

FASIES PENGENDAPAN BATUBARA FORMASI MUARA ENIM DI TAMBANG AIR LAYA, CEKUNGAN SUMATRA SELATAN

Istighfar Ramadhana¹, Undang Mardiana¹, Budi Muljana¹, Hendra Maulana Irvan²

¹Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung,

²Satuan Kerja Eksplorasi & Geoteknik, PT. Bukit Asam, Tbk.

*Korespondensi: istighfarramadhana00@gmail.com

ABSTRAK

Cekungan Sumatera Selatan merupakan Cekungan Tersier yang dijumpai potensi batubara. Salah satu formasi pembawa batubara yaitu Formasi Muara Enim. Penelitian ini berfokus pada daerah tambang Air Laya, PT. Bukit Asam, Formasi Muara Enim, Cekungan Sumatra Selatan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis fasies pengendapan batubara dengan pendekatan analisis litofasies dan elektrofases. Data yang digunakan dalam penelitian meliputi 5 sumur yaitu DN-1, DN-2, DN-3, DN-4, dan DN-5 di mana pada tiap sumur ini terdapat data inti batuan (*core*) dan data *well logging* yang meliputi *natural gamma log*, *formation density log*, *Bed Resolution Density (BRD)*, dan *High Resolution Density (HRD)*. Berdasarkan hasil penelitian di tambang Air Laya PT. Bukit Asam memiliki 6 unit litofasies secara berurutan dari yang paling bawah, terdiri atas fasies 1 (fasies batulempung 1), fasies 2 (fasies batupasir 1), fasies 3 (fasies batulempung 2), fasies 4 (fasies Batulempung 3), fasies 5 (fasies batulempung 4), fasies 6 (fasies batupasir 2) dengan elektrofases yang dominan terdiri atas motif log *cylindrical*, *serrated*, *funnel*, *bell*, dan *symmetrical shape*. Berdasarkan dari analisis litofasies dan elektrofases dapat diinterpretasikan daerah penelitian memiliki fasies pengendapan dari *Transitional Lower Delta Plain* hingga *Upper Delta Plain*.

Kata Kunci: Tambang Air Laya, Litofasies, Elektrofases, Fasies Pengendapan Batubara

ABSTRACT

The South Sumatra Basin is a Tertiary Basin where coal potential is found. One of the coal-bearing formations is Muara Enim Formation. This research focuses on the Air Laya mine area, PT Bukit Asam, Muara Enim Formation, South Sumatra Basin. This research was conducted to analyze the facies of coal deposition with the approach of lithofacies and electrofacies analysis. The data used in the study includes 5 wells namely DN-1, DN-2, DN-3, DN-4, and DN-5 where in each well there are core data and well logging data which includes natural gamma log, formation density log, Bed Resolution Density (BRD), and High Resolution Density (HRD). Based on the research results at the Air Laya mine of PT. Bukit Asam has 6 lithofacies units in order from the lowest, consisting of facies 1 (mudstone facies 1), facies 2 (sandstone facies 1), facies 3 (mudstone facies 2), facies 4 (mudstone facies 3), facies 5 (mudstone facies 4), facies 6 (sandstone facies 2) with dominant electrofacies consisting of log cylindrical, serrated, funnel, bell, and symmetrical shape motifs. Based on the lithofacies and electrofacies analysis, it can be interpreted that the study area has depositional facies from Transitional Lower Delta Plain to Upper Delta Plain.

Keywords: Air Laya Mining Area, Lithofacies, Electrofacies, Coal Deposition Facies

1. PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber daya energi alternatif potensial yang dapat menggantikan energi minyak bumi di masa yang akan mendatang. Indonesia mempunyai sumber daya batubara yang cukup besar tersebar terutama di Kalimantan dan Sumatera. Potensi sumber daya batubara di Indonesia mencapai sebesar 128 milyar ton dan cadangan batubara sebesar 40 milyar ton (Badan Geologi, 2016 dalam Purnama, A. dkk., 2018).

Cekungan Sumatera Selatan merupakan salah satu cekungan Tersier yang dijumpai potensi sumber energi batubara. Salah satu formasi pembawa batubara yaitu Formasi Muara Enim. Penelitian ini berfokus pada daerah tambang Air Laya, PT. Bukit Asam, Formasi Muara Enim, Cekungan Sumatra Selatan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis fasies pengendapan batubara dengan pendekatan atau analisis litofasies dan analisis elektrofases untuk mengetahui keterbentukan *seam* batubara pada daerah penelitian. Analisis litofasies menggunakan data *core* sedangkan analisis elektrofases menggunakan log *gamma ray* atau *natural gamma*. Adapun dari analisis ini akan diketahui fasies pengendapan batubara daerah penelitian, berdasarkan model lingkungan pengendapan dari Horne (1978).

2. GEOLOGI REGIONAL

a. Fisiografi Cekungan Sumatera Selatan

Daerah penelitian termasuk ke dalam Cekungan Sumatera Selatan, yang merupakan cekungan Tersier. Cekungan ini di batasi oleh Tinggian Tigapuluh dan Cekungan Sumatera Tengah di sebelah utara, sebelah timur dibatasi oleh Paparan Sunda, di sebelah tenggara dibatasi oleh Cekungan Sunda dan Pegunungan Dua

Belas, di sebelah selatan oleh Tinggian Lampung, serta di sebelah barat berbatasan dengan Cekungan Bengkulu, Bukit Barisan, dan Sesar Semangko. Cekungan Sumatera Selatan menempati area seluas sekitar 250 kali 400 km (De Coster, 1974).

b. Tataan Tektonik Cekungan Sumatera Selatan

Cekungan Sumatera Selatan merupakan hasil aktivitas tektonik yang berkaitan erat dengan subduksi Lempeng Indo-Australia yang bergerak dari utara ke timur laut menuju Lempeng Eurasia. Zona subduksi lempeng meliputi wilayah barat Pulau Sumatera dan selatan Pulau Jawa. Beberapa pelat mikro yang berada di antara zona interaksi juga bergerak dan menghasilkan zona konvergen dalam berbagai bentuk dan arah. Subduksi lempeng Indo-Australia dapat mempengaruhi kondisi batuan, morfologi, tektonik dan struktur di Sumatera Selatan. Tumbukan tektonik lempeng di pulau Sumatera menghasilkan busur depan/*fore arc*, busur magmatik, dan busur belakang/*back arc* (Ginger & Fielding, 2005). Pulunggono (1992) menyatakan bahwa daerah Cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan busur belakang (*back arc*) yang terbentuk pada Tersier Awal (Eosen-Oligosen).

