

## Identifikasi Sebaran Endapan Rawa dengan Menggunakan Geofisika Logging sebagai Data Pendukung Pemodelan Geologi di PT Berau Coal Blok Sambarata

Martadi<sup>\*1</sup>, Andy Erwin Wijaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Geologi, Fakultas Teknik dan Perencanaan,  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi<sup>\*1</sup> : martadi@beraucoal.co.id

### ABSTRAK

Aplikasi metode *well logging* pada 14 titik pengeboran eksplorasi dan interpretasi data *density log* dilakukan untuk mengetahui lithologi bawah permukaan dan arah penyebaran endapan rawa di Blok Sambarata, area penambangan PT Berau Coal, Kabuptaen Berau, Kalimantan Timur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan pendekatan geofisika logging dengan fokus pada parameter densitas. Hasil interpretasi data *geophysical well logging* menunjukkan bahwa lithologi penyusun yang dominan pada daerah penelitian adalah batu pasir, batu lempung, batubara, dan Endapan alluvium (endapan material berupa rawa). Selain itu di peroleh range nilai densitas pada endapan rawa antara  $\pm 1231.16$  sampai  $\pm 2048.81$  CPS, Range nilai densitas pada batulempung antara  $\pm 756.20$  sampai  $\pm 1541.25$  CPS, Range nilai densitas pada batupasir antara  $\pm 819.53$  sampai  $\pm 1333.31$  CPS, Range nilai densitas pada batubara antara  $\pm 822.76$  sampai  $\pm 2194.64$  CPS. Pola sebaran rawa di modelakan berdasarkan korelasi antar kontur kedalaman yang menunjukkan pola aliran sungai. Secara keseluruhan pola aliran tersebut berasal dari daerah tinggian mengikuti bidang lereng menuju daerah terendah dengan membuat pola aliran sungai purba (*paleocurrent*). Secara umum daerah terdalam dapat di tentukan pada bagian tengah mengikuti aliran sungai purba.

**Kata kunci:** *Density log, Well logging, Endapan rawa.*

### ABSTRACT

*The application of the well logging method at 14 exploration drilling points and the interpretation of density log data were carried out to determine the subsurface lithology and the direction of swamp sediment distribution in the Sambarata Block, PT Berau Coal mining area, Berau Regency, East Kalimantan. The aim of this research is to apply a geophysical logging approach with a focus on density parameters. The interpretation results of the geophysical well logging data indicate that the dominant lithology in the study area consists of sandstone, claystone, coal, and alluvial deposits. (endapan material berupa rawa). Additionally, a range of density values was obtained for swamp deposits between  $\pm 1231.16$  to  $\pm 2048.81$  CPS, a range of density values for claystone between  $\pm 756.20$  to  $\pm 1541.25$  CPS, a range of density values for sandstone between  $\pm 819.53$  to  $\pm 1333.31$  CPS, and a range of density values for coal between  $\pm 822.76$  to  $\pm 2194.64$  CPS. The distribution pattern of the swamp was modeled based on the correlation between depth contours that indicate river flow patterns. Overall, these flow patterns originate from elevated areas following the slope towards the lowest areas, creating ancient river flow patterns (paleocurrent). Generally, the deepest areas can be determined in the middle section following the ancient river flow.*

**Keywords:** *Density log, well logging, swamp deposits*

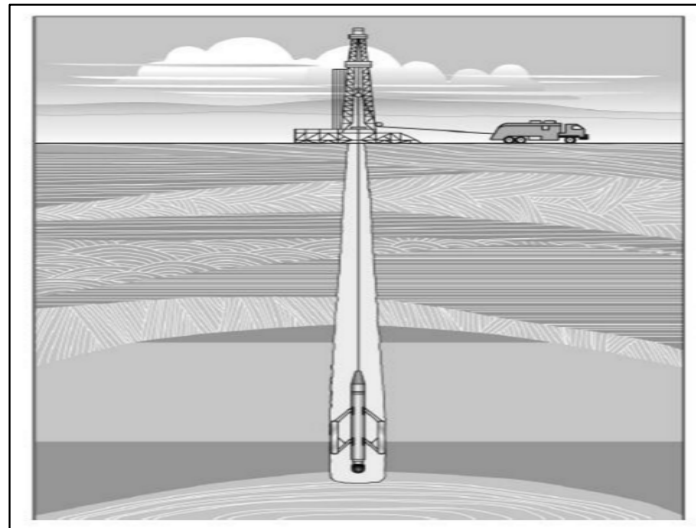
### PENDAHULUAN

Blok Sambarata merupakan bagian dari operasional penambangan PT Berau Coal, dimana salah satu aktivitas penambangan pada tambang terbuka adalah melakukan kegiatan penambangan di area endapan rawa yang mempunyai sifat sebagai material lunak. Dalam industri pertambangan, khususnya pada tambang batubara, pemahaman yang mendalam tentang kondisi geologi di area tambang sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan operasi. Salah satu tantangan yang sering dihadapi adalah keberadaan rawa yang dapat mempengaruhi stabilitas tanah dan proses penambangan. Selain itu, surface rawa akan mengubah unmineable zone yang mengubah jumlah cadangan batubara pada proses perencanaan penambangan. Oleh karena itu, identifikasi sebaran rawa menjadi sangat krusial dan perlu dilakukan. Endapan



