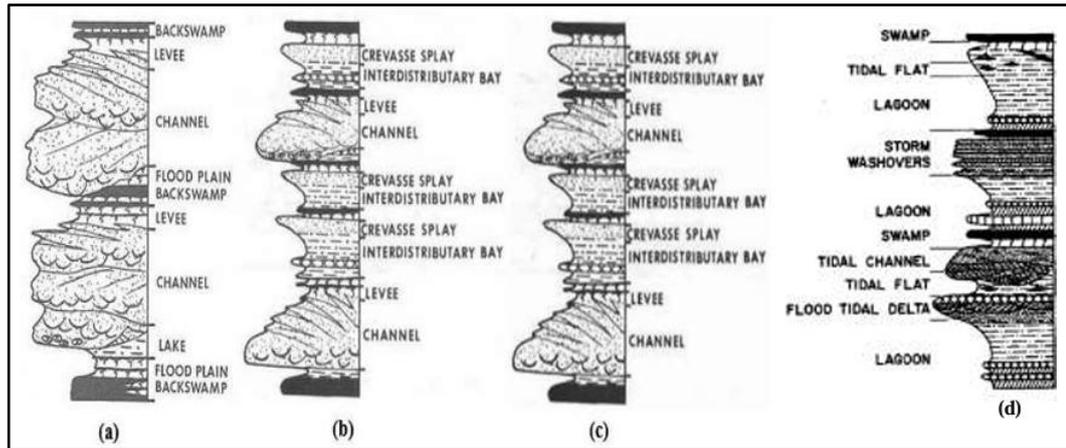
1. Lingkungan Pengendapan *Barrier* didominasi oleh pasir atau material klastik yang berasal dari proses transportasi oleh arus pasang-surut, gelombang, serta angin. Mekanisme pengendapan dalam lingkungan ini dipengaruhi oleh dominasi gelombang (*wave-dominated*), energi arus pasang-surut (*tide-dominated*), atau interaksi antara keduanya sehingga mendorong pembentukan gambut di daratan. Sedimen yang terendapkan seringkali menunjukkan struktur sedimen berupa silang-siur (*cross-bedding*), laminasi, serta bentuk-bentuk lain yang mencerminkan transportasi di lingkungan tersebut.
2. Lingkungan Pengendapan *Back-Barrier* dicirikan oleh batuan sedimen yang menunjukkan pola *coarsening upward*, dengan kehadiran serpih abu-abu gelap yang kaya akan bahan organik, batulanau, serta sedikit kandungan batubara yang tersebar secara lateral dan tidak menerus. Secara umum, batubara yang terbentuk di lingkungan ini cenderung tipis, tidak menerus, memiliki kandungan sulfur yang tinggi, dan sering dikenal sebagai *shale* hitam atau *bone coal* (Diessel, 1992).
3. Lingkungan pengendapan *Lower Delta Plain* didominasi oleh endapan serpih dan batulanau dengan pola *coarsening upward*. Pada bagian bawah biasanya dijumpai lempung-serpih abu-abu gelap sampai hitam, di bagian atas dijumpai batu pasir dengan struktur ripples dan struktur lain yang ada hubungannya dengan arus. Hal ini menunjukkan bertambahnya energi pada perairan dangkal ketika teluk terisi endapan sedimen.
4. Lingkungan pengendapan *Transitional Lower Delta Plain* dijumpai diantara

lower dan *Upper Delta Plain* merupakan zona transisi yang umumnya memiliki litologi dengan karakteristik berbutir halus dan relatif tipis dan mengandung karakteristik litofasies dari kedua sekuen tersebut. Batubara yang dihasilkan pada lingkungan ini memiliki pola penyebaran yang luas.

5. Lingkungan pengendapan *Upper Delta Plain* didominasi tubuh batu pasir lentikuler berbentuk linear dan di bagian atasnya melidih dengan serpih abu-abu, batulanau, dan lapisan batubara. Mineral batupasirnya mempunyai ukuran butir menengah sampai kasar. Di atas bidang erosi dijumpai kerikil lepas dan hancuran batubara yang melimpah di bagian bawah, makin ke atas butiran menghalus pada batupasir.



Gambar II.7 Lingkungan Pengendapan Batubara (Horne et al., 1978).



Gambar II.8 Profil Lingkungan Pengendapan Batubara (Horne et al., 1978).

Endapan batubara di Indonesia umumnya memiliki keterkaitan erat dengan pembentukan cekungan sedimentasi Tersier (Paleogen–Neogen) yang dipengaruhi oleh proses tumbukan lempeng Eurasia, Hindia-Australia, dan Pasifik pada Zaman Kapur. Berdasarkan perkembangan tektonik Tersier menurut Sudarmono (1997) dalam Koesoemadinata (2000), endapan batubara di Indonesia diklasifikasikan menjadi lima endapan batubara Paleogen (Eosen–Oligosen) dan enam endapan batubara Neogen (Oligosen Akhir–Miosen). Sementara itu, dalam tatanan tektono-stratigrafi pengendapan batubara, Koesoemadinata (2000) mengelompokkan endapan batubara ke dalam tiga kategori yaitu:

a. Endapan Batubara Paleogen *Syn-Rift*

Batubara *syn-rift* berasosiasi di lingkungan sedimen fluvial dan lakustrin. Batubara yang dihasilkan dari tipe endapan ini umumnya memiliki nilai kalori yang tinggi (~7000 Kkal/kg), serta kandungan air lembab dan sulfur yang rendah. Contoh endapan batubara dengan karakteristik ini adalah Formasi Sawahlunto yang terdapat di Cekungan Ombilin, Sumatera Tengah.

b. Endapan Batubara Paleogen *Post-Rift Transgression*

Batubara *post-rift transgression* terbentuk dalam lingkungan paparan yang stabil selama periode Eosen Akhir hingga Awal Miosen. Contoh endapan batubara tipe ini terdapat di Cekungan Sumatera Tengah (Awal Miosen) dan lebih spesifik diwakili oleh batubara Senakin yang berasal dari bagian bawah Formasi Tanjung di Cekungan Barito dan Pasir-Asem-aseh. Batubara pada lingkungan ini diendapkan secara lateral dan kontinu dengan karakteristik nilai kalori tinggi serta kandungan

sulfur yang juga tinggi.

c. Endapan Batubara Neogen *Syn-Orogenic Regressive*

Batubara *syn-orogenic regressive* terbentuk selama periode Miosen Tengah hingga Plio-Pleistosen sebagai hasil dari proses pengangkatan cekungan. Endapan batubara ini umumnya ditemukan di cekungan belakang busur (*back-arc basin*) dan cekungan depan busur (*fore-arc basin*) pada sistem busur kepulauan. Endapan batubara pada *syn-orogenic regressive* biasanya tidak terlalu tebal namun terdiri dari beberapa lapisan. Secara umum, batubara ini memiliki nilai kalori yang rendah (~5000 kcal/kg), kandungan air lembab yang tinggi, serta kandungan sulfur yang rendah.

Dalam kerangka tektono-stratigrafi, pola pengendapan batubara ini dapat digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai kualitas, kuantitas, dan karakteristik lapisan batubara dalam suatu cekungan. Selain itu, pendekatan ini juga dapat membantu memahami kondisi geologi lokal yang memengaruhi kualitas, kuantitas, dan karakteristik batubara tersebut. Dengan demikian, perbedaan kualitas, kuantitas, dan karakteristik lapisan batubara antar-cekungan sedimentasi dapat berbeda karena disebabkan oleh perbedaan kontrol geologi yang berlaku pada masing-masing cekungan.

II.4.6 Jenis Maseral Batubara

Maseral merupakan hasil transformasi dari bahan organik yang berasal dari tumbuhan purba dan dapat dibedakan berdasarkan sifat reflektansi dan komposisinya (Thiessen, 1920). Secara umum, terdapat tiga jenis maseral pada batubara yaitu *vitroinite*, *liptinite*, dan *inertinite* seperti yang terdapat pada (Tabel II.2) berikut ini.

Tabel II.2 Grup Maseral Berdasarkan Standard Australias (AS 2856 – 1986).

GRUP MASERAL	SUBGRUP MASERAL	MASERAL
Vitrinite (Huminite)	Telovitrinite (Humotelinite)	Textinite Texto-ulminite Eu-ulminite Telocolinite
	Detrovitrinite (Humodetrinite)	Attrinite Densinite Desmocollinite
	Gelovitrinite (Humocolinite)	Corpogelinite Porigelinite Eugelinite
Liptinite (Exinite)		Sporinite Cutinite Resinite Liptodetrinite Alginite Suberinite Fluorinite Exsudatinite Bituminite
Inertinite	Telo-Inertinite	Fusinite Semifusinite Sclerotinite
	Detro-Inertinite	Inertodetrinite Micrinite
	Gelo-Inertinite	Macrinite

Sementara itu, terdapat pula material penyusun maseral batubara berdasarkan tumbuhan pembentuknya seperti yang terdapat pada (Tabel II.3) berikut ini.

Tabel II. 3 Indikator Fasies Batubara Berdasarkan Standard Australias (AS 2856 – 1986).

Grup Maseral	Sub-Grup/Maseral	Maseral
Vitrinite (Huminite)	Telovitrinite(Humotelinite)	Batang, dahan, akar dan serta daun
	Detrovitrinite (Humodetrinite)	Detritus yang berasal dari pecahan vitrinite lainnya
	Gelovitrinite (Humocolinite)	Dari jaringan berstruktur koloid
Liptinite (Exinite)	Sporinite	Spora
	Cutinite	Kutikula
	Resinite	Resin
	Suberinite	Serat gabus
	Fluorinite	
	Liptodetrinite	Detritus liptinite lain
	Exudatinite	Sekunder (bitumen)
	Alginite	Algae
	Bituminite	
Inertinite	Teloinertinite	Komponen tumbuhan yang terbakar dan teroksidasi
	Detroinertinite	
	Geloinertinite	

1. *Vitrinite*

Vitrinite merupakan produk dari proses pematubaraan bahan humik yang berasal dari selulosa ($C_6H_{10}O_5$) dan lignin pada dinding sel tumbuhan yang mengandung jaringan kayu, seperti batang, akar, dan daun. Kelompok maseral ini terbentuk dari tumbuhan yang memiliki jaringan kayu (*woody tissue*), termasuk batang, cabang, akar, dan serat-serat daun. Biasanya terbentuk di lingkungan terestrial (daratan) yang basah, seperti hutan rawa, perairan dangkal, atau delta yang kaya akan vegetasi darat.

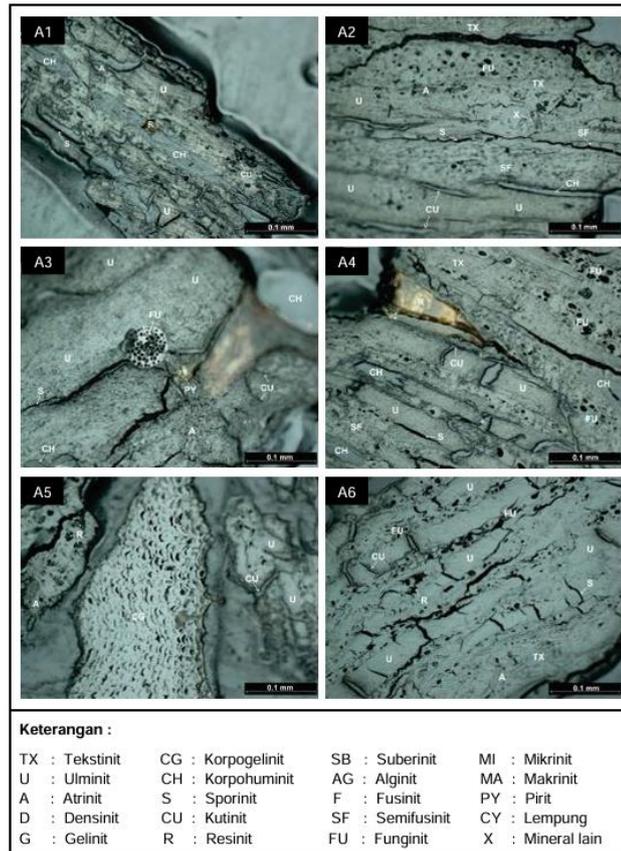
2. *Liptinite*

Liptinite tidak terbentuk dari bahan organik yang dapat mengalami humifikasi, melainkan berasal dari sisa-sisa tumbuhan. Kelompok maseral ini, yang juga dikenal sebagai eksinit (*extinite*) yang berasal dari material organik seperti spora, alga, kutikula, resin tumbuhan, dan serbuk sari.

3. *Inertinite*

Inertinite tersusun dari material organik yang serupa dengan *vitrinite* dan *liptinite*, tetapi terbentuk melalui mekanisme yang berbeda. Kelompok maseral ini diperkirakan berasal dari tumbuhan yang telah mengalami pembakaran (*charcoal*) dan sebagian lainnya berasal dari maseral lain yang telah melalui proses oksidasi atau *decarboxylation* akibat aktivitas jamur dan bakteri dalam proses biokimia. Selama proses karbonisasi, *inertinite* menunjukkan reaktivitas yang sangat rendah (bersifat inert).

Batu bara dari Formasi Muara Enim mengandung sejumlah kecil mineral (<5%), yang terdiri dari pirit dan mineral lempung. Pirit hadir dalam bentuk butiran halus, sementara mineral lempung tampak sebagai inklusi berupa butiran halus yang tersebar secara merata di hampir seluruh batu bara. Mineral lempung tersebut mengisi rongga-rongga pada sel tumbuhan dan umumnya berasosiasi dengan maseral huminit (Santoso, 2015).



Gambar II. 9 Sayatan Petrografi Seam J Formasi Muara Enim dengan Perbesaran 20x (Monita dkk, 2021).

Pada skala yang lebih rinci, analisis petrografi organik terhadap Formasi Muara Enim seperti pada (Gambar II.9) di lokasi penelitian menunjukkan dominasi kelompok maseral huminit dengan kisaran 65,00–89,60%. Secara rata-rata, kelompok ini terdiri dari subkelompok maseral humotelinit sebesar 41,13%, humodetrinit sebesar 31,65%, dan humokolinit sebesar 5,21%. Sedangkan kandungan mineral dalam sampel menunjukkan variasi nilai antara 1,20% hingga 4,20%, dengan komposisi rata-rata berupa mineral lempung sebesar 1,56%, pirit sebesar 1,01%, dan mineral lainnya sebesar 0,46% (Monita dkk, 2021).