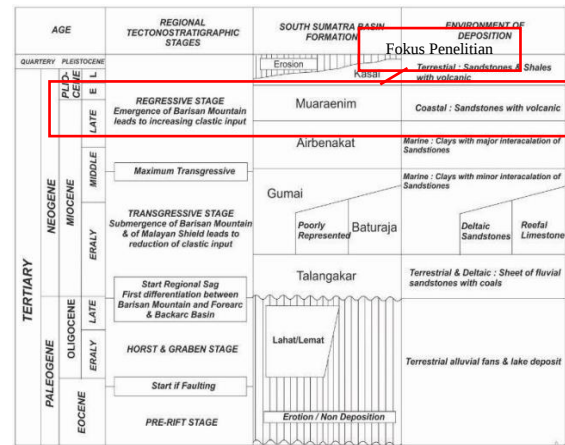
Fitur tektonik yang ada di Cekungan Sumatera Selatan sekarang merupakan hasil dari aktivitas orogeni Mesozoikum hingga Plio-Pleistosen (Pulunggono, 1992). Cekungan Sumatera Selatan telah mengalami tiga kali orogenesis, yaitu pada Orogeni Mesozoikum Tengah, tektonisme Kapur Akhir – Tersier Awal dan orogeni Plio-Pleistosen (De Coster, 1974). Aktivitas orogeni ini terutama terkait dengan tumbukan (*collision*) dan subduksi Lempeng Indo-Australia di bawah lempeng Eurasia dan dari aktivitas orogeni ini juga

akan menghasilkan fitur-fitur struktural yang ada di Cekungan Sumatera Selatan.

Sesar yang terbentuk pada cekungan ini adalah sesar naik, sesar mendatar, dan sesar normal. Arah struktur dominan adalah berarah barat laut – tenggara yang dihasilkan dari orogeni Plio-Pleistosen. Pola struktur tua menunjukkan orientasi Utara – Selatan dan pola struktur muda menunjukkan arah Barat Laut – Tenggara yang sejajar dengan arah (*trend*) Sumatera. Secara tektonik Cekungan Sumatera Selatan terbagi menjadi dua Sub-cekungan yaitu Sub-cekungan Jambi di bagian Barat Daya dan Sub-cekungan Palembang di bagian Selatan – Tenggara. Kedua Sub-cekungan tersebut dipisahkan oleh sesar Kikim yang berarah Timur Laut – Barat Daya. Sub-cekungan Palembang sendiri terbagi menjadi tiga sub-cekungan berdasarkan bentuk konfigurasi cekungan dan pola struktur, yaitu Sub-cekungan Palembang Utara, Sub-cekungan Palembang Tengah, dan Sub-cekungan Palembang Selatan (Sitompul, dkk., 1992).

c. Stratigrafi Regional Cekungan Sumatera Selatan

Secara umum, stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan memiliki urutan dari tua ke muda sebagai berikut: Batuan dasar (*basement*), Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, Formasi Gumai, Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim, dan Formasi Kasai (Barber dkk., 2005) (gambar 1). Cekungan Sumatera Selatan merupakan salah satu cekungan yang mengandung formasi pembawa lapisan batubara, seperti Formasi Muara Enim, Formasi Talang Akar dan Formasi Lahat, serta Formasi Kasai.



Gambar 1. Kolom stratigrafi regional Cekungan Sumatera Selatan (Barber, et al., 2005)

Formasi Muara Enim merupakan formasi pembawa batubara yang berumur Miosen Akhir – Pliosen yang merupakan proses pengendapan regresi, dari laut dangkal (Formasi Air Benakat) hingga lingkungan darat (Formasi Kasai) (de Coster, 1974). Lingkungan pengendapan batubara Formasi Muara Enim adalah lingkungan *Upper Delta Plain – Fluvial* (Purnama, Asep B., 2021). Rajagukguk dan Nalendra (2018) mengkaji batubara pada Formasi Muara Enim diendapkan pada lingkungan *Lower Delta Plain* hingga *Upper Delta Plain*. Dalam Formasi Muara Enim setidaknya terdapat 11 lapisan batubara utama, dari bawah ke atas, yaitu lapisan batubara Kladi, Merapi, Petai (C), Suban (B), Mangus (A), Burung, Benuang, Kebon, Babat/Benakat (Enim), Jelawatan/Lematang, Niru. Proses sedimentasi batubara di formasi ini dipengaruhi oleh susut laut pada peristiwa perubahan muka air laut yang terjadi pada Kala Miosen. Berdasarkan fasiesnya, Formasi Muara Enim dibagi menjadi 4 anggota (Shell, 1978), yaitu M1, M2, M3, M4 (Gambar 2).

UMUR	FORMASI	PEMERIAN LITOLOGI	LAPISAN BATUBARA	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	ALUVIUM	Berbagai jenis endapan darat, sebagian adalah hasil rombakan Formasi Kasei (Qk)		Kontinen
PUJOSIN	KASAI	Batu pasir abu-abu terang, berukuran kerakal, tufan, secara setempat glaukonit, mengandung kuarsa kristalin. Batu lempung, kasitrik, hijau kebiruan sampai biru. Batu apung komposisi asam, mengandung konkresi batuan vulkanik batu pasir tufan, beberapa lensa batu bara. Tebal Formasi 400-1.000 m		Aktivitas vulkanik bertamabah kuat
	M4	Batu lempung tufan, hijau kebiruan dan lempung pasirin, mengandung batu lempung batu baran, oksid tua. Batu pasir putih sampai abu-abu berbutir halus sampai kasar, beberapa mengandung glaukonit. Di daerah Palembang didapatkan lapisan batu apung. Tebal Formasi 120-300 m	■ Niru ■ Lematang ■ Babat/ Benakat ■ Karbon	Limnik/ payau
	M3	Kompleks batu pasir dan batu lanau. Ditutupi secara dominan oleh batu lempung, hijau kebiruan, hijau keabu-abuan dan oksid keabu-abuan. Beberapa lapisan tipis batuan gampingan dan dolomitik. Lapisan batu pasir bawah berbutir halus, hijau keabu-abuan pada bagian bawah. Tebal Formasi 40-120 m	■ Benuang ■ Burung	Aktivitas vulkanik di sekitar cekungan
MOSEN	M2	Batu lempung, oksid sampai oksid keabu-abuan dan batu lempung pasirin. Batu pasir halus berbutir halus sampai kasar, oksid, abu-abu. Batu pasir bawah berbutir halus, hijau keabu-abuan pada bagian bawah. Tebal Formasi 40-120 m	■ Mangus ■ Suban	
	M1	Batu pasir, batu lanau dan batu lempung berwarna oksid dan abu-abu dengan batu pasir glaukonit. Tebal Formasi 100-250 m	■ Petai ■ Merapi ■ Kladi	Paratis
TENGAH	AIR BENAKAT	Batu lempung abu-oksida sampai abu dan biru-abu dan serpih pasirin, sering napalan, batu pasir halus hijau-abu-hijau, glaukonit. Tebal Formasi 100-1.100 m, rata-rata 800 m		Laut dangkal reeflik
AWAL	GUMAI	Serpih-gampingan, napal, batu lempung dengan sisipan serpih-gampingan dan napal.		Laut dangkal

