

# INTERPRETASI SEBARAN BATUBARA BERDASARKAN DATA *WELL LOGGING* DI DAERAH BLOK X PULAU LAUT TENGAH KABUPATEN KOTABARU

Julkipli<sup>1</sup>, Simon Sadok Siregar<sup>1</sup>, Ibrahim Sota<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Research has been done using *well logging* methods to interpreted coal distribution in the area Block X Pulau Laut Tengah Kabupaten Kotabaru. Coal identification was changed of kick on gamma ray log chart which run to minimum value with seam A range from to 1,3–16,76 API, seam C range from to 5,02–12,44 API and seam D range from to 0,56–7,38 API. Long density log which kick on chart run to maximum value with seam A range from to 1,16–1,39 gr/cm<sup>3</sup>, seam C range from to 1,60–1,74 gr/cm<sup>3</sup> and seam D range from to 1,82–2,22 gr/cm<sup>3</sup>. Resistivity log which kick on chart run to maximum value with seam A range from to 1.189,74–2.407,15 Ohm.m, seam C range from to 2.223,80–2.328,84 Ohm.m and seam D range from to 6,06–105,65 Ohm.m. Measurement of coal thickness is based on chart of long density and short density logs with seam A 0,16–119,55 m depth and 0,11–0,40 m thickness, seam C 0,20–52,89 m depth and 0,11–0,40 m thickness and seam D 0,21–37,13 m depth and 0,41–0,42 m thickness. Coal distribution has been strike N 212°E and dip 10° N 302° E. Measurement method of coal resource was made two planes with volume measured coal resources about 2.273.792,69 tons.

**Keywords:** well logging, gamma raylog, density log, distribution, coal resources.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat konsumsi bahan bakar minyak tertinggi di dunia. Berdasarkan penelitian selama sepuluh tahun terakhir (2003–2013) menunjukkan peningkatan konsumsi energi nasional di Indonesia dari 79 juta barrel menjadi 134 juta barrel atau tumbuh rata-rata sebesar 5,5% pertahun. Meningkatnya konsumsi energi tersebut tidak diimbangi oleh cadangan minyak bumi yang terus menipis. Hal tersebut mendorong pemerintah untuk melakukan pencarian sumber energi baru untuk menjamin ketahanan energi di masa

mendatang. Eksplorasi batubara merupakan pilihan yang tepat karena masih menyimpan potensi yang besar untuk dilakukan penambangan. Ketersediaan yang cukup melimpah dan keterdapatannya hampir di seluruh wilayah Indonesia menjadikannya sebagai sumber cadangan penyangga baru dan cadangan energi strategis. Menyadari pentingnya hal tersebut, maka harus dilakukan eksplorasi batubara pada suatu daerah untuk mengetahui bentuk, arah sebaran, dan cadangan yang tersimpan dibawah permukaan bumi [4].

---

<sup>1</sup>Program Studi Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat

Metode geofisika merupakan salah satu disiplin ilmu yang menggunakan parameter fisika dalam berbagai metode pencarian sumber daya alam (air tanah, mineral, batubara, minyak bumi dan gas). Metode geofisika yang paling banyak digunakan dalam eksplorasi batubara adalah metode *well logging* [10]. Berikut beberapa penelitian yang menggunakan metode *well logging* dalam pencarian keberadaan batubara. Penelitian *well logging* pernah dilakukan di Banyuasin, Muara Enim Sumatera Selatan untuk mengetahui lapisan dan ketebalan batubara menggunakan pengukuran log sinar gamma [5]. Penelitian yang sama juga pernah dilakukan di daerah X Ampah Barito Timur untuk mengidentifikasi sebaran batubara menggunakan pengukuran log sinar gamma dan log tahanan jenis. Data kedalaman dan ketebalan batubara pada masing-masing lubang bor digunakan untuk mengetahui volume batubara [6].

Secara geologi keadaan daerah penelitian berada dalam formasi Tanjung yang lapisan batubaranya tersisipkan diantara perselingan batupasir dan batu lempung. Keberadaan singkapan batubara pada daerah penelitian menguatkan adanya

batubara dibawah permukaan. Selain itu, berdasarkan survey lapangan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa beberapa tempat di Pulau Laut Tengah pernah menjadi kegiatan pertambangan batubara. Indikasi tersebut berasal dari bekas galian batubara yang ditinggalkan.