II.4.7 Genesa Mineral Batubara

Genesa mineral dalam batubara dijelaskan sebagai proses pembentukan yang melibatkan interaksi bahan organik dengan proses geologi dan kimia yang berlangsung selama pembentukan batubara (Murchison dan Westoll, 1968).

Mineral dalam batu bara terbentuk melalui dua mekanisme utama, yaitu *syngenetic* dan *epigenetic* seperti pada tabel berikut ini (Tabel II.4).

Tabel II.4 Genesa Mineral Batubara (Murchison dan Westoll, 1968).

Mineral Group	Syngenetic Formation (Intimately Intergrown)		Epigenetic Formation	
	Transported by Water or Wind	Newly Formed	Deposited in Fissures, Cleats, and Cavities (Coarsely Intergrown)	Transformation of Syngenetic Minerals (Intimately Intergrown)
Clay minerals		Kaolinite, illite, sericite, clay minerals with mixed-layer structure, "Tonstein"	—	Illite, chlorite
Carbonates	—	Siderite-ankerite concentrations, dolomite, calcite, ankerite Siderite, calcite, ankerite in fusite	Ankerite, calcite, dolomite	—
Sulfide ores	—	Pyrite concretions, melnikowite-pyrite, coarse pyrite (marcasite), concretions of FeS ₂ -CuFeS ₂ -ZnS Pyrite in fusite	Pyrite, marcasite, zinc sulfide (sphalerite), lead sulfide (galena), copper sulfide (chalcopyrite)	Pyrite from the transformation of syngenetic concretions of FeCO ₃
Oxide ores	—	Hematite	Goethite, lepidocrocite (needle iron ore)	—
Quartz	Quartz grains	Chalcedony and quartz from the weathering of feldspar and mica	Quartz	—
Phosphates	Apatite	Phosphorite	—	—
Heavy minerals and accessory minerals	Zircon, rutile, tourmaline, orthoclase, biotite	—	Chlorides, sulfates, nitrates	—

II.4.8 Faktor Geologi Terhadap Pembentukan Batubara

Proses pembentukan batubara melalui proses yang membutuhkan waktu jutaan tahun dan dipengaruhi oleh faktor kimia, fisika, dan biologi. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya batubara adalah sebagai berikut:

1. Posisi Geotektonik

Posisi geotektonik dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik lempeng. Gaya-gaya tersebut mengakibatkan cekungan sedimentasi menjadi lebih luas apabila terjadi proses penurunan dasar cekungan atau menjadi lebih sempit apabila terjadi proses kenaikan dasar cekungan. Proses geotektonik dapat diikuti oleh pelipatan perlapisan batuan ataupun patahan. Apabila proses tersebut terjadi, suatu cekungan sedimentasi dapat terbagi menjadi dua atau lebih sub cekungan sedimentasi dengan luasan yang relatif kecil. Proses ini juga berpengaruh terhadap penyebaran lapisan (*seam*) batubara yang terbentuk. Semakin dekat cekungan sedimentasi batubara terbentuk atau terakumulasi terhadap posisi kegiatan tektonik lempeng, maka kualitas batubara yang dihasilkan akan semakin baik.

2. Morfologi

Daerah tempat tumbuhan berkembang biak merupakan daerah yang relatif memiliki banyak kandungan air. Oleh karena itu tempat tersebut biasanya mempunyai topografi yang relatif lebih rendah dibandingkan daerah sekelilingnya. Semakin luas daerah rendahan maka akan semakin banyak tumbuhan yang dapat berkembang biak sehingga banyak terdapat bahan pembentuk batubara. Apabila keadaan topografi dipengaruhi oleh gaya tektonik baik penaikan ataupun penurunan topografi maka akan berpengaruh terhadap luas tanaman yang merupakan bahan utama sebagai pembentuk batubara. Hal ini merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan penyebaran batubara terbentuk seperti lensa, topografi mungkin mempunyai efek yang terbatas terhadap iklim dan keadaannya bergantung pada posisi geotektonik.

3. Iklim

Iklim berpengaruh penting dalam pertumbuhan tanaman. Di daerah yang memiliki iklim tropis dengan curah hujan silih berganti sepanjang tahun diimbangi dengan tersedianya sinar matahari sepanjang waktu, merupakan tempat yang cukup baik untuk pertumbuhan tanaman dengan timbulnya faktor kelembapan. Hampir semua jenis tanaman dapat hidup di daerah yang memiliki iklim tropis. Oleh karena itu di daerah yang mempunyai iklim tropis pada masa lampau sangat mungkin untuk didapatkan endapan batubara dalam jumlah yang banyak. Kebanyakan luas tanaman yang keberadaannya sangat ditentukan oleh iklim akan menentukan penyebaran dan ketebalan lapisan (*seam*) batubara yang terbentuk. Hasil pengkajian menyatakan bahwa hutan rawa tropis memiliki siklus pertumbuhan setiap 7-9 tahun dengan ketinggian pohon sekitar 30 m. Sedangkan pada iklim yang lebih dingin ketinggian pohon hanya mencapai sekitar 5-6 m dalam selang waktu yang sama.

4. Proses Penurunan Cekungan Batubara

Cekungan sedimentasi memiliki sifat yang dinamis, artinya dasar cekungan akan mengalami proses penurunan ataupun pengangkatan. Semakin sering dasar cekungan sedimentasi mengalami proses penurunan maka akan semakin tebal lapisan batubara. Pergantian transgresi dan regresi mempengaruhi pertumbuhan flora dan pengendapannya sehingga menyebabkan infiltrasi material dan mineral

yang mempengaruhi mutu batubara yang terbentuk.

5. Umur Geologi

Zaman karbon merupakan awal munculnya tumbuh-tumbuhan di dunia. Sejalan dengan proses tektonik yang terjadi, daerah tempat tumbuhnya tanaman telah mengalami proses *coalification* yang cukup lama sehingga menghasilkan mutu batubara yang sangat baik.

6. Jenis Tumbuh-Tumbuhan

Barubara yang terbentuk dari tumbuhan keras dan berumur tua akan lebih baik dibandingkan dengan batubara yang terbentuk dari tanaman berbentuk semak dan berumur semusim. Makin tinggi tingkatan tumbuhan dan semakin tua umur tumbuhan tersebut dan apabila mengalami proses *coalification*, maka akan menghasilkan batubara berkualitas baik.

7. Proses Dekomposisi

Proses dekomposisi tumbuhan merupakan bagian dari transformasi biokimia pada bahan organik. Selama proses pembentukan batubara, sisa tumbuhan akan mengalami perubahan baik secara fisik maupun kimia. Setelah tumbuhan mati, proses degradasi biokimia lebih berperan. Proses pembusukan terjadi sebagai akibat dari kinerja mikrobiologi dalam bentuk bakteri *anaerobic*. Bakteri ini bekerja dalam keadaan tanpa oksigen, menghancurkan bagian yang lunak dari tumbuhan seperti selulosa, protoplasma, dan karbohidrat. Proses ini membuat kayu berubah menjadi lignit.

8. Sejarah Setelah Pengendapan

Semakin dekat posisi cekungan sedimentasi terhadap posisi geotektonik yang memiliki sifat dinamis akan mempengaruhi pertumbuhan batubara. Selama proses tersebut, proses geokimia dan metamorfisme organik akan ikut berperan dalam mengubah gambut menjadi batubara. Proses ini akan dipercepat apabila daerah tersebut mengalami proses intrusi magmatisme. Panas yang dihasilkan dari proses intrusi magmatisme akan mempercepat proses *coalification* sehingga kadar karbon (C) akan lebih tinggi dari kadar air (H₂O).

9. Struktur Geologi Cekungan Sedimen

Secara teoritis, semakin banyak lipatan dan patahan yang terjadi dilapisan sedimen yang mengandung batubara maka akan meningkatkan kualitas dari

batubara tersebut.

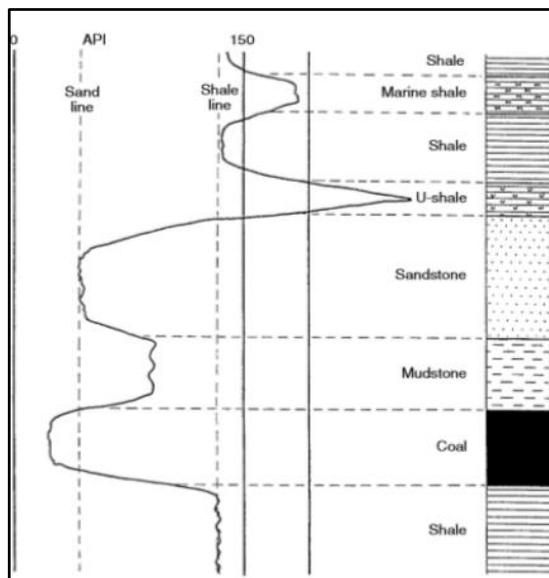
10. Metamorfosa Organik

Peningkatan mutu batubara sangat ditentukan oleh faktor tekanan dan waktu. Tekanan dapat diakibatkan oleh lapisan sedimen penutup yang tebal atau karena adanya pengaruh tektonik. Semakin lama selang waktu dari mulai bergradasi sampai terbentuk batubara, maka semakin baik mutu batubara yang diperoleh. Faktor tersebut dapat mempercepat proses metamorfosa organik. Selama proses ini juga terjadi pengurangan kandungan air, oksigen, dan zat terbang.

II.5 Metode Eksplorasi Well Logging Batubara

Metode *well logging* merupakan teknik yang digunakan untuk mendeskripsikan kondisi bawah permukaan dengan cara analisis kombinasi data *log gamma ray* dan *log densitas*.

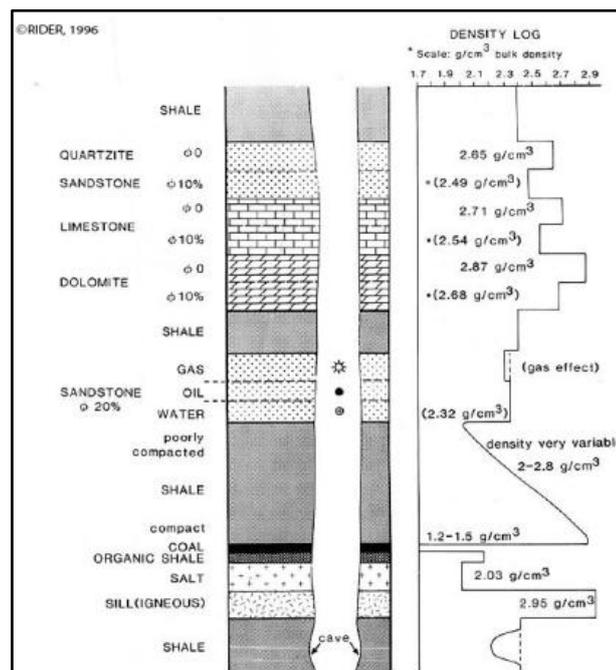
1. Metode *log gamma ray* adalah salah satu teknik dalam *well logging* yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi *gamma* alami yang dipancarkan batuan di bawah permukaan seperti yang tergambar pada (Gambar II.10). Radiasi *gamma* berasal dari peluruhan isotop radioaktif alami, seperti *Uranium*, *Thorium*, dan *Potassium* yang terdapat dalam mineral penyusun batuan.



Gambar II. 10 Respon Log Gamma Ray Terhadap Sekuen Litologi (Hower,

2004).

2. Metode *log* densitas bekerja berdasarkan prinsip teori fisika nuklir yaitu setiap interaksi sinar gamma dengan elektron dalam batuan formasi mengakibatkan penurunan energi melalui proses hamburan. Metode ini juga mampu menentukan densitas elektron formasi seperti pada (Gambar II.11) yang kemudian dikorelasikan dengan densitas bulk aktual dalam satuan gram per sentimeter kubik (gr/cc).



Gambar II.11 Respon Log Density Terhadap Berbagai Litologi (Rider, 1996).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk melaksanakan dan menyelesaikan penelitian ini. Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

III.1.1 Metode Analisis Kadar Abu, Sulfur, dan Rank Batubara

1. Tahap persiapan

Tahap awal dalam pelaksanaan penelitian adalah melakukan studi literatur sebelum pengambilan data di lapangan. Kegiatan persiapan ini meliputi mempelajari dan mengkaji berbagai penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik yang akan dikaji, kemudian menghubungkannya dengan lokasi penelitian. Langkah ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman umum mengenai karakteristik wilayah penelitian serta merumuskan kegiatan yang perlu dilakukan selama proses pengambilan data di lapangan.

2. Pengumpulan data

Pada tahapan ini peneliti melakukan pengumpulan data primer maupun data sekunder. Data primer penelitian ini terdiri atas:

➤ Observasi Singkapan

Observasi yang dimaksud adalah melakukan deskripsi sampel batubara per seam yang tersingkap dipermukaan. Pengukuran tebal *seam* aktual di lapangan, pengukuran jurus dan perlapisan batuan, pencatatan litotipe batubara serta pengamatan struktur lapisan sedimen pada lapisan pengapit batubara.

Selain menggunakan data primer, penelitian ini juga didukung oleh berbagai data sekunder. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

➤ Peta geologi konsensi PT. Banjarsari Pribumi

➤ Data analisis kualitas batubara berupa data analisis proksimat dari PT. Banjarsari Pribumi yang digunakan untuk mengetahui *rank* dan *grade* dari tiap *seam* batubara.

➤ Data analisis maseral daerah Muara Enim.

➤ Data hasil kegiatan pemboran pada site PT. Banjarsari Pribumi yang meliputi litologi, ketebalan, serta karakteristik batubara.