Gambar 2. *Seam* batubara anggota Formasi Muara Enim (Modifikasi Shell, 1978; Bamco, 1983; Gafoer T., Cobrie dan J. Purnomo, 1986)

Fokus penelitian terletak pada tiga lapisan batubara yang dinilai ekonomis yaitu Mangus (A1, A2) *seam*, Suban (B1, B2) *seam*, dan Petai (C) *seam* (Shell, 1978). Adapun pada penelitian ini terdapat juga Merapi (D) *seam* dan Kladi (E) *seam* (Amijaya dan Littke, 2006; Susilawati dan Ward, 2006; Sosrowidjojo dan Saghafi, 2009; Purnama, Asep B., 2021), di mana Salinita (2014) menyebutkan bahwa posisi lapisan batubara D berada sekitar 100 m di bawah lapisan C dan lapisan batubara E berada 100 m di bawah lapisan batubara D.

3. TINJAUAN PUSTAKA

a. Batubara

Batubara merupakan suatu batuan sedimen organik yang berasal dari penguraian sisa berbagai tumbuhan yang merupakan campuran yang heterogen antara senyawa organik dan zat anorganik (Muchjidin, 2006). Pengertian batubara lainnya berdasarkan Elliot (1981) dalam Muchjidin (2006) merupakan batuan sedimen yang heterogen secara kimia dan fisika, komponen unsur utamanya terdiri atas karbon, hidrogen, dan oksigen serta

unsur utamanya seperti belerang dan nitrogen. Batubara sendiri merupakan batuan sedimen yang berasal dari tumbuhan purba yang telah terkonsolidasi diantara lapisan batuan dan di transformasikan oleh kombinasi aksi mikroba, waktu, tekanan, panas, selama periode waktu yang cukup lama (jutaan tahun). Proses ini biasa disebut 'koalifikasi'. Batubara adalah batuan yang mudah terbakar dan, bersama dengan minyak dan gas alam, merupakan salah satu dari tiga bahan bakar fosil terpenting.

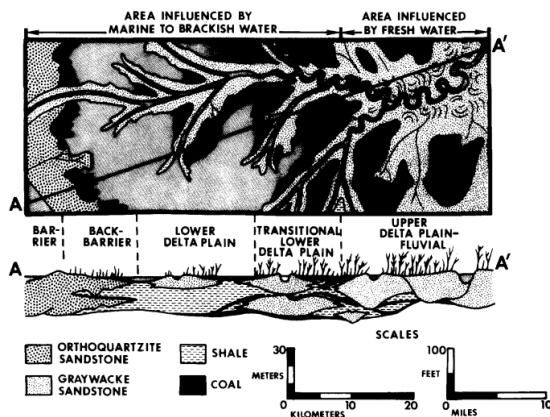
b. Lingkungan Pengendapan Batubara

Lingkungan pengendapan batubara dapat dianalisis berdasarkan model geologi yang menjelaskan hubungan ganesa batubara dengan batuan yang terendapkan disekitarnya secara vertikal maupun lateral pada suatu cekungan pengendapan dalam kurun waktu tertentu. Lingkungan pengendapan batubara menurut Horne (1978) dikelompokkan berdasarkan parameter lapisan batubara seperti ketebalan, kemenerusan, *roof and floor rock*, kandungan sulfur, serta terdapat peran tektonik dalam pembentukan lapisan batubara tersebut (gambar 3). Horne (1978) membagi model fasies batubara menjadi empat karakteristik lingkungan pengendapan, yaitu lingkungan pengendapan *Barrier* dan *Back – Barrier*, *Lower Delta Plain*, *Transitional Lower Delta Plain*, dan *Upper Delta Plain*.

c. Analisis Well Logging

Log didefinisikan sebagai suatu grafik kedalaman (atau waktu) dari satu set data yang menunjukkan parameter yang diukur secara berkesinambungan di dalam sebuah sumur (Harsono, 1997). *Well logging* ialah teknik yang dilakukan untuk mendapatkan rekaman log yang detail mengenai formasi geologi yang terpenetrasi dalam lubang bor serta untuk menunjang data dari

pengeboran sehingga dapat dikorelasikan tingkat kebenaran yang dihasilkan. Pada Penelitian ini terdapat beberapa *Well Logging* yang digunakan, yaitu *log gamma ray* dan *log densitas*.



Gambar 3. Model Pengendapan untuk Lingkungan Pembentu Gambut (Batubara) (Horne, 1978).

Log sinar gamma atau *natural gamma log* merupakan log yang merespon sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur-unsur radioaktif yang terdapat pada lapisan batuan di sepanjang lubang bor (gambar 2.11). Unsur-unsur tersebut diantaranya *uranium*, *thorium*, *potassium*. Log *gamma ray* digunakan sebagai indikator tingkat kandungan serpih (*shalliness*), dan dapat berguna untuk mengetahui lapisan permeabel dan impermeabel. Prinsip log densitas ialah memancarkan sinar gamma dari sumber radiasi sinar gamma yang diletakkan pada dinding lubang bor. Ketika sinar gamma menembus batuan, sinar tersebut bertumbukkan dengan elektron pada batuan tersebut, mengakibatkan sebagian dari energinya hilang dan sebagian lagi dipantulkan kembali, dan kemudian akan ditangkap oleh detektor yang diletakkan di atas sumber radiasi. Log densitas pada penelitian ini terdiri atas tiga macam log, yaitu *formation density log* dengan satuan *gr/cc*, *Bed Resolution Density* (BRD) atau *Short Spacing Density* (SSD), dan *High Resolution Density* (HRD)

atau *Long Spacing Density* (LSD) dengan satuan *counts per second* (CPS).

d. Pemboran Inti (Core)

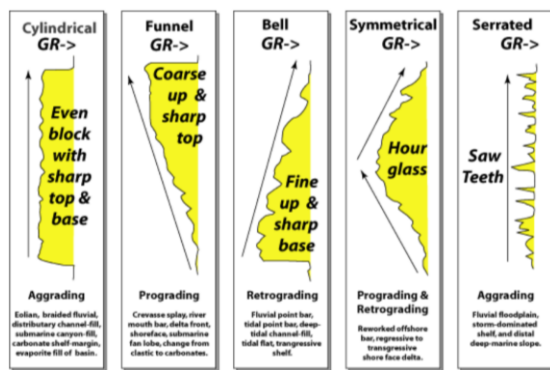
Tujuan dari Pemboran yaitu untuk mengetahui lebih rinci urutan perlapisan batuan secara vertikal, mengukur ketebalan tiap lapisan (batubara dan batuan pengapitnya) dengan lebih akurat dan untuk memperoleh conto batubara yang lebih *fresh* dari pengaruh kontaminasi, melacak ke arah lateral kontinuitas lapisan batubara, dan oksidasi di permukaan. Pemboran inti (*coring*) dilakukan untuk mendapatkan sampel yang nantinya akan digunakan untuk kebutuhan analisis kualitas batubara, kadar gas, analisis geoteknik, atau kebutuhan pengujian lainnya berdasarkan data yang diperoleh dari lubang bor sebanyak mungkin. *Core logging* merupakan perekaman data berupa inti bor atau melakukan deskripsi batuan secara detail terhadap inti bor. Dari inti bor ini didapatkan data geologi yang signifikan digunakan untuk menentukan kuantitas dan kualitas mengenai sumber daya dan potensial pertambangan.