### **Metode Well Logging**

*Well logging* geofisika pertama kali berkembang dalam ekplorasi minyak bumi untuk keperluan analisa porositas, saturasi reservoir minyak dan korelasi kedalaman antar sumur bor [13]. Seiring berjalan waktu perkembangan *well logging* mulai digunakan pada pencarian batubara. Tujuannya tidak hanya mendapatkan informasi geologi tetapi juga digunakan untuk memperoleh berbagai data seperti kedalaman, ketebalan, kualitas batubara, serta sifat geomekanik batuan yang menyertai penambahan batubara [7]. Secara umum *well logging* diartikan sebagai suatu pencatatan atau perekaman data bawah permukaan secara bersambung dan teratur dari bawah sampai atas lubang sumur dengan menggunakan parameter geofisika. Log adalah suatu grafik kedalaman dari satu set data yang menunjukkan parameter yang diukur

secara berkesinambungan pada sebuah sumur [3].

### **Log Sinar Gamma**

Log sinar gamma merupakan metode untuk mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur-unsur radioaktif yang terdapat disekitar lapisan batuan lubang bor. Radioaktivitas alami yang terukur berasal dari tiga unsur radioaktif yang ada dalam batuan yaitu Uranium (U), Thorium (Th), dan Potassium (K) yang secara berkelanjutan memancarkan sinar gamma dalam bentuk pulsa-pulsa energi radiasi tinggi [11].

Log sinar gamma bermanfaat untuk menunjukkan daerah batubara dengan menampilkan kandungan radioaktif yang rendah dibandingkan dengan formasi lain. Jika daerah batubara menunjukkan adanya tingkat radioaktif yang cukup tinggi (namun masih berada dibawah pasir atau karbon) penyebabnya adalah kontaminasi dari formasi lain atau adanya garam potassium pada lapisan tersebut [9].

### **Log Densitas**

Log densitas merupakan log porositas yang mengukur kerapatan elektron dalam suatu formasi. Hal inilah yang menjadi dasar bagi

geologist untuk mengidentifikasi adanya mineral, gas, hidrokarbon, dan reservoir pasir yang mengandung lempung dalam susunan formasi yang lebih kompleks [12].

Prinsip pengukuran log densitas adalah memancarkan energi sinar gamma dari sumber radiasi ke dinding lubang bor. Sumber radiasi yang digunakan pada pengukuran log densitas adalah Co-60 atau Ce-137. Pada saat radiasi ditembakkan dengan energi tertentu ke dinding lubang bor, foton yang membawa sinar gamma akan bertumbukan dengan elektron pada batuan. Peristiwa ini lebih dikenal sebagai Efek Compton [1].

Pengukuran log densitas terbagi menjadi dua jenis yaitu *long spacing density* (LSD) dan *short spacing density* (SSD). Analisa lapisan batubara dapat menggunakan LSD karena menunjukkan densitas yang mendekati sebenarnya akibat pengaruh yang kecil dari dinding lubang bor. Sedangkan pengukuran ketebalan lapisan batubara dapat menggunakan SSD karena mempunyai resolusi vertikal yang tinggi [9]. Grafik hubungan besarnya intensitas energi sinar gamma yang ditangkap detektor dan densitas batuan yang terukur dapat dilihat pada

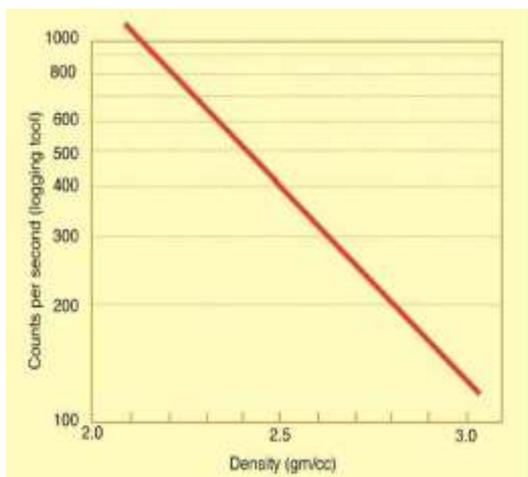
gambar 1. Satuan pengukuran pada alat *logging* (CPS) berbanding terbalik dengan nilai densitas batuan ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ). Jika pengukuran intensitas sinar gamma (CPS) menunjukkan nilai yang tinggi maka densitas batuan ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) menunjukkan nilai yang rendah [11]. Berdasarkan hubungan intensitas energi sinar gamma yang ditangkap detektor dan densitas batuan menghasilkan persamaan regresi non linear sebagai berikut:

$$Y = 177598 e^{-2,4325X} \quad (1)$$

Keterangan:

X : Nilai densitas dalam satuan  $\text{gr}/\text{cm}^3$

Y : Nilai densitas dalam satuan CPS



**Gambar 1.** Hubungan antara satuan CPS dan  $\text{gr}/\text{cm}^3$  [11].

### Log Tahanan Jenis

Survey geofisika log tahanan jenis dapat menghasilkan informasi perubahan variasi harga tahanan jenis baik arah lateral maupun arah vertikal.

Metode ini memberikan injeksi kedalam bumi sehingga membangkitkan medan potensial sehingga yang terukur adalah besarnya kuat arus ( $I$ ) dan beda potensial ( $\Delta V$ ) dalam formasi. Metode ini dapat memudahkan para *geologist* dalam melakukan interpretasi cebakan-cebakan batubara dengan biaya eksplorasi yang relatif murah [8].

Metode log tahanan jenis ini dilakukan karena pada hakikatnya batuan, fluida, dan hidrokarbon di dalam bumi memiliki nilai tahanan jenis tertentu. Batubara pada umumnya mempunyai sifat yang tidak dapat melewati aliran listrik dengan baik. Sedangkan batuan lempung mempunyai sifat sebaliknya yaitu penghantar arus listrik yang baik [11].

### Sumber Daya Batubara

Sumber daya batubara merupakan bagian dari endapan batubara yang diharapkan dapat dimanfaatkan. Sumber daya ini dapat meningkat menjadi cadangan apabila setelah dilakukan pengujian dinyatakan layak tambang. Berikut klasifikasi pembagian kelas sumber daya batubara berdasarkan keadaan geologi [2]:

#### (1) Sumber daya batubara terukur (*Measured coal resource*)

Sumber daya batubara terukur merupakan jumlah batubara di daerah

penyelidikan yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat dalam eksplorasi rinci.

**(2) Sumber daya batubara tertunjuk (Indicated coal resource)**

Sumber daya batubara tertunjuk adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi pendahuluan.

**(3) Sumber daya batubara tereka (Inferred coal resource)**

Sumber daya batubara tereka adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan prospeksi.

**Perhitungan Sumber Daya Batubara**

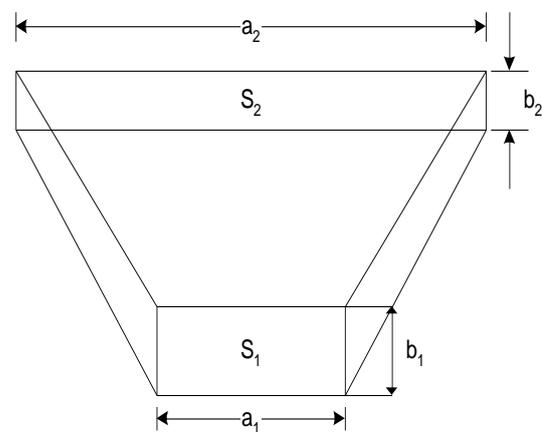
Perhitungan sumber daya batubara dapat menggunakan metode penampang karena memiliki tingkat ketelitian yang cukup baik. Metode dua penampang yang tidak terlihat perbedaan dimensinya dapat menggunakan rumus *mean area* atau kerucut terpancung. Metode dua penampang yang terlihat perbedaan dimensinya dapat menggunakan rumus obelisk yang ditunjukkan pada gambar 2 [14].

Rumus obelisk:

$$\text{Volume} = \frac{A_1 + 4M + A_2}{6} \times d$$

$$\text{dengan } M = \frac{(a_1 + a_2)}{2} \frac{(b_1 + b_2)}{2}$$

Keterangan:  $A_1$  adalah Luas penampang pertama;  $A_2$ , Luas penampang kedua;  $d$ , Jarak antara penampang pertama dan kedua;  $a_1$ , Ketebalan lapisan batubara dan  $b_1$ , Panjang penampang lapisan batubara.