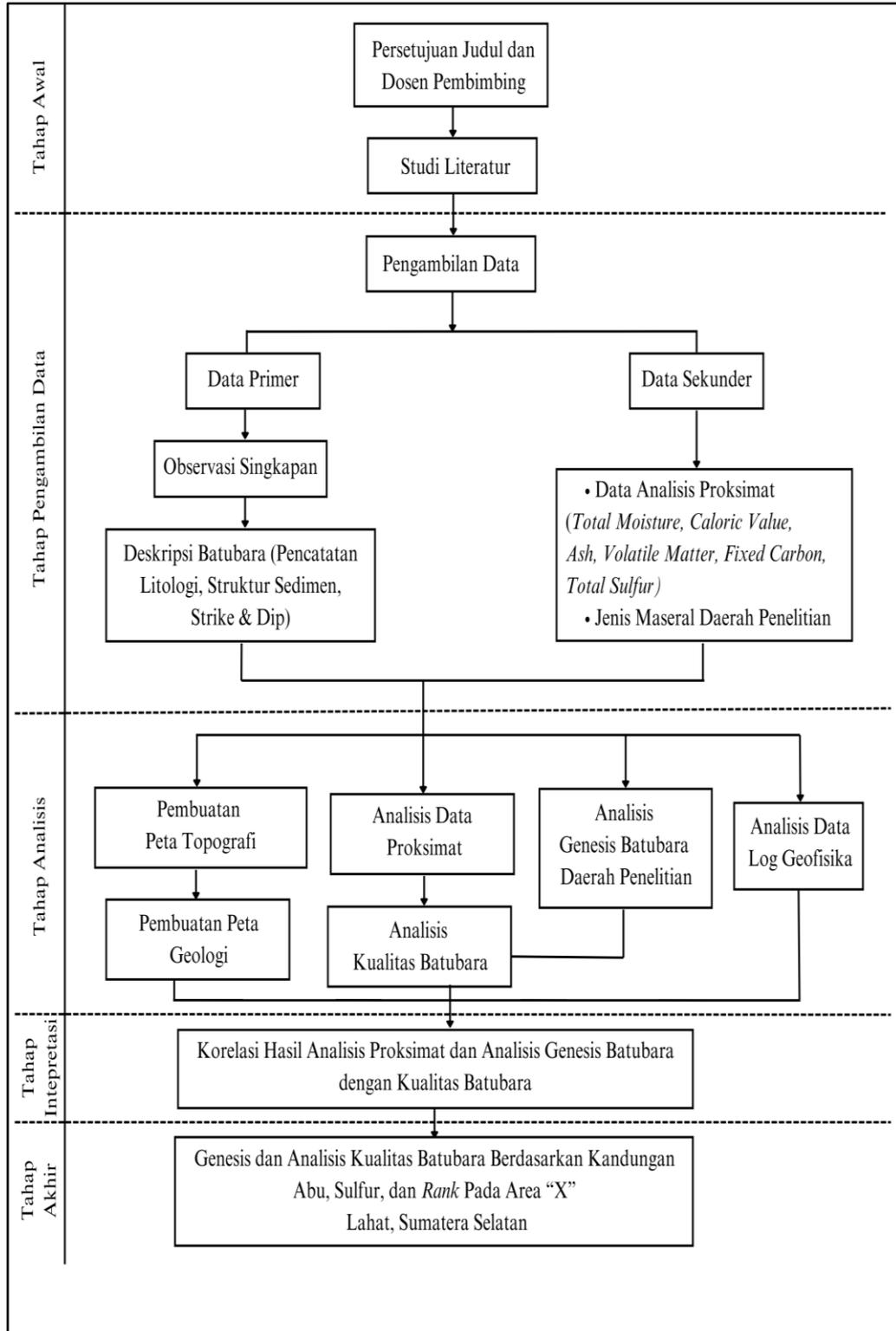
3. Pengolahan dan Interpretasi Data

Tahap selanjutnya adalah proses pengolahan data serta interpretasi data yang diperoleh selama tahap pengumpulan data berupa data pengamatan singkapan batubara di lapangan, analisa uji proksimat, analisis maseral batubara daerah Muara Enim, dan data hasil kegiatan pemboran. Kemudian dari data tersebut dilakukan proses interpretasi anomali yang berkembang sehingga dapat memberikan informasi pengaruh faktor geologi apa yang berpengaruh dalam penentuan kualitas batubara.

4. Penyusunan Laporan

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan. Data yang telah dianalisis selanjutnya dirumuskan lalu ditarik kesimpulannya kemudian disusun dan disajikan secara sistematis dan terperinci.

III.2 Diagram Alir Penelitian

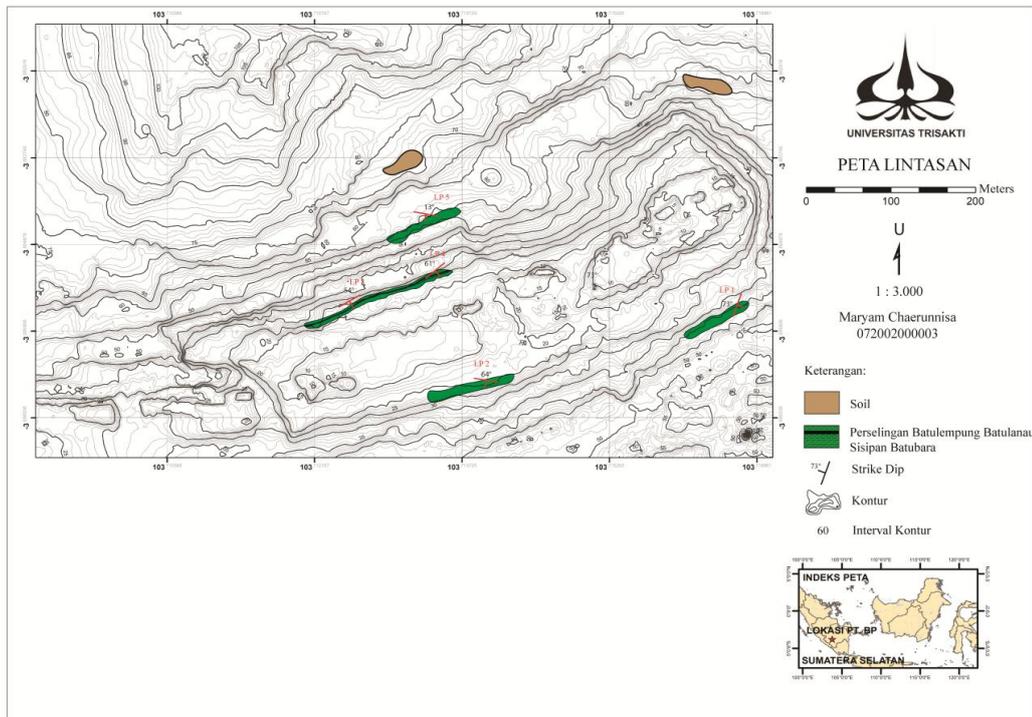


Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Data Penelitian

Penulis melakukan pengambilan data pada lokasi penelitian yang kemudian dibuat peta lintasan seperti pada (Gambar IV.1) yang berlokasi di area pertambangan PT. Banjarsari Pribumi, Lahat, Sumatera Selatan. Litologi yang menyusun di daerah penelitian terbagi atas dua satuan batuan yaitu satuan batupasir yang telah mengalami pelapukan sehingga menjadi soil dan satuan batulempung sisipan batubara yang berasal dari Formasi Muara Enim. Pada lokasi penelitian terdapat tiga *seam* yaitu *seam B*, *seam C* dan *seam D*. Kualitas batubara dapat ditentukan berdasarkan data analisis proksimat berupa nilai kandungan kadar abu dan sulfur guna mengetahui kualitas dari batubara tersebut. Kombinasi data tersebut kemudian di korelasikan untuk mengetahui kualitas batubara *seam B*, *seam C* dan *seam D*. Seluruh pengambilan data dilakukan di area “X” PT. Banjarsari Pribumi.



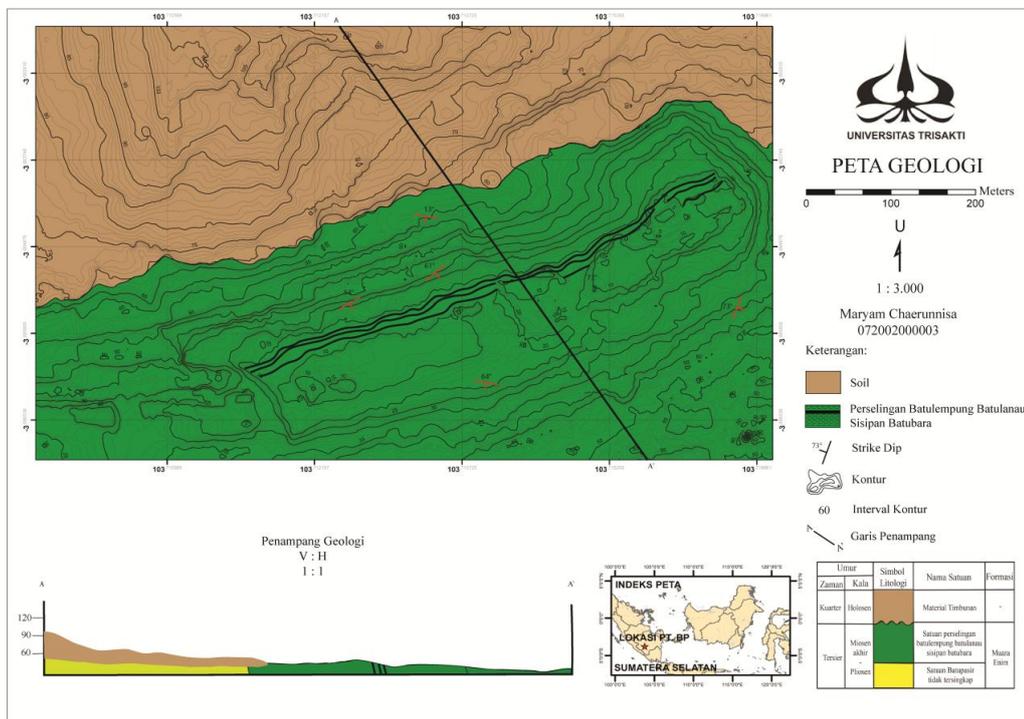
Gambar IV.1 Peta Lintasan Area “X” PT. Banjarsari Pribumi.

IV.2 Analisis Singkapan

Analisis singkapan dilakukan guna mengetahui stratigrafi batubara, ketebalan

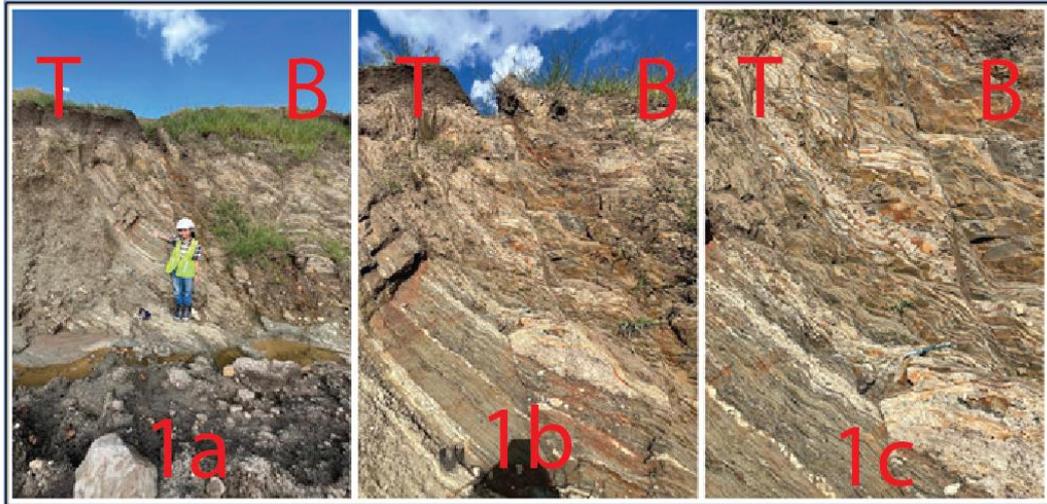
batubara, karakteristik lapisan pengapit batubara, serta litotipe batubara yang dapat diamati secara langsung di lapangan. Data yang telah di dapat tersebut kemudian dianalisis perlokasi pengamatan. Berdasarkan hasil pemetaan terdapat dua satuan batuan yang menyusun lokasi penelitian seperti yang tergambar pada (Gambar II.2) yaitu satuan batupasir yang memiliki luas penyebaran 60% dari keseluruhan lokasi pemetaan. Satuan batupasir menempati bagian utara yang menyebar dari barat daya hingga timur laut serta menempati bagian selatan yang menyebar dari barat hingga tenggara.

Selanjutnya terdapat satuan batulempung sisipan batubara yang memiliki luas penyebaran 40% dari keseluruhan lokasi pemetaan. Satuan batulempung sisipan batubara menempati bagian selatan yang menyebar dari barat daya hingga timur laut.



Gambar IV. 2 Peta Geologi Area "X" PT. Banjarsari Pribumi.

IV.2.1 Lokasi Pengamatan 1

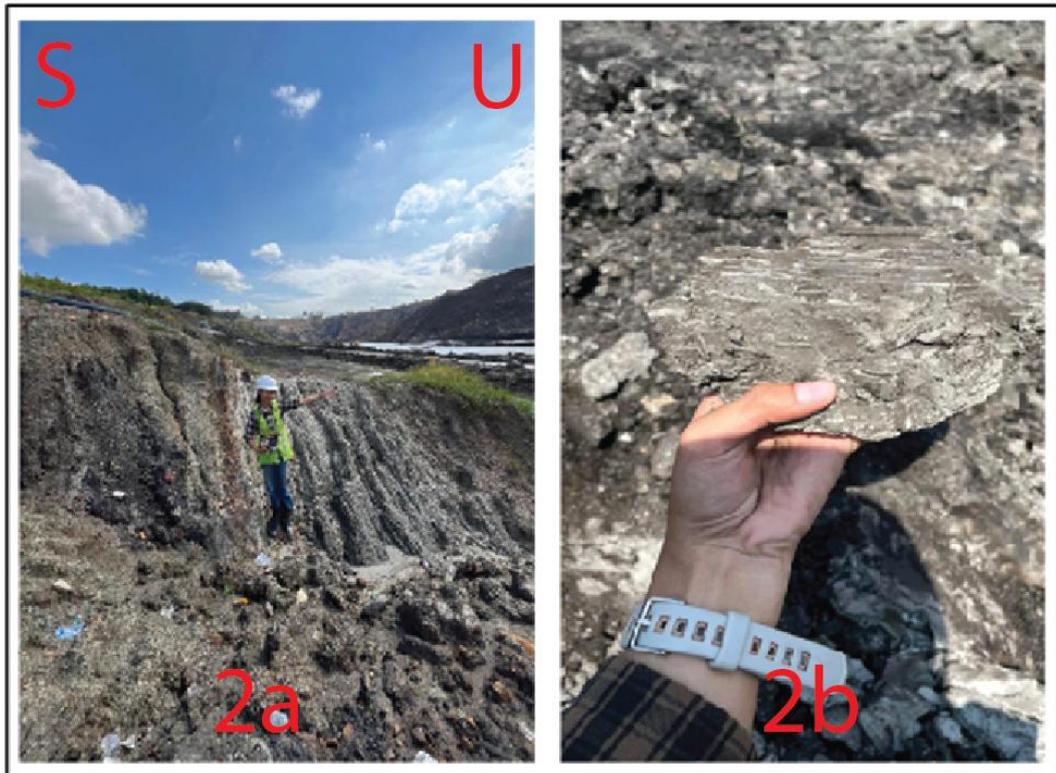


Gambar IV. 3 Lokasi Pengamatan Singkapan 1 (1a) Arah Orientasi dan Bentuk Singkapan, (1b dan 1c) Struktur Sedimen.