Dilakukannya *Core Recovery* (CR) sebagai langkah awal *Core Logging*. CR merupakan persentase panjang inti bor yang berhasil didapatkan dalam 1 *run* pemboran. Presentase CR menjadi salah satu penilaian beberapa parameter dalam proses pemboran. Pada awal atau akhir sebuah *run* sering terjadi *core loss*. Umumnya *core loss* terjadi apabila batuan yang telah dibor tidak berhasil diperoleh dalam *core barrel*. Beberapa aspek deskripsi dalam *core logging* yaitu jenis litologi, posisi kedalaman litologi, *coal brightness*, *mechanical state*, kontak antar litologi dan lain-lainnya.

e. Analisis Elektrofasis

Bentuk kurva *well log* merupakan alat dasar untuk menafsirkan fasies

pengendapan karena bentuk log berhubungan langsung dengan suksesi ukuran butir. Saat ukuran butir berubah, motif log juga berubah seiring dengan pola litologi yang berkembang. Profil ukuran butir dalam urutan pasir hingga serpih dapat ditunjukkan oleh log *gamma ray* yang mewakili profil vertikal dari ukuran butir. Tipe lingkungan dan fasies pengendapan dapat dianalisis melalui studi elektrofases, elektrofases dilihat dari motif dari kurva log *gamma ray*. Secara umum berdasarkan Kendall (2003), terdapat lima jenis pola log (gambar 4), yaitu *Cylindrical*, *Funnel*, *Bell*, *Symmetrical*, *Serrated*.



Gambar 4. Respon Gamma Ray Terhadap Variasi Ukuran Butir (Kendall, 2003 Modifikasi dari Emery and Myers, 1996).

4. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis data batubara pada sumur DN-1, DN-2, DN-3, DN-4, dan DN-5. Di mana pada tiap sumur ini terdapat data inti batuan (*core*) dan data *well logging* yang meliputi *natural gamma log*, *formation density log*, *Bed Resolution Density* (BRD), dan *High Resolution Density* (HRD). Dari analisis data inti batuan (*core*) dibantu dengan data *well logging* menghasilkan litofasies yang meliputi jenis – jenis litologi, batas – batas litologi (kedalaman dan ketebalan), serta deskripsi dari litologi tersebut. Dari data *core* dilakukan analisis litofasies, yaitu

dengan melakukan pengelompokkan fasies litologi yang memiliki karakteristik sama dengan penciri atau lapisan penunjuk tertentu. Dari data log *natural gamma* atau *gamma ray* ini dilakukan analisis elektrofases berdasarkan dari kendall (2003), yaitu dengan menganalisis motif *log* yang mempengaruhi litologi bawah permukaan berdasarkan dari tekstur batumannya. Dari setiap motif *log* dapat mencirikan lingkungan pengendapan yang berbeda-beda. Dari analisis *well logging* dan data *core* dengan menggunakan model pengendapan batubara Horne et al (1978), dapat diketahui fasies pengendapan batubara pada daerah penelitian.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Litofasies Berdasarkan Data *Core*

Tahap awal dalam analisis ini ialah mengelompokkan fasies litologi dari daerah penelitian berdasarkan variasi litologi dan dominasi litologi berdasarkan dari data *core* yang di validasi dengan data *log*. Dikarenakan setiap lingkungan pengendapan memiliki asosiasi litofasies tertentu yang menjadi ciri lingkungan pengendapan batubara tersebut. Data yang digunakan untuk analisis litofasies ini mencakup 4 sumur, yaitu sumur DN-1, DN-3, DN-4, dan DN-5. Pada sumur daerah penelitian terdiri dari 6 litofasies, yaitu Fasies 1 (Fasies Batulempung 1), Fasies 2 (Fasies Batupasir 1), Fasies 3 (Fasies Batulempung 2), Fasies 4 (Fasies Batulempung 3), Fasies 5 (Fasies Batulempung 4), dan Fasies 6 (Fasies Batupasir 2). Adapun variasi litologi yang terdapat pada setiap litofasies yaitu batulempung, batupasir, dan lapisan batubara. Fasies 1 mempengaruhi keterbentukan *seam* batubara E, fasies 2 mempengaruhi keterbentukan *seam* batubara D, fasies 3 mempengaruhi keterbentukan *seam* batubara C, fasies 4 mempengaruhi keterbentukan *seam*

batubara B1 dan B2, fasies 5 mempengaruhi keterbentukan *seam* batubara A1 dan A2, dan fasies 6 pada beberapa sumur mempengaruhi keterbentukan *hanging seam* 1 dan 2. Berikut merupakan penjelasan litofasies pada salah satu sumur daerah penelitian yaitu pada sumur DN-3.

Sumur DN-3

Sumur DN-3 berada di paling barat daerah penelitian. Sumur ini mempunyai kedalaman hingga 512,01 meter dengan elevasi 65,424 mdpl. Variasi litologi yang ada pada sumur ini adalah batupasir, batulempung, dan batubara. Terdapat 6 fasies yang mempengaruhi pembentukan batubara pada setiap fasiesnya, umumnya fasies pada sumur ini mempunyai pola pengendapan dengan ukuran butir yang mengkasar ke atas. Berikut merupakan penjelasan fasies dari urutan bawah ke atas.

● Fasies 1 (Fasies Batulempung 1)

Fasies 1 terdiri atas batulempung dan batubara *seam* E (gambar 5). Berada pada kedalaman 505 – 515 m dengan tebal fasies 10 m. Batulempung pada fasies ini mempunyai warna abu-abu hingga abu-abu gelap dengan kekerasan agak keras hingga keras. Lapisan batubara *seam* E terletak pada kedalaman 505.55 m – 507.3 m dengan tebal lapisan 1.75 m. Pada *seam* E terdapat *clayband* setebal 0.40 m terletak pada kedalaman 506.40 – 506.80 m.