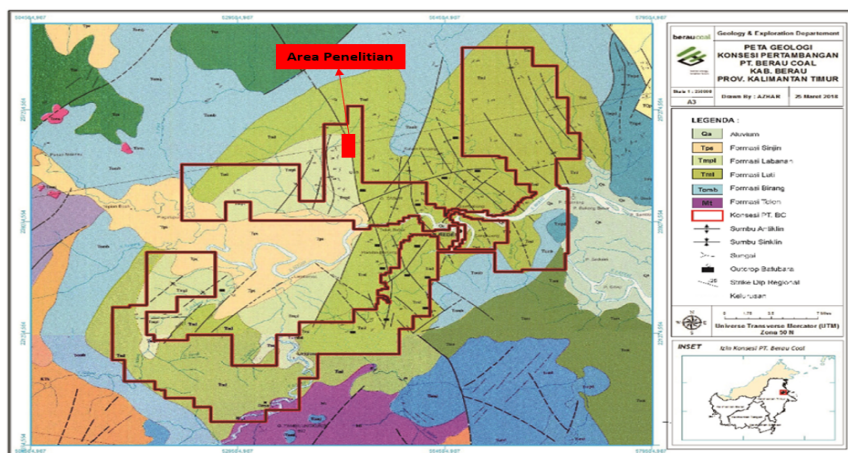
ISSN: 1907-5995

rawa adalah lahan genangan air secara ilmiah yang terjadi terus-menerus atau musiman akibat drainase yang terhambat serta mempunyai ciri-ciri khusus secara fisika, kimiawi dan biologis [19]. Endapan rawa secara fisik berupa endapan unconsolidated soil dengan kandungan air yang tinggi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan identifikasi ini adalah dengan menggunakan geofisika logging, yang memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat mengenai sifat fisik dan struktur geologi di bawah permukaan. Pengukuran geofisika logging seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 1, terdapat pipa perekaman yang dimasukkan ke dalam lubang bor menggunakan tali kawat dan mobil penurun dan penarik tali kawatnya.



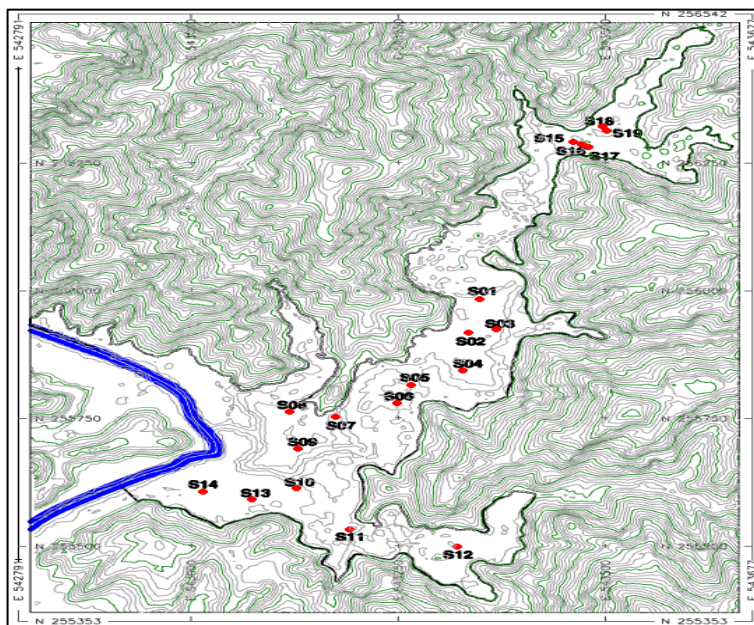
**Gambar 1.** Gambaran perekaman *well logging* (Ellis & Singer, 1987).

Penggunaan alat logging densitas dapat menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam nilai densitas di beberapa titik, yang kemudian dikorelasikan dengan data geologi. Lebih lanjut, integrasi data geofisika dengan pemodelan geologi memungkinkan untuk memahami hubungan antara berbagai parameter geologi dengan lebih baik. Dengan memanfaatkan perangkat lunak pemodelan geologi yang canggih, hasilnya dapat di buat model tiga dimensi dari sebaran endapan rawa, yang dapat digunakan untuk merencanakan kegiatan penambangan. Identifikasi sebaran endapan rawa menggunakan geofisika logging bukan hanya memberikan informasi yang berharga bagi operasi penambangan, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya alam yang lebih baik. Area penelitian di fokuskan pada blok Samarata (gambar 2.), Secara geologi regional termasuk dalam Formasi Lati (*tm1*) dengan batuan penyusun Batupasir, Batulempung, Batubara serta dibagian atas terdapat Endapan Alluvium (Qa) yang terdiri dari Lumpur, pasir, kerikil, kerakal dan gambut berwarna kelabu sampai kehitaman.