Lokasi pengamatan 1 yang terdapat pada (Gambar IV.3). Foto tersebut diambil mengarah ke arah selatan. Di bagian tenggara peta memiliki litologi berupa perselingan batulempung batulanau dengan kondisi *fresh* hingga lapuk yang disusun oleh sedimen berukuran halus yang berorientasi timur-barat. Lapisan ini memiliki warna abu-abu dengan struktur sedimen *wavy lamination* dan ketebalan lapisannya sekitar $\pm 2,2$ meter.

Dari hasil pengamatan diperoleh hasil pengukuran kedudukan lapisan (*strike dip*) dengan nilai $N200^{\circ}E / 73^{\circ}$.

IV.2.2 Lokasi Pengamatan 2

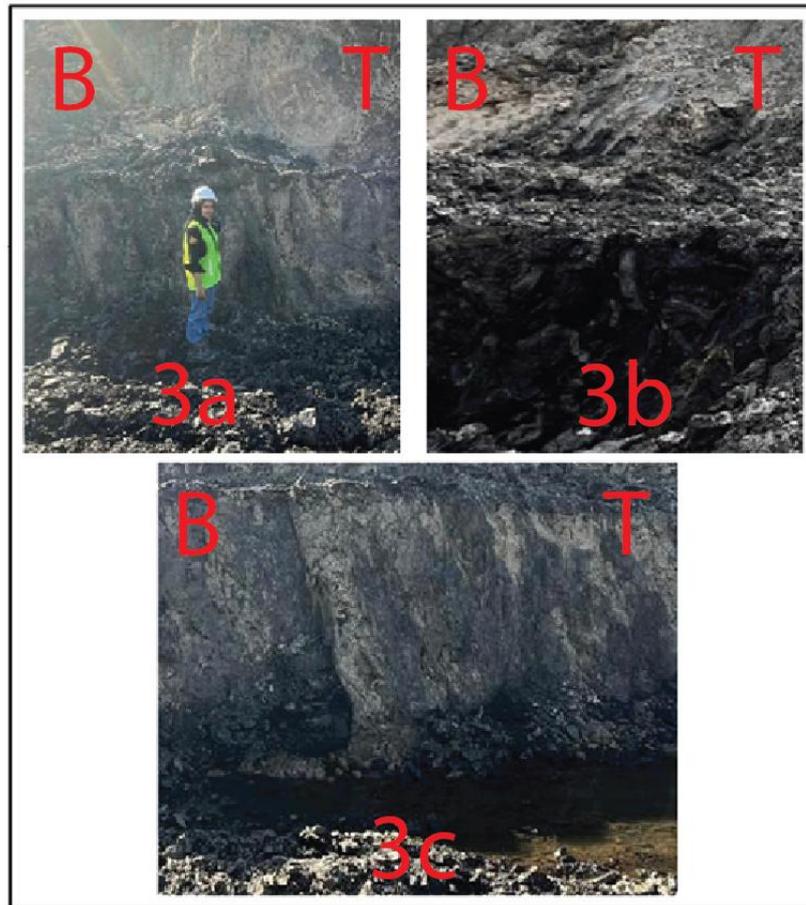


Gambar IV. 4 Lokasi Pengamatan Singkapan 2 (2a) Arah Orientasi dan Bentuk Singkapan, (2b) Struktur Sedimen.

Lokasi pengamatan 2 yang terdapat pada (Gambar IV.4). Foto tersebut diambil mengarah ke arah barat. Di bagian barat daya peta memiliki litologi berupa perselingan batulempung batulanau dengan kondisi lapuk yang berorientasi barat-timur. Singkapan ini berwarna abu-abu dengan struktur sedimen *flaser* dan memiliki ketebalan sekitar $\pm 1,9$ meter.

Dari hasil pengamatan diperoleh hasil pengukuran kedudukan lapisan (*strike dip*) dengan nilai $N43^{\circ}E / 64^{\circ}$.

IV.2.3 Lokasi Pengamatan 3

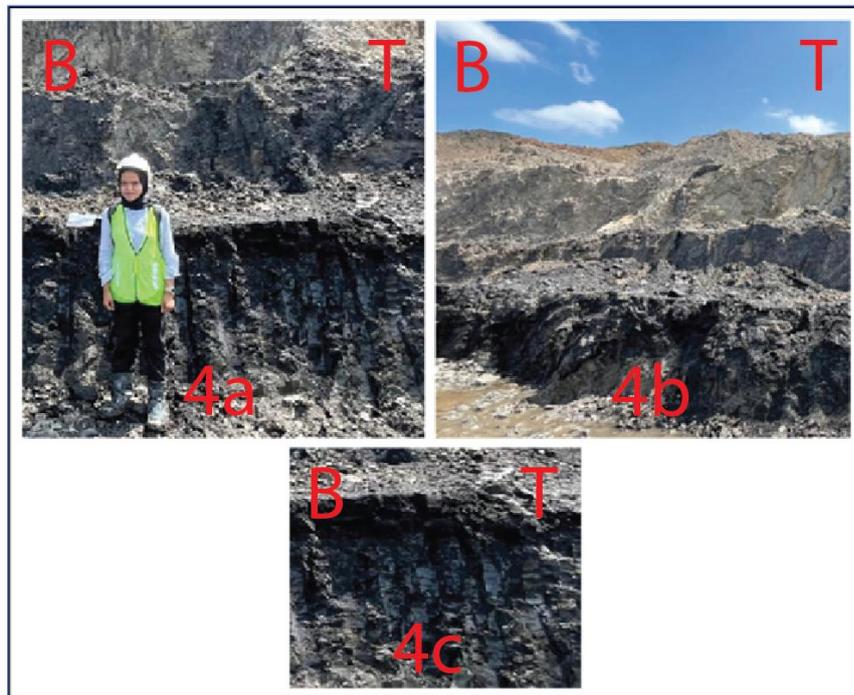


Gambar IV. 5 Lokasi Pengamatan Singkapan 3. (3a) Arah Orientasi dan Bentuk Singkapan, (3b) batulempung dan batubara, (3c) *floor* batubara.

Pada lokasi pengamatan 3 yang terdapat pada (Gambar IV.5). Foto tersebut diambil mengarah ke arah utara. Di bagian utara peta memiliki litologi berupa perselingan batulempung batulanau sisipan batubara dengan kondisi batulempung yang lapuk dan berorientasi barat-timur. Singkapan batulempung ini berwarna abu-abu dengan struktur sedimen *flaser* dan *wavy lamination* yang pada bagian ceratnya merupakan batulanau. memiliki ketebalan sekitar $\pm 2,1$ meter. Singkapan ini terletak pada bagian lintasan. Selanjutnya singkapan batubara yang dapat diamati secara megaskopis berwarna hitam keabuan, memiliki kilap agak kusam (Db) dengan *bright range* 10-40%, kekompakan *brittle*, gores hitam kecoklatan, kekerasan medium, serta memiliki pecahan *sub concoidal*. Lapisan batubara ini memiliki ketebalan $\pm 5,2$ m, serta berorientasi barat-timur.

Dari hasil pengamatan diperoleh hasil pengukuran kedudukan lapisan (*strike dip*) dengan nilai N240°E / 54°.

IV.2.4 Lokasi Pengamatan 4



Gambar IV. 6 Lokasi Pengamatan Singkapan 4. (4a) Arah Orientasi dan , (4b) Bentuk Singkapan batulempung dan batubara, (3c) *roof* batubara.

Lokasi pengamatan 4 yang terdapat pada (Gambar IV.6). Foto tersebut diambil mengarah ke arah utara. Litologi berupa perselingan batulempung batulanau sisipan batubara dengan kondisi batulempung yang lapuk serta berorientasi barat-timur. Singkapan batulempung ini berwarna abu-abu dengan struktur sedimen *flaser* dan *wavy lamination* yang pada bagian ceratnya merupakan batulanau. memiliki ketebalan sekitar $\pm 2,8$ meter. Singkapan ini terletak pada bagian lintasan. Selanjutnya singkapan batubara yang dapat diamati secara megaskopis berwarna hitam keabuan, memiliki kilap agak kusam (Db) dengan *bright range* 10-40%, kekompakan *brittle*, gores hitam kecoklatan, kekerasan medium, serta memiliki pecahan *sub concoidal*. Lapisan batubara ini memiliki ketebalan $\pm 5,6$ m, serta lapisannya berorientasi barat-timur.

Dari hasil pengamatan diperoleh hasil pengukuran kedudukan lapisan

(*strike dip*) dengan nilai N233°E / 61°.

IV.2.5 Lokasi Pengamatan 5



Gambar IV. 7 Lokasi Pengamatan Singkapan 5 . (5a) Arah Orientasi dan Material Soil, (3b) Materail Soil.

Lokasi pengamatan 5 yang terdapat pada (Gambar IV.7). Foto tersebut diambil mengarah ke arah utara. Di bagian utara atau dibelakang pembanding memiliki litologi berupa batulempung dengan kondisi lapuk yang berorientasi barat-timur. Singkapan ini berwarna abu-abu dan memiliki ketebalan sekitar $\pm 4,1$ meter.

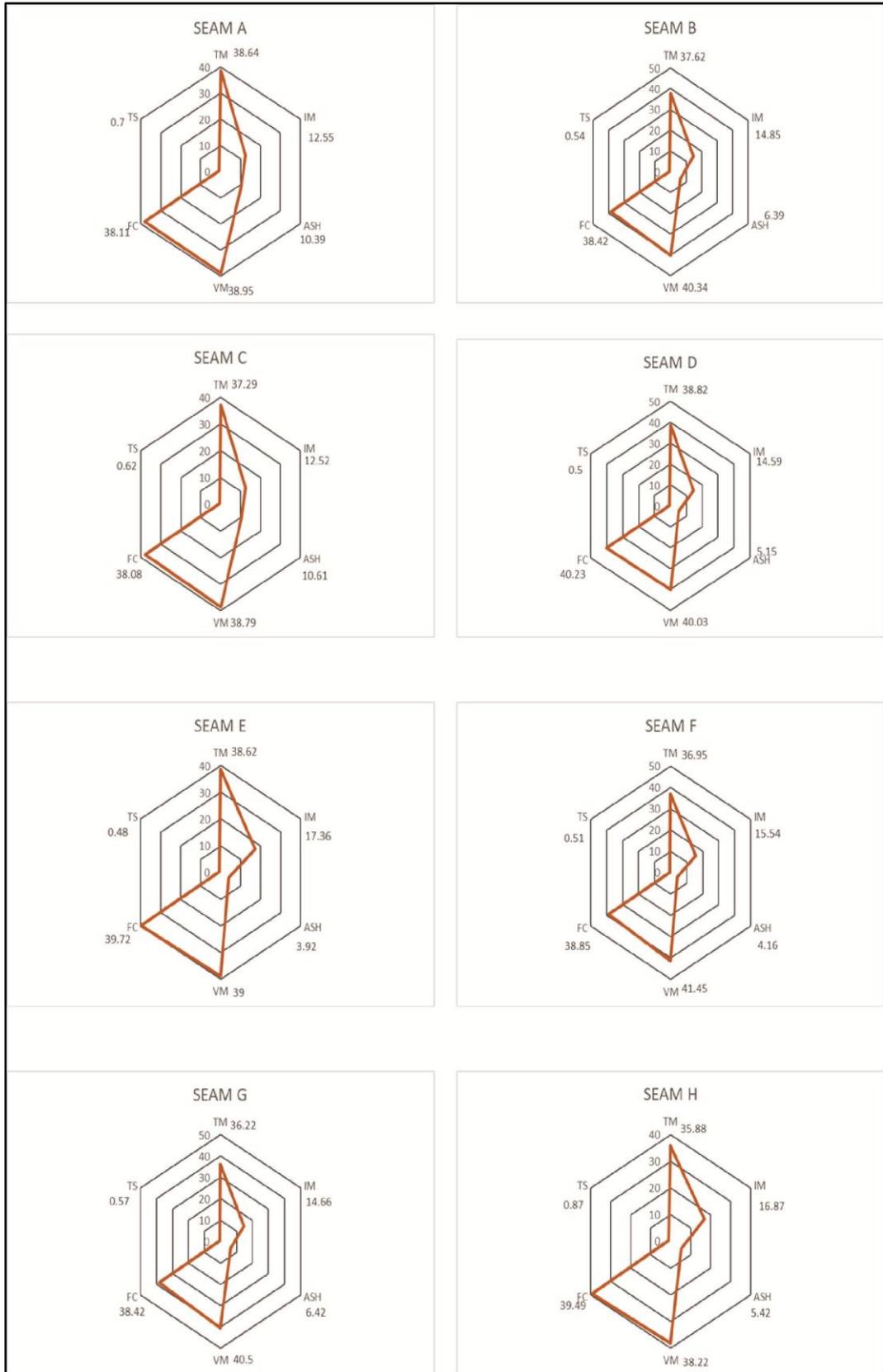
Dari hasil pengamatan diperoleh hasil pengukuran kedudukan lapisan (*strike dip*) dengan nilai N280°E / 13°.

IV.3 Karakteristik Batubara Daerah Penelitian

Secara pengamatan megaskopis di lokasi penelitian, kenampakan batubara memiliki warna hitam keabuan, kilap agak kusam (Db) dengan *bright range* 10-40%, kekompakan *brittle*, gores hitam kecoklatan, kekerasan medium, memiliki litotipe *durain* serta memiliki pecahan *cubic*. *Seam B* memiliki ketebalan $\pm 5,2$ meter, *seam C* memiliki ketebalan $\pm 6,7$ meter, dan *seam D* memiliki ketebalan $\pm 2,2$ meter dan diantara *seam B*, *seam C*, dan *seam D* terdapat *interburden* yang memiliki struktur sedimen berupa *wavy lamination -flaser* dengan rata-rata ketebalan $\pm 1,8$ meter. Terdapat juga data hasil analisis proksimat seperti yang tersajikan dalam (Tabel IV.1).