Depth (m)	Litologi	Litofasies	Fasies
507.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		Fasies 1 (Batulempung 1)
509.0	Batubara (Coal Seam E) (505.55 – 507.30 m) ketebalan: 1.75 m		
511.0	Clayband 506.40 – 506.80 m		
513.0	Kedalaman berdasarkan coring: 505.50 – 507.25 m		
515.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
517.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
519.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
521.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
523.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
525.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
527.0			

Gambar 5. Litofasies 1 (Fasies Batulempung 1)

● Fasies 2 (Fasies Batupasir 1)

Depth (m)	Litologi	Litofasies	Fasies
314.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		Fasies 2 (Batupasir 1)
318.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
320.0	Perselingan batupasir (kecokelatan) dan batulempung (abu-abu gelap), kekerasan agak keras		
322.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
324.0	Perselingan batupasir (kecokelatan) dan batulempung (abu-abu), kekerasan keras		
326.0	Perselingan batupasir (kecokelatan) dan batulempung (abu-abu), kekerasan keras		
328.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
330.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
332.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
334.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras, masif		
336.0	Batupasir, warna abu-abu hingga abu-abu gelap, kekerasan keras		
338.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras, masif		
340.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras, terdapat perselingan dengan batulempung		
342.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras, masif		
344.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas		
346.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas		
348.0	Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
350.0	Perselingan batupasir (kecokelatan) dan batulempung (abu-abu), kekerasan agak keras		
352.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
354.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
356.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras, masif		
358.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
360.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
362.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
364.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
366.0	Batupasir, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
368.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
370.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
372.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
374.0	Perselingan batulempung (abu-abu) dan batupasir (kecokelatan), kekerasan keras		
376.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
378.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
380.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
382.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
384.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
386.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
388.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
390.0	Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan keras		
392.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
394.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
396.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
398.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras, masif		
400.0	Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
402.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
404.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan getas		
406.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan getas		
408.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
410.0	Batubara (Coal Seam D) (415.80 – 416.01 m)		
412.0	Ketebalan: 0.21 m		
414.0	Kedalaman berdasarkan coring: 415 – 416.21 m		
416.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
418.0	Batulempung, warna abu-abu kehitaman, kekerasan agak keras		
420.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
422.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
424.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
426.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
428.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
430.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
432.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan keras		
434.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
436.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
438.0	Batulempung, warna abu-abu kehitaman, kekerasan agak keras		
440.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras		
442.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan keras		
444.0	Batulempung, warna abu-abu hingga abu-abu gelap, kekerasan keras		
446.0	Batulempung, warna abu-abu hingga abu-abu gelap, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
448.0	Batulempung, warna abu-abu hingga abu-abu gelap, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
450.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
452.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
454.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
456.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
458.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
460.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
462.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
464.0	Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan keras		
466.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
468.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
470.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
472.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
474.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
476.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
478.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras, terdapat sisipan batupasir		
480.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
482.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
484.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
486.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan keras		
488.0	Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan keras		
490.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
492.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
494.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
496.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
498.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan keras		
500.0	Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan keras		
502.0			
504.0			

Gambar 6. Litofasies 2 (Fasies Batupasir 1)

Fasies 2 terdiri atas batupasir, batulempung dan batubara *seam* D (gambar 6). Berada pada kedalaman 314.15 – 505 m dengan tebal fasies 190.85 m. Fasies ini didominasi oleh batupasir dengan warna abu-abu hingga abu-abu kecokelatan dengan kekerasan agak keras hingga keras dan terdapat batupasir masif. Batulempung pada fasies ini berwarna abu-abu hingga abu-abu kehitaman dengan kekerasan getas hingga keras. Selain itu, pada fasies ini terdapat batulempung sisipan batupasir dan perselingan batupasir dengan batulempung. Pada Fasies 2 juga terdapat lapisan batubara *seam* D terletak pada

kedalaman 415.8 m – 418.01 m dengan tebal lapisan 2.21 m.

● Fasies 3 (Fasies Batulempung 2)

Fasies 3 terdiri atas batulempung, batupasir, batubara *seam* C (gambar 7). Berada pada kedalaman 265.80 – 314.15 m dengan tebal fasies 48.35 m. Fasies ini didominasi oleh batulempung berwarna abu-abu hingga abu-abu gelap dengan kekerasan getas hingga agak keras. Batupasir pada fasies ini berwarna abu-abu dengan kekerasan agak keras, dan terdapat batupasir masif. Pada fasies E terdapat lapisan batubara *Seam* C terletak pada kedalaman 304 m – 314.15 m dengan tebal lapisan 10.15 m. Pada *Seam* C terdapat *clayband* setebal 0.30 m terletak pada kedalaman 305.50 – 305.80 m.

Depth [m-RSL]	Lithology	Lithofacies	Facies
266.0	micaceous siltstone		
268.0	clayband		
270.0	clayband @262.70 - 263.10 m (0.40 m)		
272.0	kedalaman berdasarkan coring: 261.40 - 266.60 m		
274.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas		
276.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan agak keras, masif		
278.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras, terdapat sisipan batupasir		
280.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan getas		
282.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan getas		
284.0	Batupasir, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
286.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
288.0	Persempitan batulempung dan batupasir, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
290.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
292.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
294.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
296.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
298.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
300.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
302.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
304.0	Batubara, warna hitam, kekerasan getas (Coal Seam C) (304.00 - 314.15 m)		
306.0	Ketebalan: 10.15 m		
308.0	clayband @305.50-305.80 m (0.30 m)		
310.0	kedalaman berdasarkan coring: 304.40 - 314.55 m		
312.0			
314.0			

Gambar 7. Litofasies 3 (Fasies Batulempung 2)

● Fasies 4 (Fasies Batulempung 3)

Fasies 4 terdiri atas batulempung, dan batubara *seam* B1 dan B2 (gambar 8). Berada pada kedalaman 231.16 – 265.80 m dengan tebal lapisan 34.64 m. Batulempung pada fasies ini berwarna abu-abu hingga abu-abu gelap dengan kekerasan agak keras. Pada fasies ini terdapat lapisan batubara *seam* B1 dan B2, yang dipisahkan oleh batulempung berwarna abu-abu gelap dengan kekerasan agak keras. *Seam* B1 terletak pada kedalaman 248 – 260.25 m dengan tebal lapisan 12.25 m. Pada *seam* B1 terdapat dua buah *claybands* yang terletak pada kedalaman 252.72 – 253.12 m dengan

tebal 0.30 m dan 258.60 – 259 m dengan tebal 0.40 m. *Seam* B2 terletak pada kedalaman 261.25 – 265.85 m dengan tebal lapisan 4.6 m. Pada *seam* B2 terdapat *clayband* pada kedalaman 262.70 – 263.10 m dengan tebal lapisan 0.40 m.