**Gambar 2.** Penampang untuk rumus obelisk

**METODE PENELITIAN**

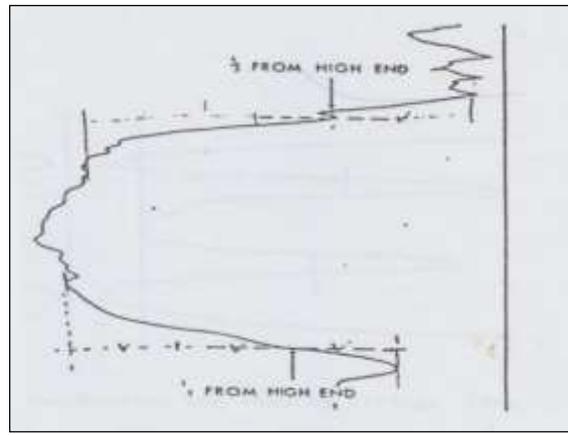
Penelitian ini menggunakan data *well logging* sebanyak 30 titik lubang sumur untuk menginterpretasi sebaran batubara di daerah Blok X Kabupaten Kotabaru. Data tersebut telah melalui proses rekonsiliasi dengan data *coring* berupa pengumpulan dan pencocokkan litologi lubang sumur. Berikut penjelasan secara lengkap pengolahan data *well logging*.

Proses identifikasi keberadaan batubara berdasarkan perubahan

defleksi pada grafik log sinar gamma, log *long density* dan log tahanan jenis menggunakan data asli perekaman alat *well logging* (*LAS file*). Data tersebut kemudian diolah menggunakan software *wellCad v.4.0* menjadi grafik log sinar gamma, log *long density* atau log tahanan jenis. Berdasarkan defleksi pada grafik log sinar gamma keberadaan batubara ditandai dengan defleksi menuju minimum. Sedangkan pada grafik log densitas (*short density* dan *long density*) dan log tahanan jenis keberadaan batubara ditandai dengan defleksi menuju maksimum. Pengukuran nilai batubara pada grafik *well logging* menggunakan software *Microsoft office excel* yaitu dengan mengekstrak *LAS file* kedalam *worksheet* yang menampilkan data kedalaman, nilai litologi pada log sinar gamma, log *long density* dan log tahanan jenis. Nilai litologi pada *LAS file* tersebut kemudian diurutkan berdasarkan kedalamannya. Analisis data statistik yang digunakan adalah uji kuantitatif yang terdiri atas nilai minimal, nilai maksimal dan nilai rata-rata dari formasi yang sama.

Pengukuran kedalaman dan ketebalan batubara menggunakan grafik log *long density* (*LSD*) dan log *short density* (*SSD*). Pada grafik log *LSD* yang menunjukkan defleksi batubara dibagi menjadi 1/3 panjang garis menuju

lapisan yang berdensitas rendah dan pada grafik log *SSD* dibagi menjadi 1/2 panjang garis menuju lapisan yang berdensitas rendah. Hasil pengukuran kedalaman dan ketebalan ini nantinya dimasukkan kedalam software *minescape v.4.8* untuk mendapatkan pemodelan kedalaman dan ketebalan batubara yang lebih baik.

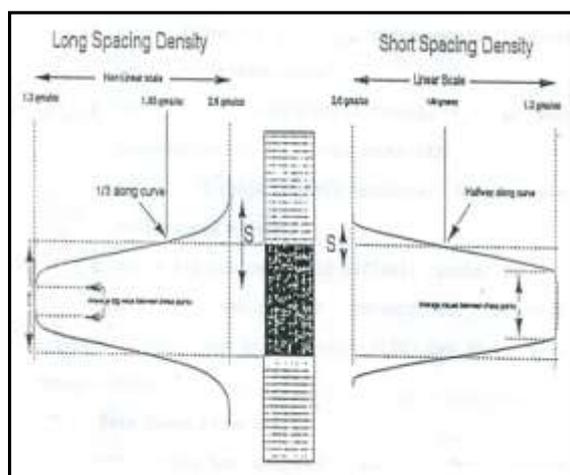


**Gambar 3.** Penentuan ketebalan dengan menggunakan log sinar gamma (BPB Manual, 1981)

Pemodelan sebaran dan perhitungan sumber daya batubara menggunakan software *minescape v.4.8* dan data yang diperlukan berupa data topografi, data sebaran singkapan batubara, data kedalaman dan ketebalan batubara, data sebaran lubang bor, dan data geologi lokal (meliputi litologi, stratigrafi, dan struktur geologi sekitar) dengan format data dalam bentuk *ASCII file*, *DXF/DWG file*, atau *SURPAC file*.