**Gambar 2.** Peta Geologi Regional lokasi penelitian (Simanjuntak, P3G Bandung 1995)

Dalam konteks identifikasi sebaran endapan rawa, parameter densitas (*Density Log*) menjadi salah satu fokus utama. Dalam penelitian ini akan dilakukan kombinasi antara interpretasi data *geophysical well logging* dengan inti batuan (*core analysis*) untuk mengetahui lithologi bawah permukaan (*subsurface*). Penelitian dilakukan pada 14 titik pengeboran (S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14) yang tersebar pada area yang teridentifikasi rawa berdasarkan bentukan topografi, seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Lokasi penelitian identifikasi sebaran rawa

### Metode Well Logging

*Well logging* merupakan metode pengukuran parameter fisika dan kimia batuan terhadap kedalaman lubang bor. *logging* geofisika bertujuan untuk memperoleh data kedalaman, ketebalan, dan kualitas lapisan batubara yang dikombinasikan dengan data pengeboran. Log geofisika yang utama digunakan dalam eksplorasi batubara adalah *gamma ray log*, *density log*, dan *caliper log*. Kombinasi ini biasa disebut dengan *formation density sonde* (FDS). [3]

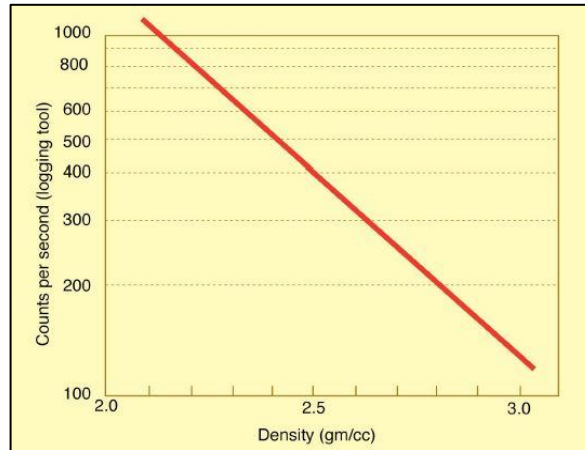
#### 1. Log densitas (*density log*)

*Log density* merupakan suatu tipe *log porositas* yang mengukur *densitas elektron* suatu formasi. Prinsip kerja *log density* [3] yaitu suatu sumber radioaktif dari alat pengukur di pancarkan sinar gamma dengan intensitas energi tertentu menembus formasi/batuan. Batuan terbentuk dari butiran mineral, mineral tersusun dari atom-atom yang terdiri dari *proton* dan *elektron*. Partikel sinar *gamma* bertumbukan dengan *elektron-elektron* dalam batuan. Akibat tumbukan ini sinar *gamma* akan mengalami pengurangan energi (*loose energy*). Energi yang kembali sesudah mengalami benturan akan diterima oleh detektor yang berjarak tertentu dengan sumbernya. Kandungan komponen kuarsa, seperti kuarsa yang berbutir halus dapat memberikan efek yang sangat besar dalam pembacaan *density log*. Semakin lemahnya energi yang kembali menunjukkan semakin banyaknya *elektron-elektron* dalam batuan, yang berarti semakin banyak/padat butiran/mineral penyusun batuan persatuan volume. Besar kecilnya energi yang diterima oleh detektor tergantung dari Besarnya densitas matriks batuan. Besarnya porositas batuan. Besarnya densitas kandungan yang ada dalam pori-pori batuan.

#### 2. Konversi Satuan *Density Log*

Dalam penelitian ini, satuan dari *density log* adalah *counts per second* (CPS). untuk memudahkan perhitungan, maka dilakukan konversi satuan dari CPS ke gr/cc, nilai satuan CPS berbanding terbalik dengan nilai satuan gr/cc. Apabila defleksi log dalam satuan CPS menunjukkan nilai yang tinggi, maka akan menunjukkan nilai yang rendah dalam satuan gr/cc. [1]

*Log density* terdiri dari 2 macam yaitu *Long Spacing Density (LSD)* dan *Short Spacing Density (SSD)* atau *Bed Resolution Density (BRD)*. *Long spacing density* digunakan untuk evaluasi lapisan batubara karena menunjukkan densitas yang mendekati sebenarnya berkat pengaruh yang kecil dari dinding lubang bor. Sedangkan *Short spacing density* mempunyai resolusi vertikal yang tinggi, maka cocok untuk pengukuran ketebalan lapisan batubara [2]. (Gambar 4)



**Gambar 4.** Hubungan antara satuan CPS dan gr/cc menurut Warren (2002) yang telah dimodifikasi.

Berdasarkan gambar 4, dapat diperoleh rumus, sebagai berikut:

$$Y = 177598 e^{-2.4325^x} \quad (4)$$

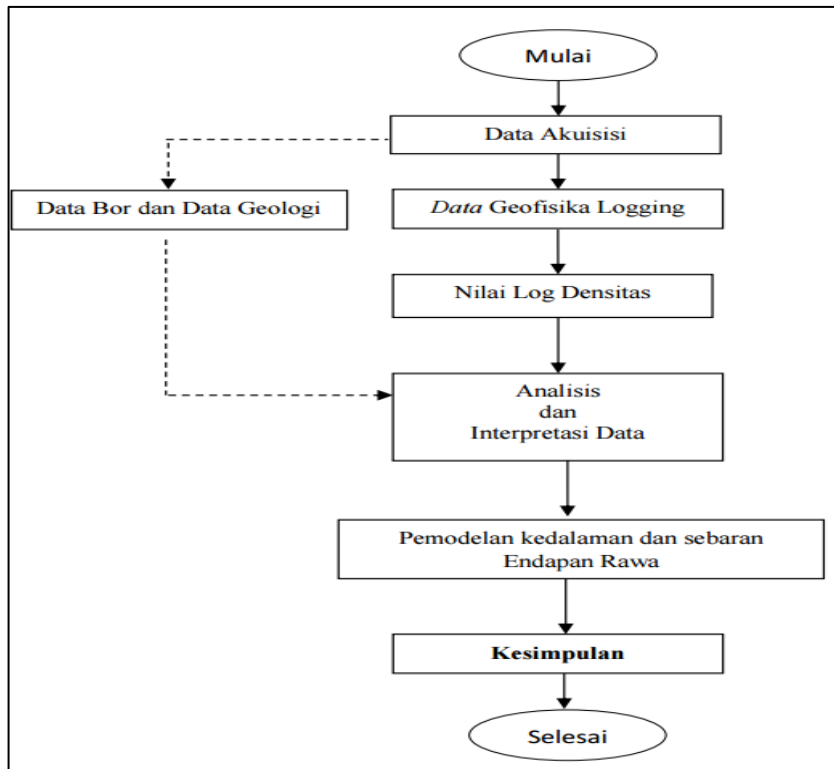
Keterangan:

Y : nilai densitas dalam satuan CPS

X : nilai densitas dalam satuan gr/cc

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan adalah metode geofisika *well logging* untuk menentukan lithologi bawah permukaan dan penyebaran endapan rawa di daerah penelitian. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan sistematis sehingga didapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan penelitian tergambar pada diagram alir yang terdapat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Diagram alir penelitian



### Tahap Akuisisi Data

#### a. Pemboran geologi (*geological drilling*)

Pengeboran geologi dilakukan sebelum pengambilan data logging geofisika. Metode pengeboran adalah metode *Coring*, *Non Coring*. Pada pengeboran inti (*coring*) digunakan *triple tube core barrel* yang berfungsi melindungi inti bor agar tidak rusak atau hancur. Metode ini memungkinkan untuk mengurutkan dan mencatat secara rinci inti batuan ketika inti masih di dalam tabung atau setelah dipindahkan ke dalam *core box*.

#### b. *Geophysical well logging*

Pada tahapan ini, dilakukan pengambilan data primer yaitu data logging geofisika. Data ini diperoleh dari perekaman respon radioaktif pada setiap titik bor pada area penelitian. Pengukuran Geofisika Logging dilakukan di 14 (empat belas) titik pengeboran yang terdiri dari 3 titik pengeboran *Coring*, 11 (sebelas) titik pengeboran *Non Coring*. 3 (tiga) titik pengeboran coring di pergunakan untuk sampel dalam menganalisa dan menginterpretasikan nilai log density terhadap lithologi dari hasil pengeboran.

### Tahap Analisis dan Interpretasi

Data yang diterima dari hasil rekaman awal well logging berupa data *LAS (Log ASCII Standart)* yaitu format standar untuk perekaman data log. Data LAS merupakan data original dari alat perekaman well logging sebelum diubah menjadi kurva log. LAS file merupakan suatu susunan data pemboran yang berisi pembacaan *well logging*, kedalaman, informasi alat dan lubang bor. Hasil data LAS dengan format .DAT kemudian diolah. Interpretasi data *logging* geofisika dilakukan untuk menentukan lithologi pada setiap kedalaman di bawah permukaan bumi. Masing-masing batuan mempunyai respon yang khas pada kurva *log*, sehingga jenis litologi dapat ditentukan. Dalam penelitian ini, interpretasi data *logging* geofisika meliputi:

#### a. Penentuan Lithologi pada setiap kedalaman di bawah permukaan bumi (*Subsurface*)

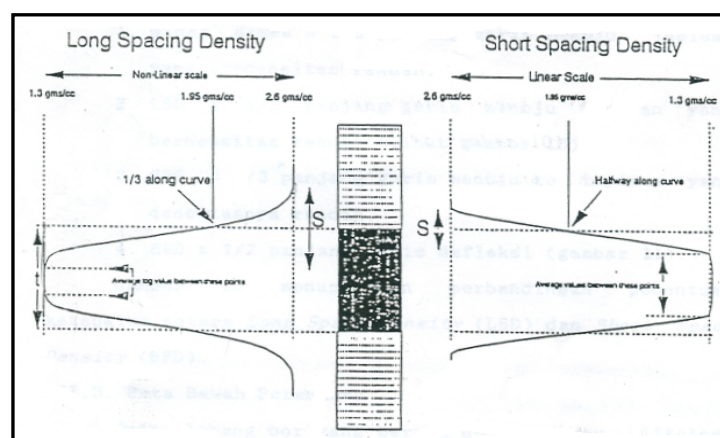
#### b. Penentuan ketebalan lapisan berdasarkan defleksi kurva *density log*.