● Fasies 5 (Fasies Batulempung 4)

Fasies 5 terdiri atas batulempung, batupasir, dan batubara *seam* A1 dan A2 (gambar 9). Berada pada kedalaman 162.2 – 231.16 m dengan tebal lapisan 69.4 m. Fasies ini didominasi oleh batulempung berwarna abu-abu kecokelatan hingga abu-abu gelap dengan kekerasan getas hingga agak keras. Batupasir pada fasies ini berwarna abu-abu hingga abu-abu kecokelatan dengan kekerasan getas hingga agak keras. Pada fasies 5 terdapat lapisan batubara *seam* A1 dan A2, yang dipisahkan oleh batulempung berwarna abu-abu terang dengan kekerasan agak keras. *Seam* A1 terletak pada kedalaman 207.25 – 216.67 m berdasarkan data log dengan tebal lapisan 9.42 m (berdasarkan data coring pada kedalaman 207.25 – 216.67 m). Pada *seam* A1 terdapat dua buah *claybands* yang terletak pada kedalaman 209.05 – 209.35 m dengan tebal 0.30 m dan 211.76 – 212.06 m dengan tebal 0.30 m. *Seam* A2 terletak pada kedalaman 218.50 – 231.16 m dengan tebal lapisan 12.66 m.

Depth [m-RSL]	Lithology	Lithofacies	Facies
233.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
235.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
237.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
239.0	Batulempung, warna abu-abu hingga abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
241.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
243.0	Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan agak keras		
245.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
247.0	Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras		
249.0	Batubara (Coal Seam B1) (248.00 - 260.25 m)		
251.0	ketebalan: 12.25 m		
253.0	clayband		
255.0	clayband @252.72-253.12 m (0.30 m)		
257.0	clayband @258.60-259.00 m (0.40 m)		
259.0	kedalaman berdasarkan coring: 248.50 - 260.75 m		
261.0	Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan agak keras		
263.0	Batubara (Coal Seam B2) (261.25 - 265.85 m)		
265.0			

Gambar 8. Litofasies 4 (Fasies Batulempung 3)

● Fasies 6 (Fasies Batupasir 2)

Fasies 6 terdiri dari batupasir, batulempung, dan lapisan batubara tipis serta lapisan batubara gantung 1 dan 2

(*hanging seam*) (gambar 10). Berada pada kedalaman 2 – 162.2 m dengan ketebalan 160.2 m. Batupasir pada fasies ini berwarna abu-abu terang hingga abu-abu kecokelatan dengan kekerasan getas hingga agak keras dan batulempung pada fasies ini berwarna abu-abu hingga abu-abu gelap dengan kekerasan getas hingga agak keras. Lapisan batubara tipis berada pada kedalaman 132 – 132.25 m dengan tebal lapisan 0.25 m. Adapun pada fasies 6 terdapat 2 lapisan batubara gantung, yaitu lapisan batubara gantung 1 pada kedalaman 44.95 – 47.35 m dengan tebal lapisan 2.4 m dan lapisan batubara gantung 2 pada kedalaman 51.50 – 53.30 m (kedalaman berdasarkan log) dengan tebal lapisan 1.8 m, di mana kedua lapisan batubara ini dipisahkan oleh batulempung berwarna abu-abu kehitaman dengan kekerasan agak keras.

Depth m, ft	Litho	Lithofacies	Facies
164.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	Facies 5 (Batulempung 4)
166.0		Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan getas	
168.0		Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan getas	
170.0		Batupasir, warna abu-abu, kekerasan getas	
172.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
174.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
176.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
178.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
180.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
182.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
184.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
186.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
188.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
190.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
192.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
194.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
196.0		Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan getas	
198.0		Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan getas	
200.0		Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan getas	
202.0		Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan getas	
204.0		Batulempung, warna abu-abu gelap, kekerasan getas	
206.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
208.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
210.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
212.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
214.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
216.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
218.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
220.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
222.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
224.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
226.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
228.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	
230.0		Batulempung, warna abu-abu, kekerasan agak keras	

Gambar 9. Litofasies 5 (Fasies Batulempung 4)

b. Elektrofases Berdasarkan dari Logging

Analisis elektrofases merupakan analisis pola atau motif log *gamma ray* yang merekam litologi pada sumur bor, di mana setiap motifnya dapat mencirikan suatu lingkungan pengendapan tertentu. Sering kali kedalaman dari data coring tidak sesuai dengan kedalaman pemboran sehingga perlu dilakukan validasi langsung menggunakan data *logging*. Log *gamma ray* dapat mencerminkan tekstur batuan terutama ukuran butir dan dengan

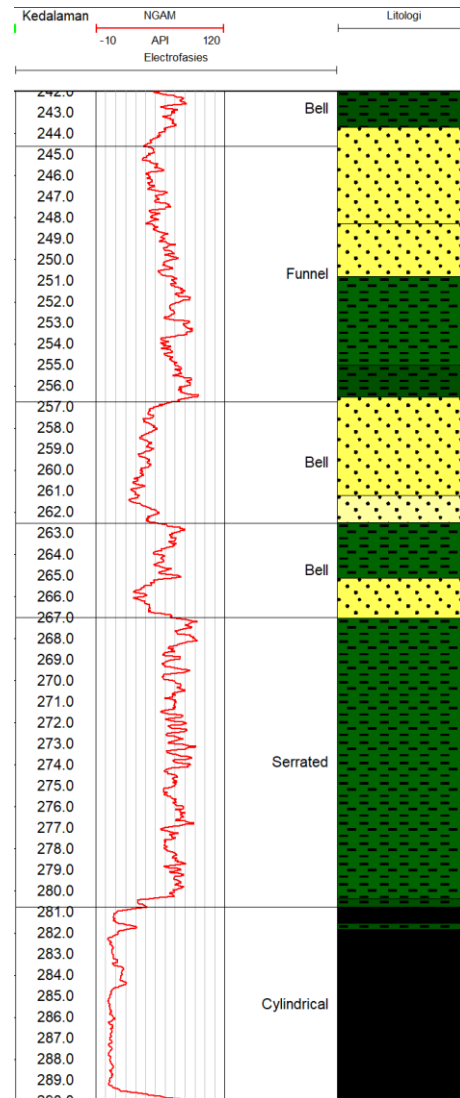
prinsipnya merekam kandungan radioaktifitas pada batuan. Batuan yang memiliki kandungan radioaktif tinggi dapat diinterpretasikan sebagai batuan yang memiliki ukuran butir lebih halus, sedangkan kandungan radioaktif yang rendah diinterpretasikan memiliki ukuran butir yang lebih kasar. Data yang dijadikan objek analisis elektrofases ini mencakup 5 sumur pada daerah penelitian, yaitu sumur DN-1, DN-2, DN-3, DN-4, dan DN-5.