Tabel IV. 1 Hasil Analisis Proksimat PT. Banjarsari Pribumi

Sample Core	Seam	As Received				Air Dried Basis				Dry Ash Free			
		TM %	CV Cal/Kg	IM %	ASH %	VM %	FC %	TS %	CV Cal/Kg	VM %	TS %	CV Cal/g	
DPM01R_C10A	A	38.64	3832	12.55	10.39	38.95	38.11	0.7	5462	50.55	0.91	7088	
DPM01R_C10B	B	37.62	4130	14.85	6.39	40.34	38.42	0.54	5637	51.22	0.69	7157	
DPM01R_C10C	C	37.29	3883	12.52	10.61	38.79	38.08	0.62	5420	50.46	0.81	7051	
DPM19_C10D	D	38.82	4082	14.59	5.15	40.03	40.23	0.5	5699	49.88	0.62	7101	
DPM19_C10E	E	38.62	4163	17.36	3.92	39	39.72	0.48	5605	49.54	0.61	7120	
DPM19_C10F	F	36.95	4343	15.54	4.16	41.45	38.85	0.51	5818	51.62	0.64	7245	
DPM19_C10G	G	36.22	4226	14.66	6.42	40.5	38.42	0.57	5655	51.32	0.72	7165	
DPM19_C10H	H	35.88	4296	16.87	5.42	38.22	39.49	0.87	5570	49.18	1.12	7168	



Gambar IV. 8 Diagram Jaring Hasil Analisis Proksimat.

Berdasarkan hasil analisis proksimat yang dibuat ke dalam diagram jaring yang memuat data *total moisture* (TM), *inherent moisture* (IM), *ash content*, *volatile matter* (VM), *fixed carbon* (FC), dan *total sulphur* (TS) seperti pada (Gambar IV.8), terlihat seluruh *seam* hampir memiliki pola yang sama namun terlihat pada *seam A* dan *seam C* memiliki pola yang berbeda pada kandungan *ash*. Kadar abu pada kedua *seam* tersebut termasuk tinggi yakni sekitar 10%. Jika dilihat pada kandungan *fixed carbon*, kandungannya lebih rendah daripada ke enam *seam* lainnya meskipun hanya sedikit perbedaan besarannya. Namun faktor ini yang menjadi penyebab kedua *seam* tersebut berbeda dari yang lainnya. Saat kadar abu batubara tinggi, menandakan lebih banyak komponen mineral anorganik yang tidak terbakar sehingga mengurangi porsi material organik (seperti *fixed carbon*), yang berperan langsung dalam proses pembakaran. Batubara yang memiliki kadar abu tinggi biasanya terbentuk di lingkungan kaya akan mineral.

IV.3.2 Peringkat Batubara

Peringkat batubara dianalisis menggunakan metode uji proksimat (uji laboratorium) yang dilakukan oleh PT. Banjarsari Pribumi. Komponen hasil uji proksimat meliputi nilai *total moisture* (TM), *inherent moisture* (IM), *volatile matter* (VM) *total sulphur* (TS), *fixed carbon* (FC), *Ash*, dan *calorific value* (CV). Nilai analisis tersebut masih dalam bentuk ar (*as received*) dan adb (*air dried based*) sehingga perlu dikonversikan menjadi dmmf (*dry mineral matter free*) agar dapat dimasukkan kedalam klasifikasi (ASTM-D388 2004). (Sagala dan Rahmad, 2022). Berdasarkan tabel hasil analisis uji proksimat di daerah penelitian satuan yang diberikan yaitu satuan adb (*air dried based*) dimana analisis contoh sample batubara yang dilakukan dalam keadaan kelembapan suhu ruang dan ar (*as received*) dimana pengujiannya dilakukan secara langsung setelah sampel batubara tersebut diterima di laboratorium sehingga kelembapan saat pengambilan contoh berpengaruh terhadap kualitas batubara. Untuk menentukan kualitas batubara diperlukan data besarnya nilai *mineral matter* pada suatu batubara. *Mineral matter* merupakan senyawa kimia atau bahan organik pada batubara yang didalamnya mengandung karbon padat. Hasil analisis proksimat dapat menentukan tingkat (*rank*) dari batubara namun diperlukan pengonversian dari satuan *air dried based* (adb) ke

dalam satuan *dry mineral matter free* (dmmf) untuk dapat diklasifikasikan ke dalam (ASTM-D388 2004). Adapun konversi dilakukan sebagai berikut:

Seam B

$$\begin{aligned}
 \text{Mineral Matter (MM)} &= (1,08 \times \text{Ash \%adb}) + (0,55 \times \text{TS \%adb}) \\
 &= (1,08 \times 6,39) + (0,55 \times 0,54) \\
 &= 6,90 + 0,29 \\
 &= 7,19\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Calorific Value (CV) dmmf} = \frac{cv(adb) \times 100}{(100 - IM(\%adb) - MM)} = \frac{5637 \times 100}{(100 - 14,85 - 7,19)} = 7230$$

$$\begin{aligned}
 \text{Calorific Value (CV) mmf} &= \frac{cv(adb) \times 100}{(100 - MM)} = \frac{5637 \times 100}{(100 - 7,19)} \\
 &= 6073,6 \text{ kkal/kg} = 10931,4 \text{ Btu/lb}
 \end{aligned}$$

Seam C

$$\begin{aligned}
 \text{Mineral Matter (MM)} &= (1,08 \times \text{Ash \%adb}) + (0,55 \times \text{TS \%adb}) \\
 &= (1,08 \times 10,61) + (0,55 \times 0,62) \\
 &= 11,45 + 0,34 \\
 &= 11,79\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Calorific Value (CV) dmmf} = \frac{cv(adb) \times 100}{(100 - IM(\%adb) - MM)} = \frac{5420 \times 100}{(100 - 12,52 - 11,79)} = 7160$$

$$\begin{aligned}
 \text{Calorific Value (CV) mmf} &= \frac{cv(adb) \times 100}{(100 - MM)} = \frac{5420 \times 100}{(100 - 11,79)} \\
 &= 6144,4 \text{ kkal/kg} = 11059,9 \text{ Btu/lb}
 \end{aligned}$$

Seam D

$$\begin{aligned}
 \text{Mineral Matter (MM)} &= (1,08 \times \text{Ash \%adb}) + (0,55 \times \text{TS \%adb}) \\
 &= (1,08 \times 5,15) + (0,55 \times 0,5) \\
 &= 5,56 + 0,27 \\
 &= 5,83\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Calorific Value (CV) dmmf} = \frac{cv (adb) \times 100}{(100 - IM (\%adb) - MM)} = \frac{5699 \times 100}{(100 - 14,59 - 5,83)} = 7161$$

$$\begin{aligned} \text{Calorific Value (CV) mmf} &= \frac{cv (adb) \times 100}{(100 - MM)} = \frac{5699 \times 100}{(100 - 5,83)} \\ &= 6051,8 \text{ kkal/kg} = 10893,2 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *mineral matter* (MM) yang kemudian dihasilkan nilai kalori yang bernilai 10931,4 Btu/lb pada *seam* B, kemudian 11059,9 Btu/lb pada *seam* C dan 10893,2 Btu/lb pada *seam* D kemudian hasil tersebut dimasukan kedalam klasifikasi (ASTM-D388 2004) dan menghasilkan jenis batubara pada jenis *Bituminous C*.

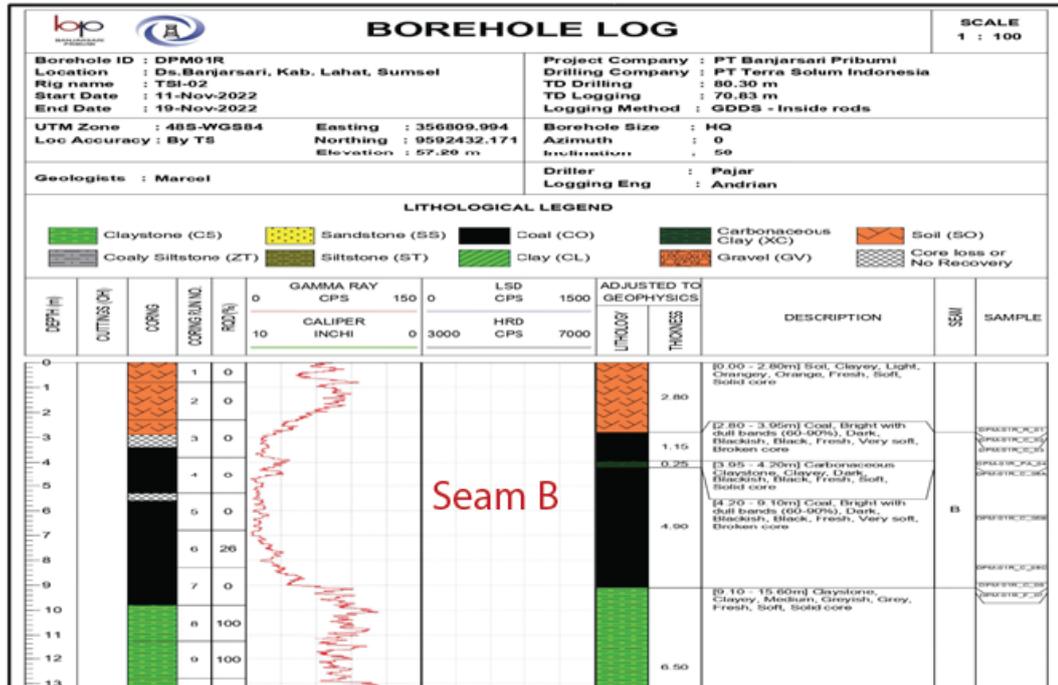
IV.4 Analisis Data *Well* Daerah Penelitian

Pada daerah penelitian terdapat tiga *seam* yang terdiri dari *seam* A, *seam* B, dan *seam* C yang terdapat dalam dua data sumur yaitu pada *well* DPM01R dan pada *well* DPM-19.

IV.4.1 Analisis Data *Well* DPM01R

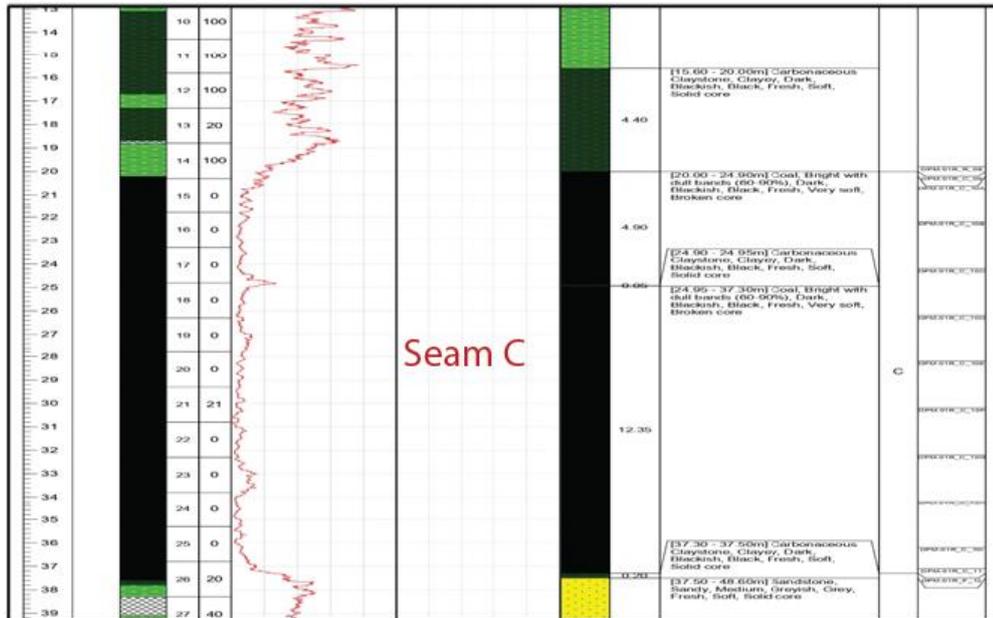
Pada data sumur DPM01R terdapat dua *seam* batubara daerah penelitian yaitu *seam* B dan *seam* C. Jika dilihat pada (Gambar IV.9) batubara *seam* B berada diantara lapisan soil dan batulempung. Soil tersebut memiliki ketebalan 3 meter sedangkan batubara nya memiliki ketebalan 7 meter dan batulempung memiliki ketebalan 6 meter. Berdasarkan nilai *gamma ray* batubara memiliki rata-rata nilai

sebesar 9,3 cps.



Gambar IV. 9 Interpretasi Well DPM01R Kedalaman 0-13.

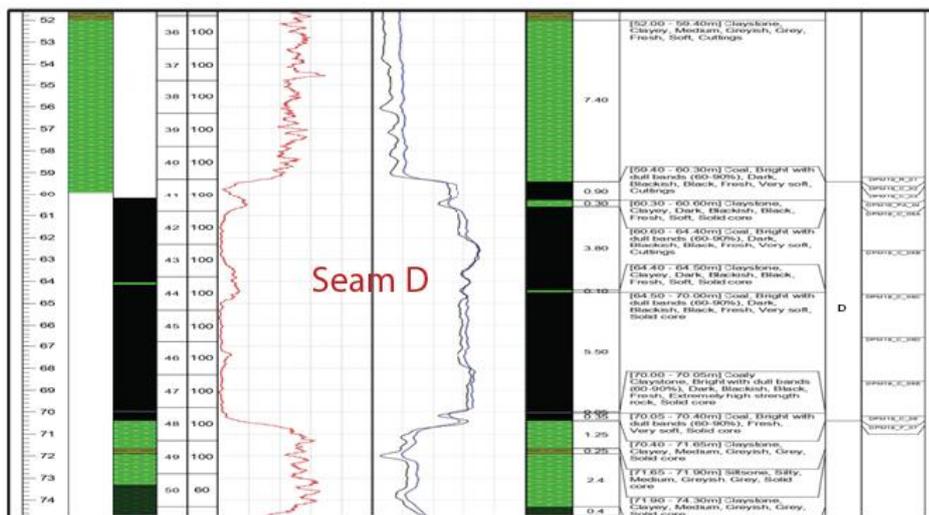
Masih pada sumur yang sama, jika dilihat pada (Gambar IV.9) batubara seam C berada diantara lapisan batulempung. Batulempung yang berada diatas batubara tersebut memiliki ketebalan 4 meter sedangkan batubara nya memiliki ketebalan 18 meter dan batulempung dibawah batubara memiliki ketebalan 0,7 meter. Berdasarkan nilai *gamma ray* batubara memiliki rata-rata nilai sebesar 28,5 cps.



Gambar IV. 10 Interpretasi Well DPM01R Kedalaman 13-39.