Interpretasi litologi ini dilakukan dengan melakukan analisa kurva Log densitas yang dihasilkan dari respon batuan pada lubang bor yang dikorelasikan terhadap diskripsi Lithologi dan Foto Dokumentasi hasil coring pada *core box* masing-masing sumur. Interpretasi litologi mengacu pada nilai Log densitas dan foto dokumentasi coring sebagai pembanding hasil interpretasi. Hal ini dilakukan karena batuan hasil coring biasanya terdapat beberapa bagian yang hilang dan mempengaruhi hasil interpretasi yang didapatkan. Sedangkan menggunakan log densitas terbilang cukup mampu untuk mendeteksi perbedaan litologi pada lubang bor tersebut dan merupakan respon alami dari batuan itu sendiri. Dari hasil interpretasi yang dilakukan pada ketiga sumur tersebut, di dapatkan satuan litologi dominan sandstone, mudstone, coal dan endapan alluvium (*Swamp Material*). Adapun target utama pada penelitian ini yaitu endapan rawa (*Swamp Material*), di identifikasi dengan nilai densitas yang besar.

Pengukuran titik-titik batas pada garis transisi antara lapisan mempunyai cara yang berbeda untuk masing-masing komponen log densitas [20]. Batasan untuk setiap log adalah sebagai berikut:

LSD = 1/3 panjang garis menuju lapisan yang berdensitas rendah.

SSD = 1/2 panjang garis defleksi



**Gambar 6.** Penentuan ketebalan antara log LSD (*Long Spacing Density*) dan SSD (*Short Spacing Density*) (Robertson Research Engineering, 1984)

### 3. Tahap Pemodelan



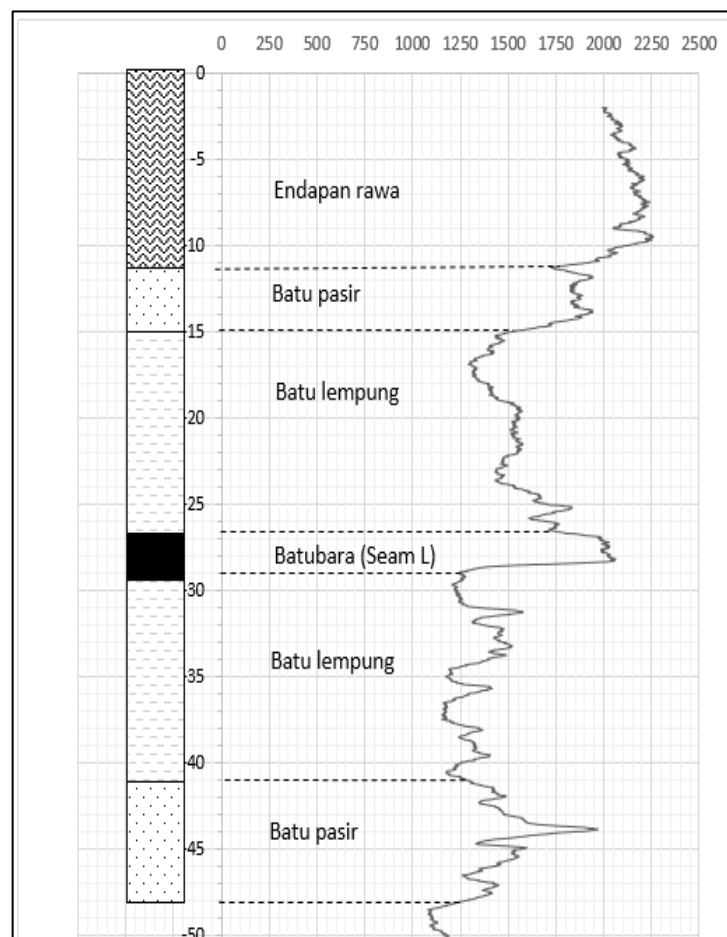
Pemodelan sebaran endapan rawa berdasarkan batas kedalaman yang di peroleh dari nilai log densitas yang di korelasikan dengan lithologi hasil pengeboran coring, kemudian batas kedalaman dari lithologi endapan rawa di interpolasikan berdasarkan pola aliran sungai purba [5].

## HASIL DAN ANALISIS

Secara umum, pengolahan dan interpretasi data well logging di 14 titik sumur eksplorasi yang telah dilakukan menghasilkan deskripsi lithologi batuan, ketebalan lapisan batuan, densitas batuan dari data log. Berdasarkan data 14 titik sumur bor, variasi runtunan lithologi di daerah penelitian didominasi oleh satuan batu pasir, batu lempung, batu bara dan endapan Rawa. Range nilai densitas pada endapan rawa antara  $\pm 1231.16$  sampai  $\pm 2048.81$  CPS, Range nilai densitas pada batulempung antara  $\pm 756.20$  sampai  $\pm 1541.25$  CPS, Range nilai densitas pada batupasir antara  $\pm 819.53$  sampai  $\pm 1333.31$  CPS, Range nilai densitas pada batubara antara  $\pm 822.76$  sampai  $\pm 2194.64$  CPS.