Berdasarkan hasil analisis elektrofases pada daerah penelitian (gambar 11) terdapat litologi batubara dengan motif log yang khas yaitu *cylindrical* atau *blocky shape* yang menunjukkan tingkat energi konstan atau stabil selama pengendapan batubara berlangsung dan pola pengendapan agradasi yang artinya suplai sedimen dan ruang pengisian sedimennya sama besar.

Depth m, ft	Litho	Lithofacies	Facies
4.0		Batupasir, warna abu-abu, kekerasan getas	Facies 6 (Batupasir 2)
6.0		Batupasir, warna abu-abu, kekerasan getas	
8.0		Batupasir, warna abu-abu, kekerasan getas	
10.0		Batupasir, warna abu-abu, kekerasan getas	
12.0		Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
14.0		Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
16.0		Batupasir, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
18.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
20.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
22.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
24.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
26.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
28.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
30.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
32.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
34.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
36.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
38.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
40.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
42.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
44.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
46.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
48.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
50.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
52.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
54.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
56.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
58.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
60.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
62.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
64.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
66.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
68.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
70.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
72.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
74.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
76.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
78.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
80.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
82.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
84.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
86.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
88.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
90.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
92.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
94.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
96.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
98.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
100.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
102.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
104.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
106.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
108.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
110.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
112.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
114.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
116.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
118.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
120.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
122.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
124.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
126.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
128.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
130.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
132.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
134.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
136.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
138.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
140.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
142.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
144.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
146.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
148.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
150.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
152.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
154.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
156.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
158.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
160.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	
162.0		Batulempung, warna abu-abu kecokelatan, kekerasan getas	

Gambar 10. Litofasies 6 (Fasies Batupasir 2)

Motif log pada litologi batupasir menunjukkan motif *bell shape*, *funnel shape*, dan *symmetrical shape*. *Bell shape* menunjukkan ukuran butir menghalus ke atas dengan pola pengendapan retrograsi, *funnel shape* menunjukkan ukuran butir yang mengkasar ke atas dengan pola pengendapan progradasi, dan *symmetrical shape* mencirikan pola pengendapan progradasi dan retrogradasi. Beragamnya motif log yang terdapat pada batupasir menunjukkan proses progradasi dan retrogradasi, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa lingkungan pengendapannya terjadi pada lingkungan delta. Pada litologi batulempung ditunjukkan dengan motif log *serrated shape* dan *funnel shape*. *Serrated shape* menunjukkan semakin ke atas perubahan energi pengendapan semakin cepat dengan pola pengendapan aggradasi.



Gambar 11. Elektrofases pada Sumur DN-4 pada kedalaman 242 – 290 meter dengan skala 1:200 meter

c. Fases Pengendapan

Interpretasi lingkungan pengendapan berdasarkan analisis litofasies dibantu dengan analisis elektrofases dilakukan dengan membandingkan fasies-fasies batuan yang telah dibuat dengan fasies model yang telah ada sebelumnya sehingga didapatkan hasil berupa pola pengendapan. Adapun pengelompokan fasies pengendapan didasarkan juga dari pengelompokan fasies menurut Shell (1978). Di mana pada daerah penelitian termasuk kelompok M1 yang terdiri atas Merapi (D) *seam* dan Kladi (E) *seam* dan kelompok M2 yang terdiri atas Mangus

(A1, A2) *seam*, Suban (B1, B2) *seam*, dan Petai (C) *seam*.

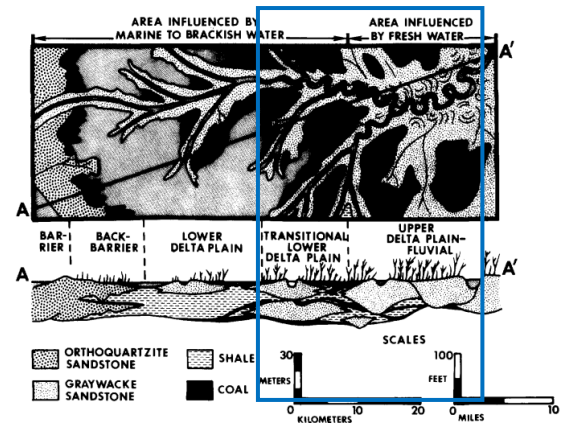
Secara umum, daerah penelitian terendapkan pada lingkungan pengendapan delta, di mana ketika sebuah sungai memasuki laut dan secara drastis terjadi penurunan kecepatan, mengakibatkan bertemunya arus sungai dengan gelombang, sehingga endapan-endapan yang dibawahnya akan terendapkan secara cepat dan terbentuklah sebuah delta. Maka dari itu, model pembanding yang digunakan berdasarkan Horne (1978) yaitu konsep model lingkungan pengendapan daerah delta. Penentuan lingkungan pengendapan ini didukung pula dengan litologi suatu delta secara vertikal (*succession vertical delta*). Pada lingkungan delta memiliki susunan litologi secara umum berupa batulempung, batupasir, dan batubara, di mana susunan tersebut didasarkan pada ukuran butirnya.

Tabel 1. Fasies Pengendapan pada Daerah Penelitian

Fasies		Fasies Pengendapan	
6	Fasies Batupasir 2	C	<i>Upper Delta Plain</i>
5	Fasies Batulempung 4	B	<i>Transitional Lower Delta Plain</i>
4	Fasies Batulempung 3		
3	Fasies Batulempung 2		
2	Fasies Batupasir 1	A	<i>Transitional Lower Delta Plain</i>
1	Fasies Batulempung 1		

Berdasarkan analisis litofasies dan elektrofases yang telah dijelaskan sebelumnya, fasies pengendapan pada daerah penelitian menjadi 3 fasies pengendapan (tabel 1), yaitu fasies A (*Transitional Lower Delta Plain*), fasies B

(*Transitional Lower Delta Plain*), dan fasies C (*Upper Delta Plain*). Fasies pengendapan mempengaruhi pembentukan *seam* batubara, di mana mencerminkan lingkungan pengendapannya. Berikut adalah fasies pengendapan yang terdapat pada daerah penelitian secara berurutan dari paling bawah (gambar 12), yaitu:



Gambar 12. Lingkungan Pengendapan Daerah Penelitian (Horne, 1978)

- **Fasies Pengendapan A (*Transitional Lower Delta Plain*)**

Fasies pengendapan ini terdiri atas litofasies 1 (Fasies Batulempung 1), dan litofasies 2 (Fasies Batupasir 1) tebal fasies pengendapan diantara 74.65 – 219.65 m. Fasies pengendapan ini mempengaruhi proses terbentuknya batubara *seam* E yang diduga *seam* E tersebut mengalami splitting menjadi batubara *seam* E1 dan *seam* E2. Fasies pengendapan ini menunjukkan pada bagian bawah terendapkan *seam* E yang tebal dengan energi pengendapan yang konstan dan kemudian terjadi perubahan energi pengendapan ke arah atas. Bila dilihat dari motif log, gradasi perubahan ukuran butir terlihat cukup jelas dan dapat mencirikan bahwa pada saat fase pengendapan fasies ini, energi pengendapan tidak konstan. Kemudian energi pengendapan kembali konstan, ditunjukkan dengan terendapkannya batubara *seam* D.