IV.4.2 Analisis Data Well DPM-19

Pada data sumur DPM-19 terdapat satu *seam* batubara daerah penelitian yaitu *seam D*. Jika dilihat pada (Gambar IV.11) batubara *seam D* berada diantara lapisan batulempung. Batulempung yang terdapat diatas batubara tersebut memiliki ketebalan 8 meter sedangkan batubara nya memiliki ketebalan 10 meter dan batulempung yang terdapat dibawah batubara memiliki ketebalan 2 meter. Berdasarkan nilai *gamma ray* batubara memiliki rata-rata nilai sebesar 12,9 cps.



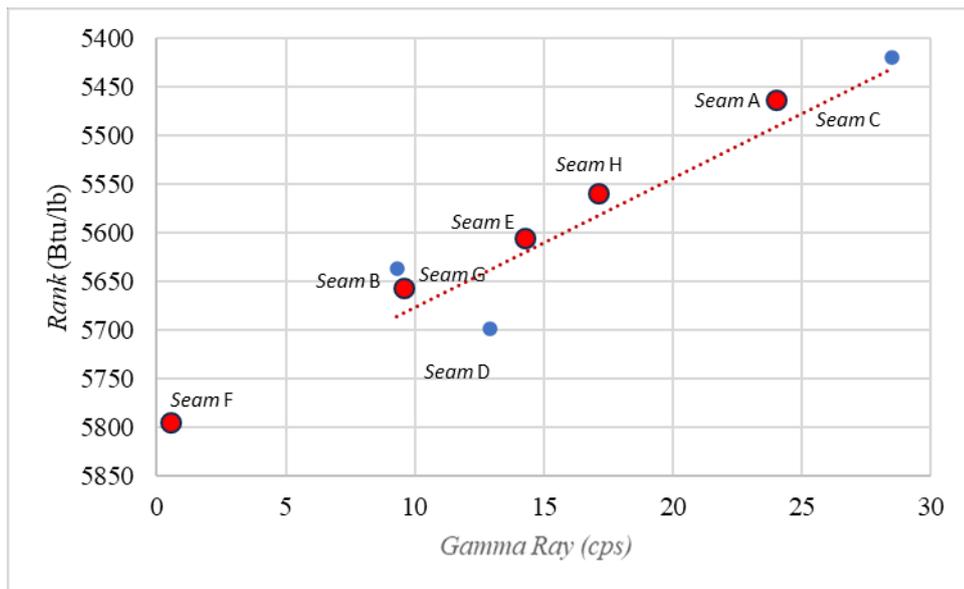
Gambar IV. 11 Interpretasi Well DPM01R Kedalaman 52-75.

IV.5 Genesis dan Analisis Kualitas Batubara

Dalam konteks geologi batubara, genesis merujuk pada proses terbentuknya batubara dari bahan organik (tumbuhan) yang terkumpul di lingkungan yang kemudian mengalami proses pembentukan batubara melalui proses fisik dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Analisis data *gamma ray*, *total sulphur*, *ash content*, dan *rank* dapat memberikan gambaran tentang bagaimana batubara di daerah Lahat, Sumatera Selatan terbentuk dan karakteristiknya.

Setelah mencari nilai rata-rata nilai *gamma ray* kemudian telah diketahui besarnya *total sulphur*, *rank*, dan *ash* dari hasil uji proksimat, maka dibuatlah grafik hubungan *gamma ray* dengan *rank* seperti pada (Gambar IV.12), *gamma ray* dengan *ash* pada (Gambar IV.13), *total sulphur* dengan *ash* (Gambar IV.14) serta *total sulphur* dengan *rank* (Gambar IV.15) untuk mengetahui genesis serta kualitas batubara daerah penelitian.

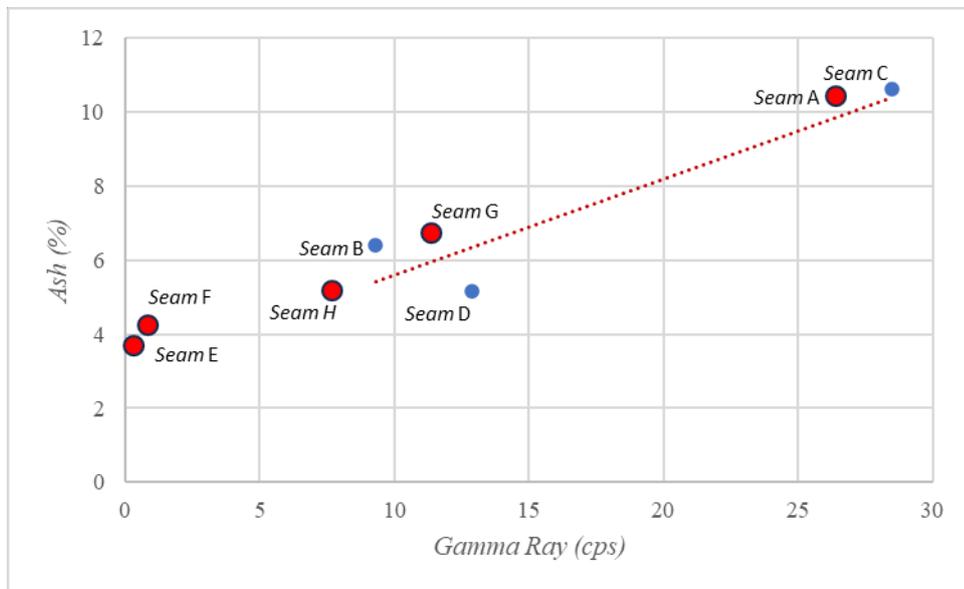
IV.5.1 Hubungan *Gamma Ray* dengan Kadar Abu, Sulfur, dan *Rank* Terhadap Genesis dan Kualitas Batubara Daerah Penelitian



Gambar IV. 12 Hubungan *Gamma Ray* dengan *Rank*.

Grafik seperti pada (Gambar IV.19) menggambarkan perbandingan antara *rank* dengan *gamma ray*. didapatkan bahwa *Seam C* menunjukkan nilai *gamma ray*

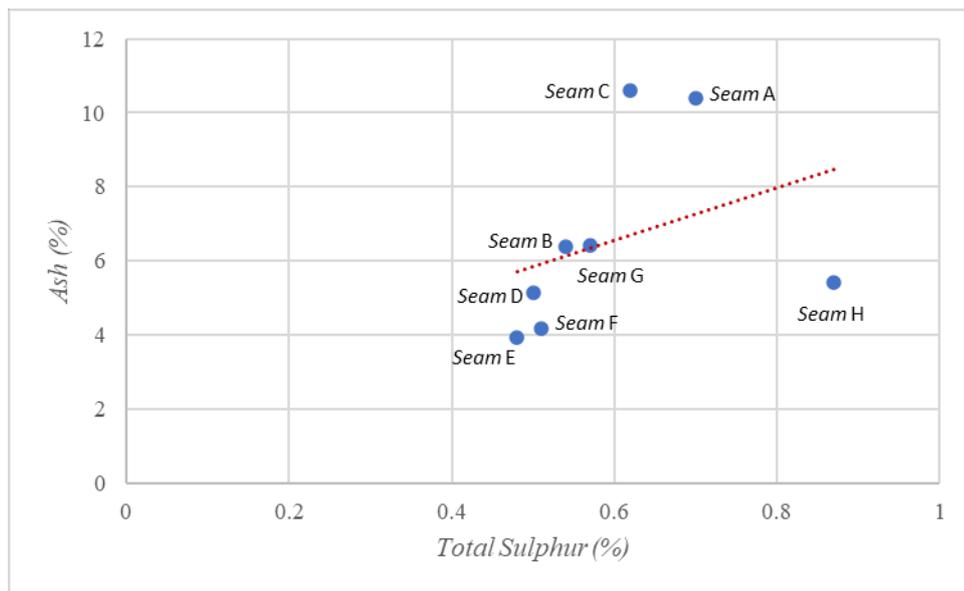
paling tinggi. Nilai meskipun perbedaan pada nilai *gamma ray* tidak terlalu jauh, pada *seam* yang memiliki nilai *gamma ray* lebih besar diduga akibat pengaruh sedimen atau lebih kaya akan material anorganik. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *Seam C* ataupun *seam* lainnya yang memiliki nilai *gamma ray besar* terbentuk di lingkungan yang lebih terpapar pengaruh air laut atau lebih terisolasi dari pengaruh udara bebas yang mengarah pada pengendapan zona delta. Sementara itu pada *seam* yang memiliki nilai *gamma ray* lebih rendah kemungkinan terbentuk di lingkungan yang lebih terisolasi dari pengaruh laut atau lebih jauh dari zona delta. Dari hubungan antara *rank* dan *gamma ray* yang tergambar dalam grafik dapat mencerminkan genesis batubara daerah penelitian melalui lingkungan pengendapan.



Gambar IV. 13 Hubungan *Gamma Ray* dengan *Ash*.

Selanjutnya tergambar pula dalam grafik yang menghubungkan antara kadar abu dengan *gamma ray* seperti pada (Gambar IV.20) diatas. Lingkungan pengendapan yang kaya akan lempung ataupun material sedimen menghasilkan batubara dengan kadar abu dan nilai *gamma ray* yang besar. Terlihat pada grafik bahwa *seam C* dan *seam A* memiliki nilai *gamma ray* dan kadar abu yang besar yang dapat mengindikasikan bahwa pengaruh besarnya berasal dari material lempung dan material sedimen lain ataupun mineral yang kaya akan potasium,

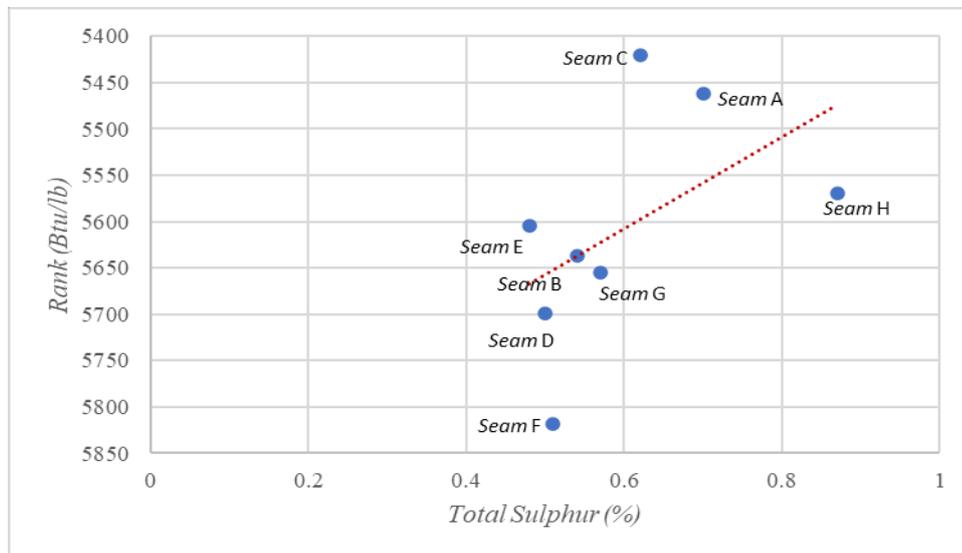
uranium, atau torium yang biasanya terbentuk pada lingkungan rawa delta. Sedangkan untuk *seam* yang memiliki kadar abu rendah dan *gamma ray* rendah menunjukkan sedikit pengaruh material anorganik serta terbentuk pada lingkungan yang stabil atau tanpa pengaruh material sedimen yang terjadi di lingkungan rawa basah yang mengandung banyak maseral *vitrinite*. Dari hubungan antara kadar abu dan *gamma ray* yang tergambar dalam grafik dapat mencerminkan genesis batubara berdasarkan sumber material sedimen serta pengaruh lingkungan pengendapan.



Gambar IV. 14 Hubungan Total Sulphur dengan Ash.

Pada (Gambar IV.21) menggambarkan perbandingan antara *ash content* dengan *total sulphur* ini menunjukkan pada lokasi penelitian bahwa *Seam A* dan *H* lebih terpengaruh oleh pengendapan dalam kondisi delta atau estuari dimana tempat air laut bertemu dengan air tawar yang membawa banyak mineral dari laut serta dapat meningkatkan kadar sulfur. Sementara *Seam* yang memiliki nilai *total sulphur* lebih rendah mengindikasikan lebih banyak mengandung bahan organik atau batubara itu sendiri dengan kandungan mineral lempung yang lebih sedikit. Ini bisa menunjukkan bahwa lapisan batubara ini terbentuk di lingkungan lebih jauh dari pengaruh air laut atau dalam kondisi lebih terkendali, seperti rawa atau hutan yang lebih dalam dimana mineral lempung lebih sedikit terbawa. Menurut Monita, dkk (2021), kandungan maseral berdasarkan sayatan petrografi daerah Muara Enim

adalah *vitritine (huminit)*. Maseral *vitritine* terbentuk pada lingkungan terestrial (daratan) yang basah, seperti hutan rawa, perairan dangkal, atau delta yang kaya akan vegetasi darat (Diessel, 1992). Hal ini sejalan dengan hasil analisis batubara daerah penelitian yang juga terbentuk pada lingkungan *Upper Delta Plain-Fluvial*. Kandungan huminit yang besar memperkuat dugaan bahwa batubara ini terbentuk di lingkungan pengendapan yang lebih terkendali dimana pengaruh air laut terbatas dan lebih banyak bahan organik dari tumbuhan darat yang terendapkan. Dari analisis data *total sulphur*, *rank*, dan *ash content* menunjukkan bahwa batubara ini mengalami pengendapan dalam lingkungan yang dapat mendukung pengendapan huminit dengan pengaruh air tawar atau pasang surut yang cukup, meskipun masih dalam batas yang tidak terlalu tinggi.



Gambar IV. 15 Hubungan *Total Sulphur* dengan *Rank*.