### 1. Interpretasi Data Geofisika Logging Titik Bor S06

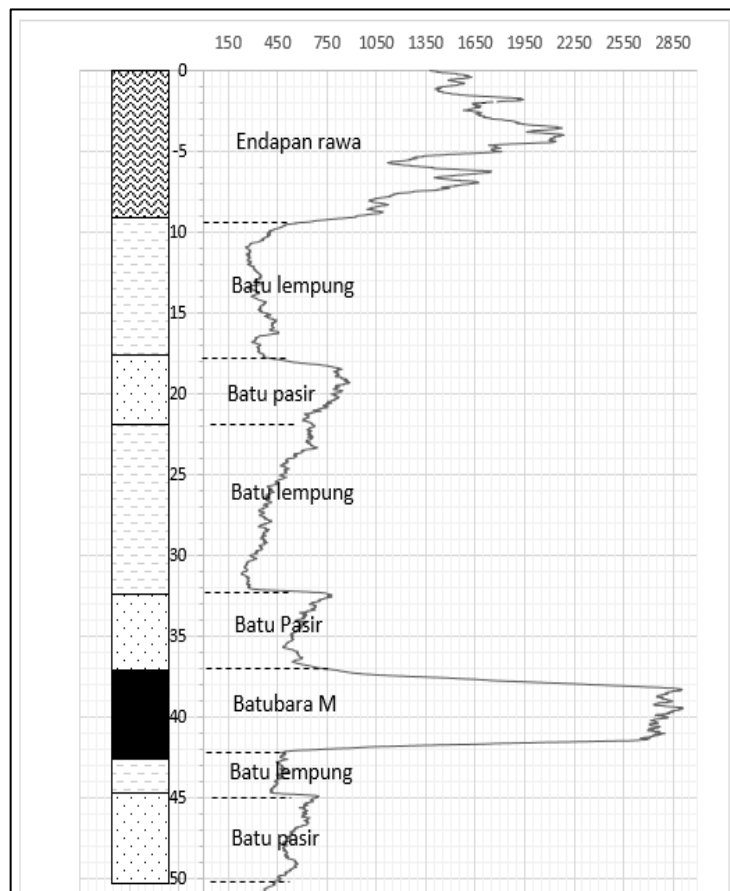
Interpretasi Data Geofisika Logging titik S06, di dapatkan satuan litologi pada titik S06 adalah Endapan rawa, Batu pasir, Batu lempung, Batubara, Batu lempung, Batubara. Endapan rawa dengan nilai densitas yang relatif tinggi dibandingkan satuan litologi yang lainnya seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Log Density titik S06

### 2. Interpretasi Data Geofisika Logging Titik Bor S09

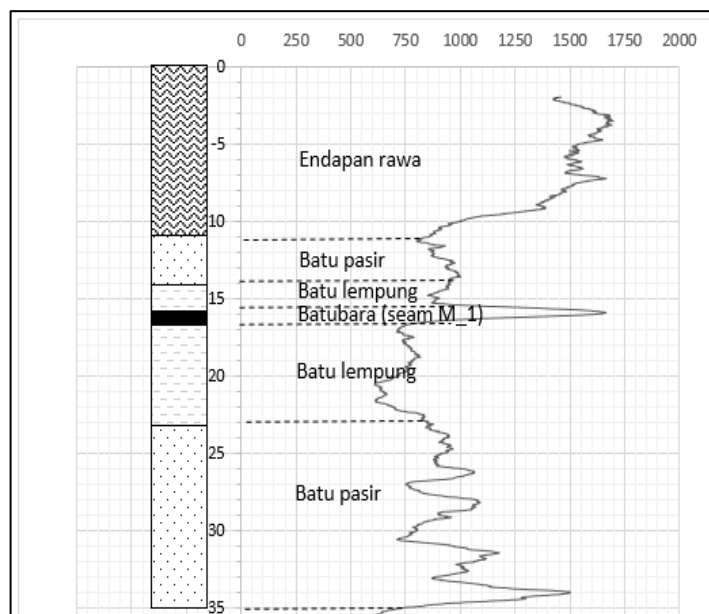
Interpretasi Data Geofisika Logging titik S09, di dapatkan satuan litologi pada titik S09 adalah Endapan rawa, Batu lempung, Batu pasir, Batu lempung, Batu pasir, Batubara, Batu lempung, Batu pasir. Endapan rawa dengan nilai densitas yang relatif tinggi dibandingkan satuan litologi yang lainnya seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Log Density titik S09

### 3. Interpretasi Data Geofisika Logging Titik Bor S11

Interpretasi Data Geofisika Logging titik S11, di dapatkan satuan litologi pada titik S11 adalah Endapan rawa, Batu pasir, Batu lempung, Batubara, Batubara, Batu pasir. Endapan rawa dengan nilai densitas yang relatif tinggi dibandingkan satuan litologi yang lainnya seperti pada gambar 9.