Semakin ke arah atas terjadi perubahan energi pengendapan yang cepat dan tidak konstan ditunjukkan dengan tebalnya litologi batupasir pada fasies pengendapan ini.

- **Fasies Pengendapan B (*Transitional Lower Delta Plain*)**

Fasies pengendapan ini terdiri atas litofasies 3 (Fasies Batulempung 2), litofasies 4 (Fasies Batulempung 3) dan litofasies 5 (Fasies Batulempung 4) dengan tebal fasies pengendapan diantara 152.39 – 178.2 m. Fasies pengendapan ini mempengaruhi proses terbentuknya batubara *seam* C yang tebal dengan energi pengendapan yang konstan. Semakin ke arah atas terjadi perubahan energi secara cepat dengan gradasi ukuran butir terlihat cukup jelas, jika dilihat dari motif log. Perubahan energi secara cepat dan tidak konstan tersebut dipengaruhi oleh sistem pengendapan aggradasi, progradasi, dan retrogradasi.

Energi pengendapan kembali konstan, ditunjukkan dengan terbentuknya batubara *seam* B1 dan B2. Kemudian terjadi perubahan energi pengendapan ke arah atas secara cepat ditunjukkan dengan terendapkannya batulempung. Energi pengendapan kembali konstan, ditunjukkan dengan terendapkannya batubara *seam* A1 dan A2. Semakin ke arah atas, perubahan energi secara cepat dan sistem pengendapan dengan ukuran butir semakin mengkasar ke atas.

- **Fasies Pengendapan C (*Upper Delta Plain*)**

Fasies pengendapan ini terdiri atas litofasies 6 (Fasies Batupasir 2) dengan tebal fasies pengendapan diantara 73.5 – 172.35 m. Fasies pengendapan ini didominasi oleh batupasir dan batulempung yang diendapkan pada energi yang cepat. Adapun batupasir pada

fasies pengendapan ini dicirikan dengan ukuran butir semakin mengkasar ke atas. Pada fasies pengendapan ini mempengaruhi proses terbentuknya lapisan batubara gantung (*hanging seam* 1 dan *hanging seam* 2), di mana pada saat terendapkannya lapisan batubara gantung yang tipis diendapkan dengan energi pengendapan yang konstan. Adapun semakin ke atas perubahan energi secara cepat dengan ukuran butir semakin mengkasar ke atas.

6. KESIMPULAN

Secara litofasies, pada daerah penelitian secara berurutan dari yang paling bawah, terdiri atas enam unit litofasies, yaitu fasies 1 (batulempung 1), fasies 2 (batupasir 1), fasies 3 (batulempung 2), fasies 4 (Batulempung 3), fasies 5 (batulempung 4), fasies 6 (batupasir 2).

Secara elekfrofasies, tersusun dengan motif log *gamma ray* yang dominan terdiri dari motif log *cylindrical shape*, *serrated shape*, *funnel shape*, *bell shape*, dan *symmetrical shape*.

Berdasarkan analisis fasies pengendapan daerah penelitian memiliki lingkungan pengendapan dari *Transitional Lower Delta Plain* hingga *Upper Delta Plain* yang mempengaruhi keterbentukan dan sebaran *seam* batubara di daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah mengizinkan selesainya penelitian ini. Terima kasih kepada PT. Bukit Asam yang telah memfasilitasi ketersediaan data dan juga memberi izin untuk menerbitkan artikel ilmiah ini. Terakhir terima kasih kepada Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Barber, A. J. et al. 2005. Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society Memoir No. 31, London: The Geological Society.
- De Coster, G.L. 1974. The Geology of the Central and South Sumatera Basins. In: Indonesia Petroleum Association, 3rd Annual Conventional. Jakarta. 77 -110.
- Gafoer, S., Cobrie, T. and Purnomo, J., 1986. Geological map of the Lahat quadrangle, South Sumatera, scale 1:250,000. Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Ginger, D., & Fielding, K. 2005. The Petroleum System and Future Potential of South Sumatra Basin. Proceeding Indonesia Petroleum Association 30th Annual Convention and Exhibition.
- Harsono, A. 1993. Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log. Schlumberger Oilfield Service. Jakarta.
- J. C. Horne, J. C. Ferm, F. T. Carrucio, B. P. Baganz. 1978. Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region. American Association Petroleum Geologist Vol 62 No 12, pp. 2383 – 2386.
- Kendall, C. 2003. Stratigraphy and Sedimentary Basin. The University of Carolina, Department of Geological Sciences.
- Muchjidin. 2006. Pengendalian Mutu dalam Industri Batu Bara. Penerbit ITB. Bandung.
- Pulunggono, A., S., Agus Haryo, Kosuma, C. G. 1992. Pre-Tertiary and Tertiary Fault systems as a framework of the South Sumatera Basin: A Study of SAR-maps. In Indonesian Petroleum Association, Proceedings of the 21st at Annual Conventional. Jakarta.
- Purnama, A. B. 2021. Pengaruh Intrusi Terhadap Lapisan Batubara E (Keladi) Formasi Muara Enim, Sub-Cekungan Palembang Selatan, Sumatera Selatan. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, Volume 17, Nomor 1, hal. 13 – 25
- Purnama, A. B., dkk. 2018. Penentuan Lingkungan Pengendapan Lapisan Batubara D, Formasi Muara Enim, Blok Suban Burung, Sumatera Selatan. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, Volume 14, Nomor 1, hal. 1 – 18
- Rajagukguk, Y.M & Nalendra, S. (2018). Macerals Analysis Seam M2 Muaraenim Formation,: Implication toward Coal Facies and Coal Rank In Kendi Hill, South Sumatra. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology. Vol. 03, No. 02, hal. 94 – 102.
- Salinita, Salti dan Asep Bahtiar. 2014. Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Kualitas Batubara Lapisan “D” Formasi Muara Enim. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, Volume 10, Nomor 2, hal. 91 – 104.
- Shell Mijbouw et al. 1978. Geological Map the South Sumatra Coal Province Scale 1: 250.000
- Sitompul, N., dkk. 1992. Effectcs of Sea Level Drops During Late Early Miocene to The Reservoirs in South Palembang Sub Basin, South Sumatra, Indonesia. Jakarta, Indonesian Petroleum Association (IPA)