Grafik diatas menggambarkan hubungan antara *total sulphur* dengan *rank* (Gambar IV.22). Pada daerah penelitian setelah dilakukan perhitungan yang kemudian dimasukkan kedalam klasifikasi ASTM menunjukkan bahwa rank batubara berada pada tingkat bituminus rendah. Sementara itu jika dilihat pada grafik nilai *total sulphur* juga <1%. Hal ini menandakan adanya pengaruh air payau atau laut saat proses pengendapan berlangsung. Grafik yang menunjukkan penurunan sulfur seiring peningkatan rank mencerminkan proses maturasi yang normal contohnya seperti pada *seam A* dan *seam B*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses peningkatan *rank* pada daerah penelitian dipengaruhi oleh kombinasi faktor geologi dan lingkungan pengendapan. Tekanan dan suhu akibat pemendaman lapisan batubara selama jutaan tahun, pengaruh tektonik yang menyebabkan perlipatan dan pematatan, serta kemungkinan adanya intrusi magma yang memberikan panas tambahan, semuanya berkontribusi pada proses pematangan batubara. Selain itu, durasi pemendaman yang panjang dan komposisi awal yang kaya akan huminit mendukung karbonisasi bahan organik yang lebih efektif sehingga dapat menghasilkan batubara dengan peringkat bituminus rendah dan nilai kalor yang cukup tinggi.
2. Faktor geologi yang mempengaruhi besarnya kadar abu pada daerah penelitian dipengaruhi oleh beberapa faktor geologi, antara lain jenis lingkungan pengendapan yang membawa material sedimen seperti lempung dan pasir, kedalaman pemendaman yang menyebabkan pematatan dan kompaksi material. Selain itu, kondisi lingkungan seperti rawa tropis atau delta yang mengandung bahan organik dan sedimen juga turut menentukan besarnya kadar abu dalam batubara.
3. kadar abu dan kandungan sulfur pada daerah penelitian memiliki nilai yang cukup besar dikarenakan terendapkan pada lingkungan rawa-delta atau estuari yang menerima material sedimen dan pengaruh pasang surut air laut serta vegetasi penyusun batubara di daerah penelitian memiliki kandungan sulfur dan mineral bawaan yang lebih tinggi.

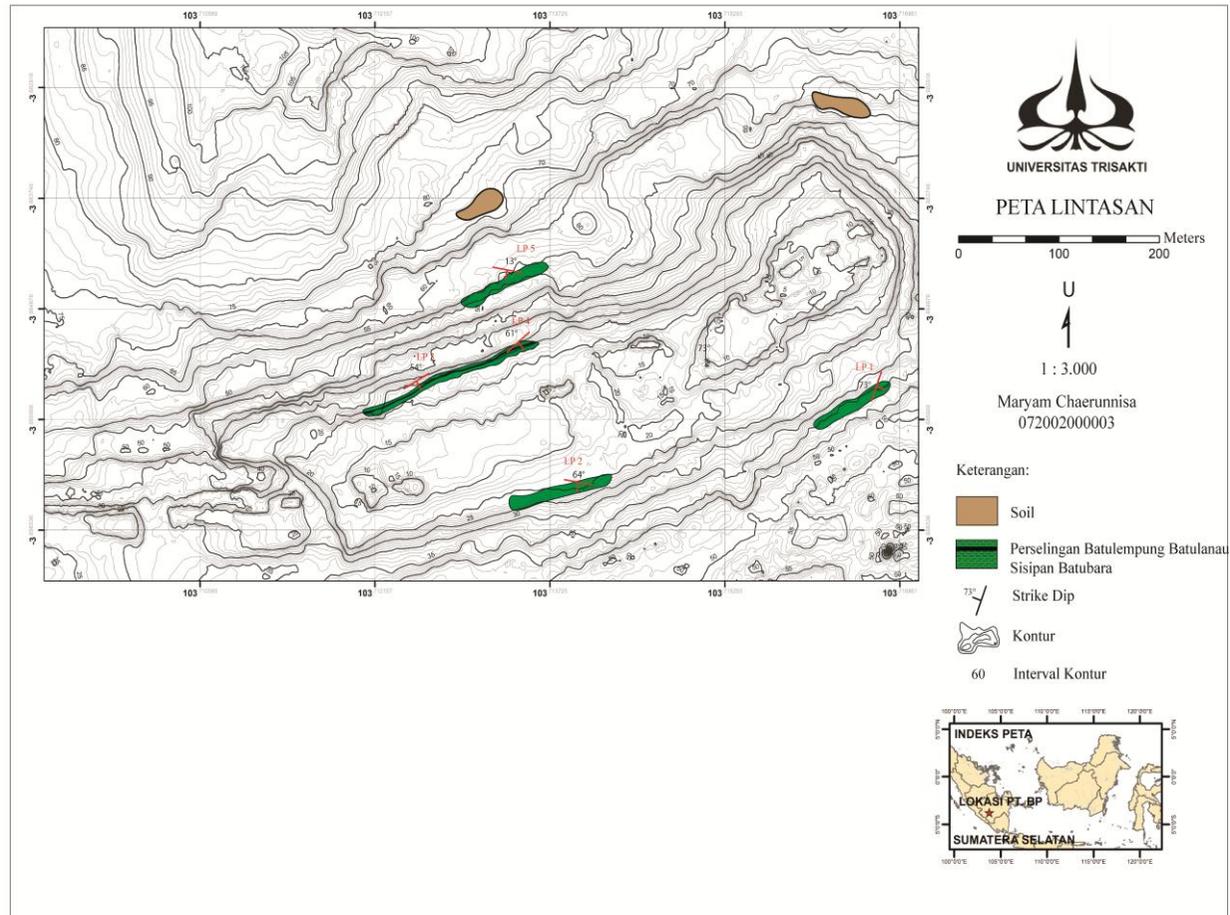
DAFTAR PUSTAKA

- Algadri Nafian, M., dan Rizal, Y. (2021): Geologi Batubara Daerah Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan, *Bulletin of Geologu*, 5(2), 589. <https://doi.org/10.5614/bull.geol.2021.5.2.3>
- Arif, I. I. (2014). *Batubara Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama.
- Chou, C.-L., & Huggins, F.E. (1995). *Sulfur in coal and its relation to mineral matter*. Fuel.
- D.A. Spears, C.S. Barlow, dan M.J. Gent. (1999). *The influence of tectonic and metamorphic processes on the evolution of coal rank and quality*. Geological Society, London, *Special Publications*.
- Hamilton, W. (1979). *Tectonic of Indonesian Region*. US: Geological Survey and Professional Paper 1078.
- Hilmi A, Maria U. (2021). Analisis Proksimat, Kandungan Sulfur dan Nilai Kalor dalam Penentuan Kualitas Batubara. *Indonesia Journal of Engineering*.
- Hornee, J.C, 1978, *Depositional Models and Coal Exploration and Mine Planning In Appalacian Region, AAPG Conversation SEPM Houston, Texas*.
- Hower J.C. (2004). *Controls on coal properties from basinal and paralic sedimentation in the Pennsylvanian of Indiana, USA International Journal of Coal Geology, Volume 57, Issues 1–2*.
- Kadaryati, N.(Dkk). (2019). Penentuan Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Karakteristik dan Maseral Batubara di PT X, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *Jurnal Geosains dan Teknolog*, Volume 2 no. 3, November 2019
- Kusumawardani, D., Aribowo, Y., Hidayatillah, A. S., & Usmani, F. (2018). Pemetaan Bawah Permukaan dan Perhitungan Cadangan Hidrokarbon Formasi Baturaja, Lapangan Mawar, Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 1(1), 25-33.
- Miall, A.D. (1997). *The Geology of Coal*. Springer.
- Millenia, T., Alimuddin, A., & 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,

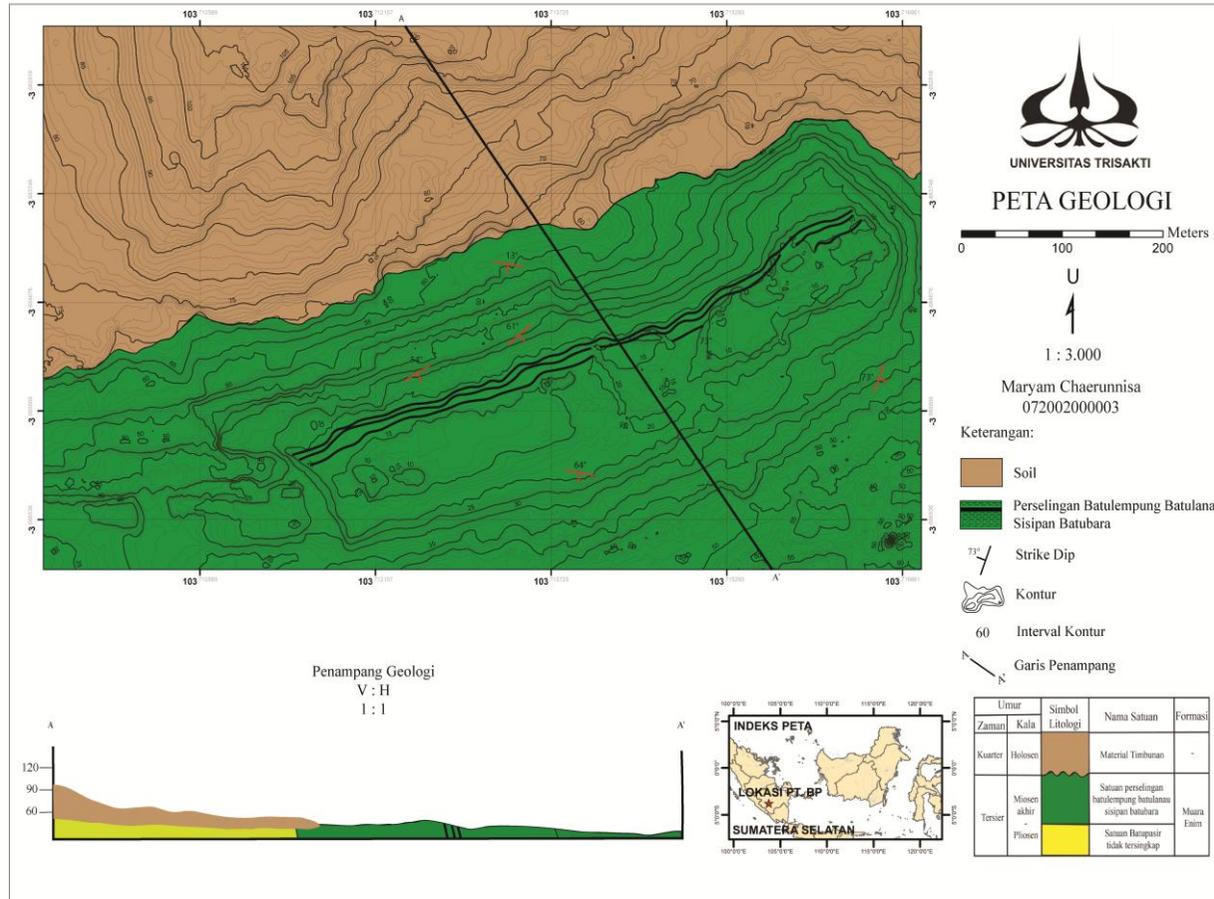
- Sumatera Selatan. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 811-818.
- Oliver Jr, M. L. Tuttle, dan Slatt, R. M. (2001). *Basin-centered gas systems: Controls on reservoir development and gas quality American Association of Petroleum Geologists, Memoir 74.*
- PT. Banjarsari Pribumi. (2022). Peta Geologi Lokal PT. BP-r1
- PT. Banjarsari Pribumi. (2022). Borhole Log PT. BP
- Putra, A.R,(Dkk). (2018). Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Keruh Daerah Kuantan-Singingi Provinsi Riau Berdasarkan Analisis Petrografi Organik. *Padjajaran Geoscience Journal* , Vol 2, No.6, Desember 2018
- Reddy, K.J. dan Hower, J.C. (2013). *Influence of basin tectonics on coal rank and quality variations, Powder River Basin, Wyoming and Montana, USA International Journal of Coal Geology, Volume 116-117.*
- Sagala, G. M., dan Rahmad, B. (2022): Geologi dan Kualitas Batubara Seam A2 Formasi Muara Enim Berdasarkan Data Log Daerah Muara Enim, Sumatera Selatan, *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, **9**.
- Santoso, D. (2015). Analisis Mineralogi dan Petrografi Batubara Formasi Muara Enim. *Jurnal Geologi Indonesia*, 10(2), 87–98.
- Sjafri I, dkk. (2018). Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Keruh Daerah Kuantan-Singingi Provinsi Riau Berdasarkan Analisis Petrografi Organik. *Padjajaran Geoscience Journal*.
- Tandirerung, R., & Santus, M. (2022). *Coal Facies Study Based on Maceral Characteristics in Klasuat Area, Klayili District, Sorong Regency, West Papua: Studi Fasies Batubara Berdasarkan Karakteristik Maseral Pada Daerah Klasuat, Distrik Klayili, Kabupaten Sorong, Papua Barat. INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 5(2), 43-52.
- Ward, C.R. (2002). *Analysis and significance of mineral matter in coal seams. International Journal of Coal Geology.*
- Zikri, A. (2020). Analisa Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Muara Enim Berdasarkan Data Wireline Log Pada “Lapangan X” Sumatera Selatan.