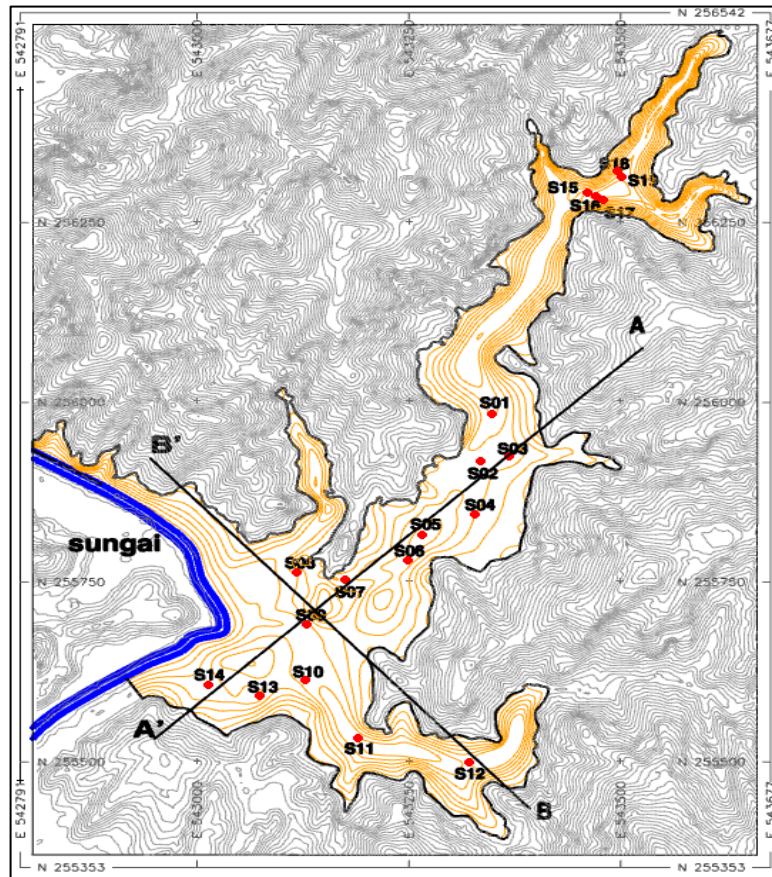


Gambar 9. Grafik Log Density titik S11

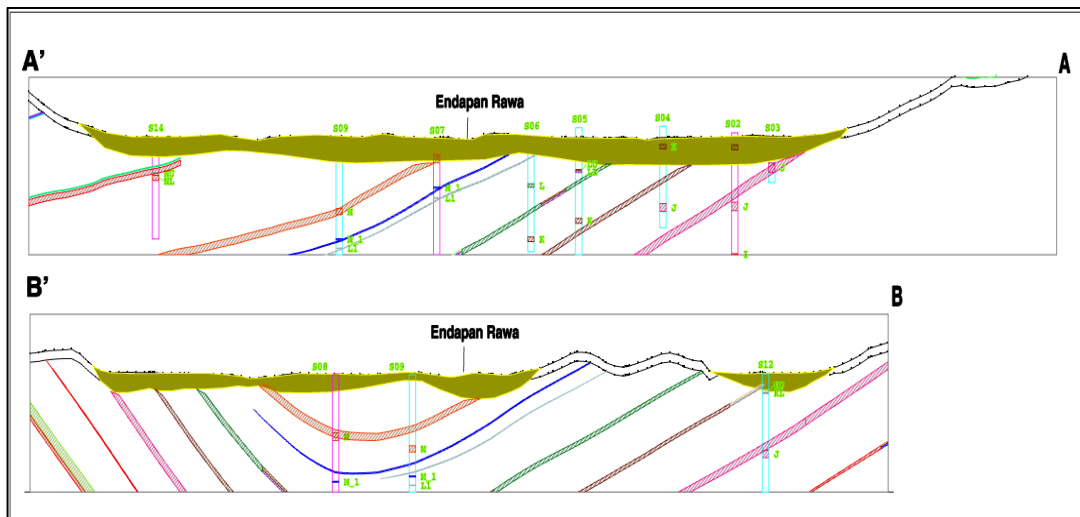


**4. Pemodelan Sebaran Rawa**

Dari hasil korelasi data geofisika logging dan lithologi untuk masing masing data pengeboran dapat diperoleh pola penyebaran endapan rawa dalam bentuk kontur tinggian, seperti terlihat pada gambar 10. Pola sebaran rawa berdasarkan korelasi antar kontur kedalaman yang menunjukkan tinggian, lereng dan lembah. Secara keseluruhan pola aliran berasal dari daerah tinggian mengikuti bidang lereng menuju daerah terendah dengan membuat pola aliran sungai purba (*paleocurrent*) [5]. Daerah terdalam dapat di tentukan pada bagian tengah mengikuti pola aliran sungai purba (gambar 10).



**Gambar 10.** Pola sebaran endapan rawa berdasarkan kontur tinggian





**Gambar 11.** Penampang endapan rawa

Hasil dari interpretasi geofisika logging yang terdiri dari tebal endapan rawa serta elevasi endapan rawa yang di modelkan, dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Tebal dan elevasi *bottom* rawa

Hole Name	Tebal Rawa (m)	Elevasi <i>bottom</i> Rawa (mdpl)
S01	8.55	4.04
S02	10.67	8.00
S03	9.78	6.80
S04	14.32	8.00
S05	18.64	2.84
S06	16.47	3.99
S07	7.12	8.50
S08	8.19	7.80
S09	11.41	4.60
S10	10.41	5.36
S11	14.00	1.84
S12	12.03	4.50
S13	11.62	4.60
S14	11.85	4.10
S15	15.58	6.50
S16	15.45	6.30
S17	15.96	5.50
S18	15.38	7.90
S19	14.59	8.50

**KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Interpretasi data logging geofisika dari 14 titik bor menunjukkan bahwa:
  - Lithologi pada daerah penelitian terdiri dari Batu pasir, Batu lempung, Batubara dan Endapan aluvium yang berupa endapan material rawa.
  - Setiap lithologi memiliki nilai densitas sebagai berikut:
  -

Lithologi	Range Nilai Densitas (CPS)	
	Min	max
Endapan rawa	1,231.160	2,048.810
Batu lempung	756.197	1,541.252
Batu pasir	819.527	1,333.313
Batubara	822.757	2,194.643

2. Penentuan batas lithologi endapan rawa dari nilai log densitas di interpretasikan sebagai batas elevasi *bottom* endapan rawa yang di pergunakan untuk pemodelan endapan rawa di Blok Sambarata.
3. Identifikasi pola sebaran rawa di modelkan berdasarkan korelasi antar kontur kedalaman yang menunjukkan pola aliran. Pola sebaran secara keseluruhan membentuk pola aliran berasal dari daerah tinggian mengikuti bidang lereng menuju daerah terendah dengan membuat pola aliran sungai purba (*paleocurrent*). Secara umum daerah terdalam dapat di tentukan pada bagian tengah mengikuti aliran sungai purba.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Bourgeois J., et al., "Geophysical Logging: Principles and Applications," *Springer*, 2016.  
 [2] BPB *Manual British Petroleum Book*, British company, United Kingdom, 1981.  
 [3] Firdaus M., "Interpretasi Petrofisik," PT. Elnusa Geosains, Jakarta, 2008.  
 [4] Friedman J., et al., "Statistical Methods in Geophysics," Wiley, 2020.  
 [5] Ghosh A., et al., "Application of Density Logging in Coal Exploration," *Journal of Mining Science*, 54(4), 745-756, 2018.  
 [6] Harsono, "Pengantar Evaluasi Log," Schlumberger Data Services, Jakarta, 1993.



- [7] Hossain M., et al., "Geophysical Techniques for Coal Resource Assessment," *International Journal of Coal Geology*, 206, 1-12, 2019.
- [8] Husni M., et al., "Rawa Identification Using Geophysical Logging in South Sumatra," *Indonesian Journal of Geology*, 16(2), 123-135, 2021.
- [9] Mason J., et al., "Three-Dimensional Geological Modeling Using Geophysical Data," *Geological Society of America Bulletin*, 131(3-4), 555-570, 2019.
- [10] Mohamad Iqbal P., Sugeng W., Ediar U., "Studi Pola Sedimentasi Daerah Lembah dan Sungai Purba (Paleo-Channel) Berdasarkan Analisis Data Seismik di Perairan Selat Bangka," *Jurnal Oseanografi*, 4(1), 35 – 47, 2015.
- [11] Pramono A., et al., "Geophysical Logging in Papua Coal Fields," *Journal of Geology and Mining Research*, 13(1), 12-20, 2021.
- [12] Rahman A., Supriyadi S. & Arifin Z., "Pemanfaatan Geofisika Logging untuk Identifikasi Sebaran Rawa di Kalimantan Selatan," *Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral*, 12(2), 45-56, 2021.
- [13] Rizki M., et al., "Sustainable Practices in Coal Mining," *Journal of Cleaner Production*, 341, 130821, 2022.
- [14] Santos J., et al., "Density Variations in Subsurface Geology," *Geophysical Research Letters*, 45(12), 6348-6356, 2018.
- [15] Sari R. & Hidayat T., "Challenges in Coal Mining Operations in Sumatra," *Indonesian Mining Journal*, 8(1), 45-56, 2020.
- [16] Soebekty E., "Endapan Rawa," *Jurnal Geologi*, 123-135, Volume 10, 2011.
- [17] Suhartono A., et al., "Training for Geologists in Geophysical Techniques," *Journal of Geology Education*, 59(1), 35-42, 2021.
- [18] Sukandarrumidi, "Batubara dan Pemanfaatannya," Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2009.
- [19] Sukmana M., et al., "Geophysical Logging for Coal Exploration in Kalimantan," *Indonesian Journal of Earth Sciences*, 7(2), 101-110, 2020.
- [20] Sukmono A., Utomo S. & Hidayat T., "Analisis Densitas Tanah pada Kawasan Rawa Menggunakan Metode Geofisika," *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 15(1), 23-34, 2020.
- [21] Supriyanto A., Santoso H. B. & Wibowo A., "Analisis Densitas pada Rawa di Kalimantan: Implikasi untuk Pemodelan Geologi," *Jurnal Geologi Indonesia*, 15(2), 123-134, 2020.
- [22] Warren J., "Well Logging: principles and Application," 2002.