LAMPIRAN

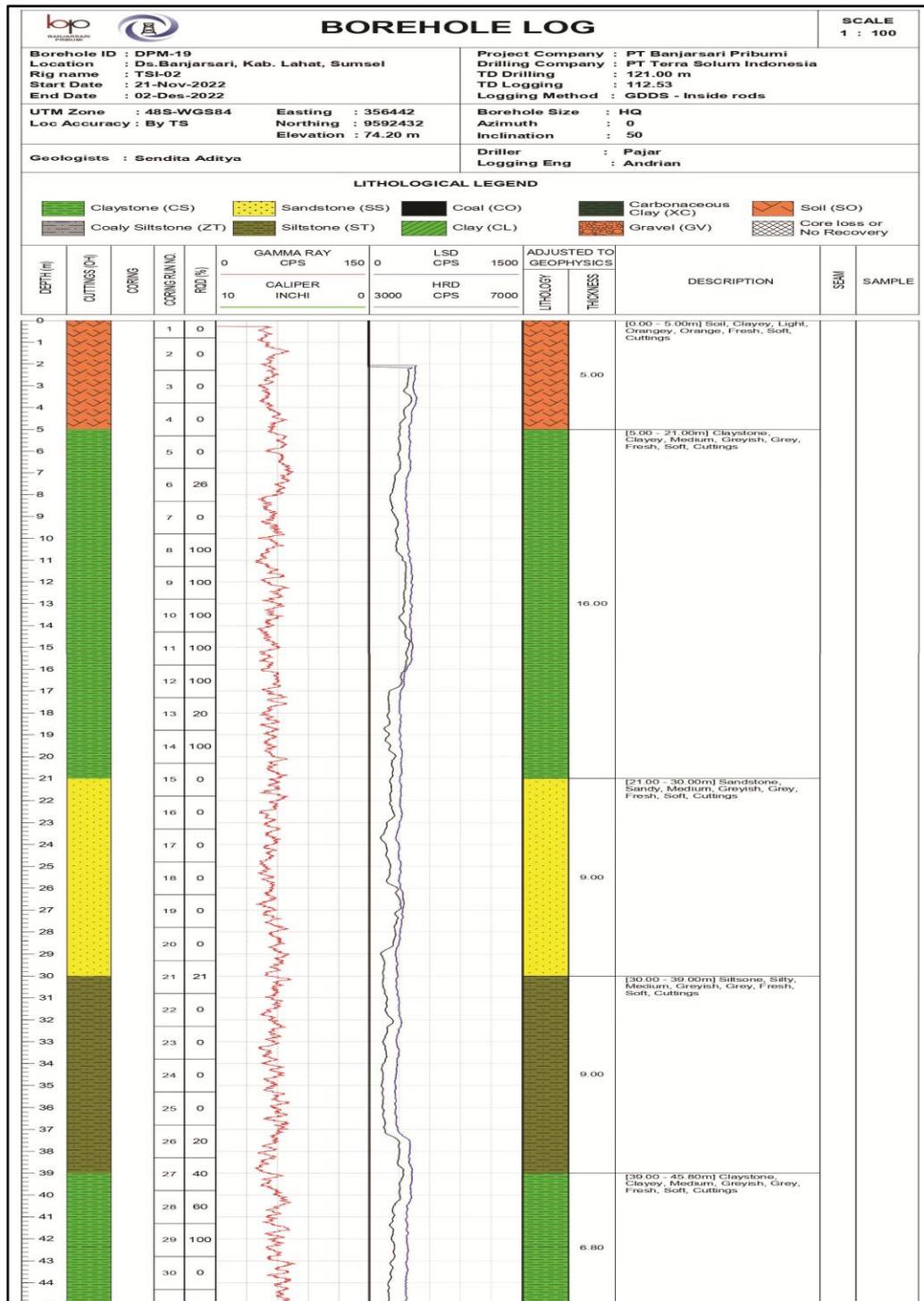
Lampiran 1 Peta Lintasan dan Lokasi Pengamatan

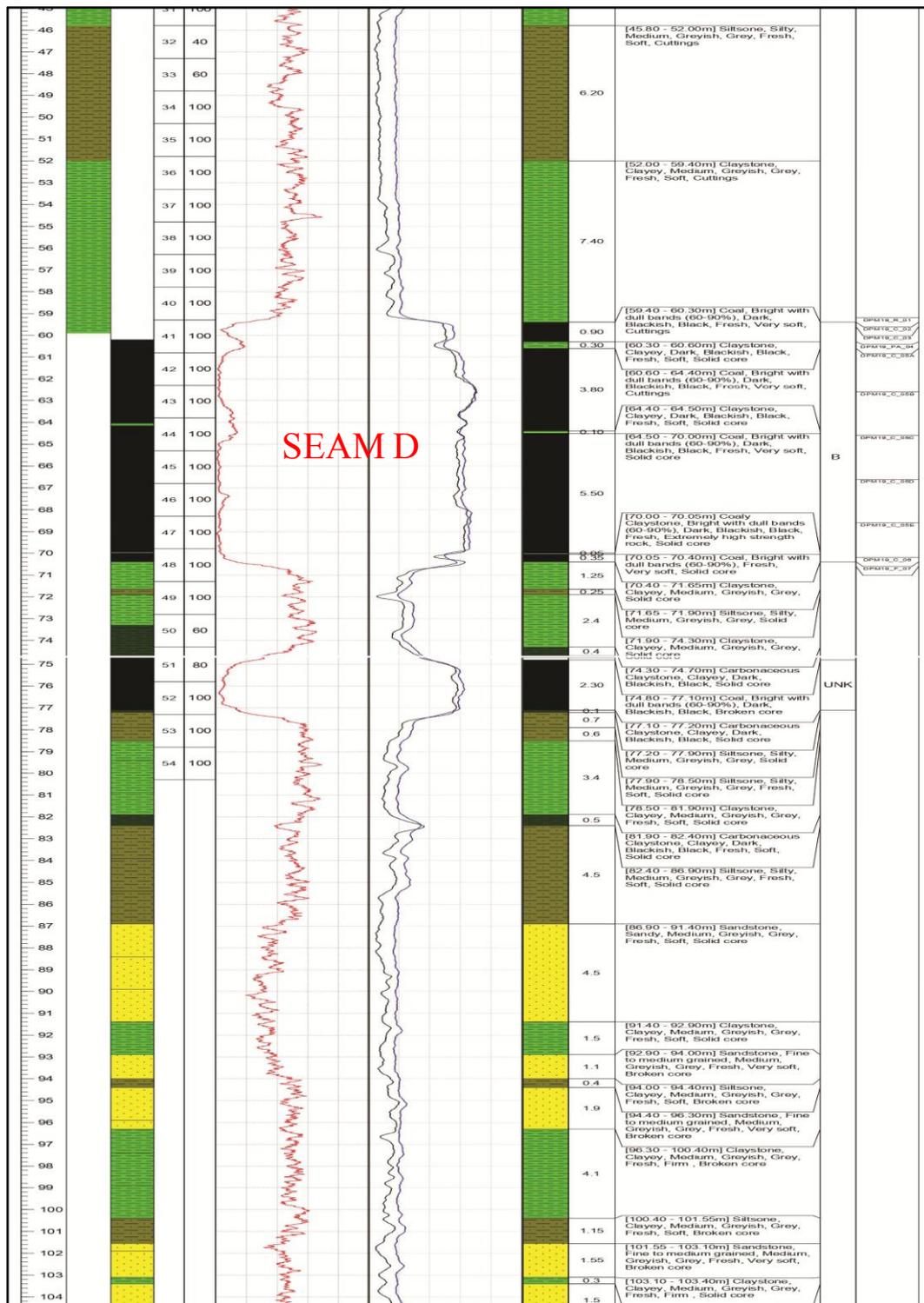


Lampiran 2 Peta Geologi Area "X".

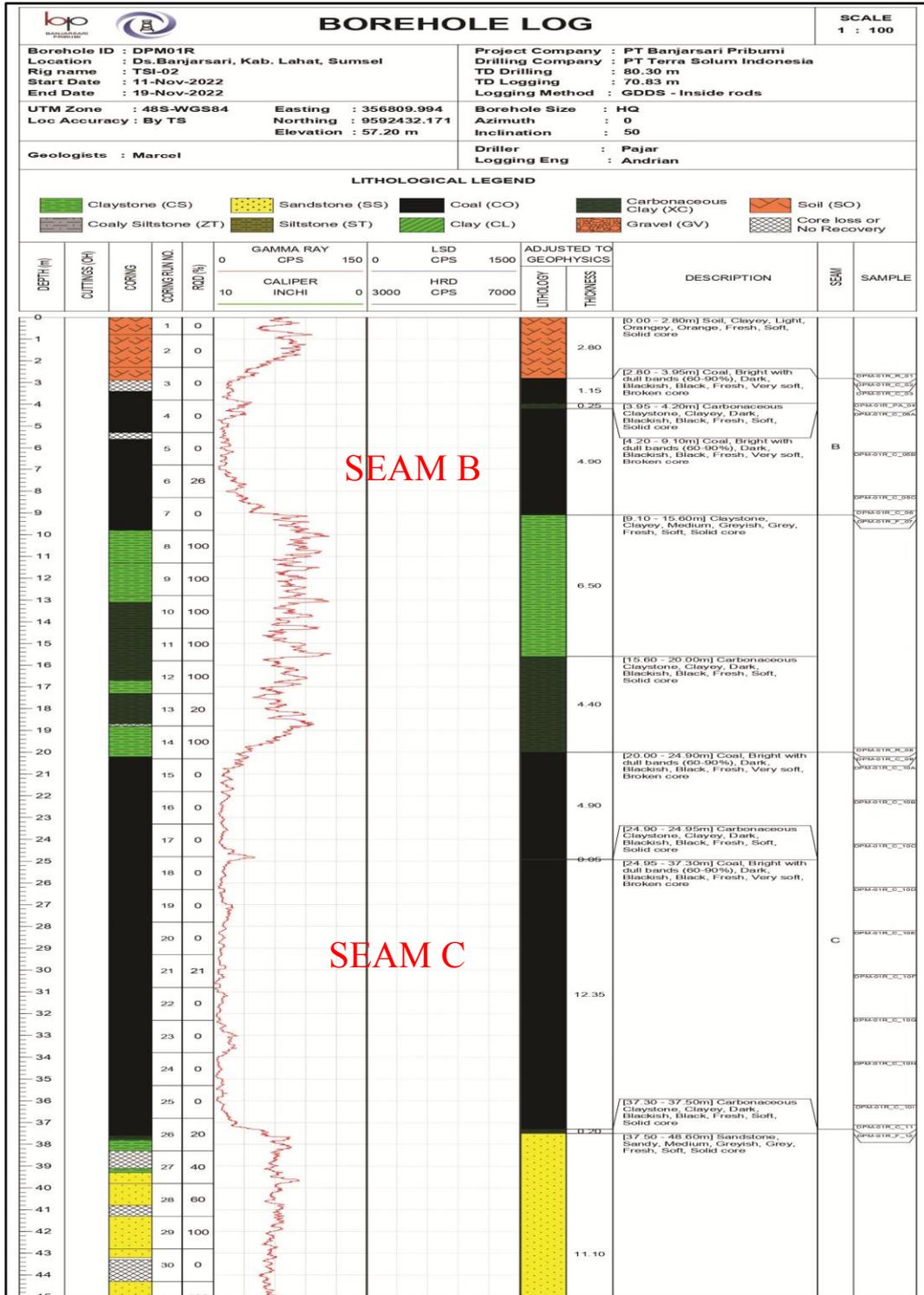


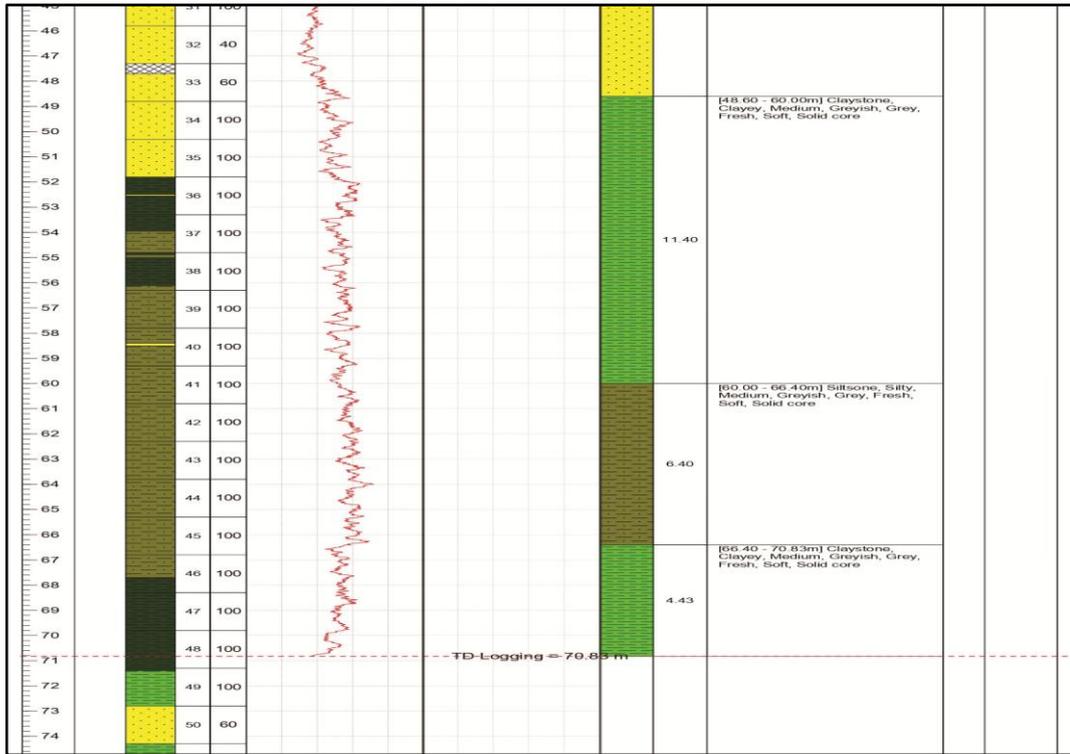
Lampiran 3 Borehole Log DPM-19





Lampiran 4 Borehole Log DPM01R







UNIVERSITAS TRISAKTI

FAKULTAS TEKNOLOGI KEBUMIHAN DAN ENERGI

FACULTY OF EARTH AND ENERGY TECHNOLOGY – UNIVERSITAS TRISAKTI

Kampus A – Jl. Kyai Tapa No.1 – Grogol – Jakarta Barat 1140 – Indonesia

Telp : +62-21-5670496 (Hunting)

Pesawat : Sekretariat Universitas; 8505, TP; 8509 TG; 8507 TT; 8513

E-mail : ftke@trisakti.ac.id

Website : <https://ftke.trisakti.ac.id>

Nomor : 1542/B.2/TG/USAkti/VII/2024
Lampiran : 1 (satu) Berkas
Perihal : Undangan Sidang Sarjana S-1
(Maryam Chaerunnisa - 072002000003)

Yang terhormat,

- | | | |
|---|------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Dr.Ir. Benyamin, M.T. | (Ketua Sidang) |
| 2 | Dr. Ir. Budi Wijaya, M.T. | (Pembimbing Akademik) |
| 3 | Dr. Ir. Moehammad Ali Jambak, M.T. | (Pembimbing Utama) |
| 4 | | (Pembimbing Pendamping) |
| 5 | Surya Darma Hafiz, S.T., M.T. | (Penguji I) |
| 6 | Wildan Tri K, S.T.,M.T. | (Penguji II) |

Di Tempat

Dengan ini kami mengundang Saudara untuk menghadiri Sidang Ujian Sarjana S1 mahasiswa:

N a m a : Maryam Chaerunnisa

N.I.M. : 072002000003

yang akan dilaksanakan pada:

Hari/Tanggal : Rabu,05 Februari 2025

Waktu : pkl.09.00-11.00 WIB

Tempat di : Ruang Sidang

JUDUL SKRIPSI

BAHASA INDONESIA : Genesis dan Analisis Kualitas Batubara Berdasarkan Kadar Abu, Sulfur, dan Rank Pada Area "X", Lahat, Sumatera Selatan

BAHASA INGGRIIS : ***Genesis and Analysis of Coal Quality Based on Ash Content, Sulfur, and Rank in Area "X", Lahat, Sumatera Selatan***

Atas kehadirannya diucapkan terima kasih.

Jakarta, 04 Februari 2025

a.n. Dekan

Program Studi Teknik Geologi

Ketua



Dr. Superman Dwi Nuryana, S.T., M.T.

NIK : 2959/USAkti