Hasil pemodelan tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk

membuat kontur struktur *roof* dan *floor* pada masing-masing lapisan batubara dan sayatan penampang. Proses selanjutnya mengkorelasikan data-data lubang bor dengan membuat *cross section–long section* pada tiap-tiap lubang sumur. Pembuatan sayatan penampang harus tegak lurus dengan arah sebaran (*strike*) batubara agar dapat digunakan untuk menghitung sumber daya batubara.



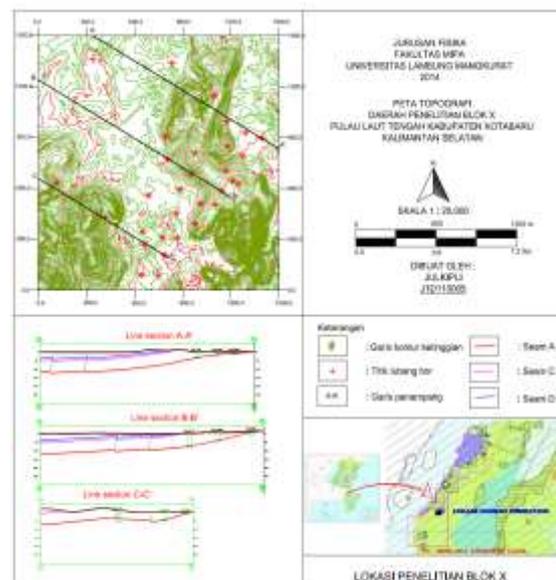
**Gambar 4.** Penentuan ketebalan antara log *long density* dan *short density* (Robertson Research Engineering, 1984)

Pembuatan peta sebaran dan perhitungan sumber daya batubara menggunakan *software autoCad v.2009*. Hasil pemodelan yang didapatkan pada *software minescape v.4.8* diubah kedalam format DWG agar bisa digunakan sebagai bahan pembuatan peta. Pengolahan peta pada *software autoCad v.2009* disesuaikan dengan pembuatan peta

pada umumnya sehingga dapat menampilkan peta yang terdiri dari peta topografi, peta sebaran batubara dan peta sumber daya batubara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta topografi daerah Blok X dapat dilihat pada gambar 5 yang memuat informasi sebanyak 30 titik lubang bor dengan luas daerah penelitian 1,5x1,5 km.



**Gambar 5.** Peta topografi daerah Blok X

Kontur perbukitan lebih dominan pada arah barat daya dan tenggara yang ditandai oleh semakin rapatnya garis kontur. Terdapat tiga buah garis penampang dengan posisi tegak lurus terhadap arah sebaran batubara. Penempatan garis penampang tersebut bertujuan untuk mewakili keseluruhan model endapan batubara lubang bor pada daerah Blok X sehingga dapat

digunakan untuk menghitung sumber daya batubara. Garis penampang ini juga digunakan untuk melihat penampang melintang batubara dibawah permukaan. Masing-masing garis penampang tersebut menampilkan pola kemiringan batubara (*dip*) terhadap arah penyebarannya

(*strike*). Proses identifikasi batubara menggunakan perubahan defleksi dan nilai pada grafik log sinar gamma, log *long density* dan log tahanan jenis. Hasil pengukuran nilai log sinar gamma, log *long density* dan log tahanan jenis secara lengkap ditunjukkan oleh tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai rata-rata log sinar gamma (API), log long density (gram/cm<sup>3</sup>) dan log tahanan jenis (Ohm.m) pada masing-masing litologi

Litologi (API)	(gram/cm <sup>3</sup> )	(Ohm.m)	Nilai Log Sinar Gamma			Nilai Log Long Density			Nilai Log Tahanan Jenis		
			Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average
Soil		6,07	28,10	16,32	1,35	1,64	1,50	2.111,85	3.294,71	2.539,03	
Sandstone		4,16	29,11	13,16	1,55	1,94	1,78	1.460,32	1.701,43	1.431,80	
Claystone		5,26	38,10	19,39	1,44	1,93	1,76	1.048,79	2.645,16	1.556,06	
Siltstone		5,33	30,27	16,02	1,66	2,05	1,92	1.534,81	2.044,16	1.828,43	
Coal Seam A		1,30	16,76	5,90	1,19	1,44	1,26	1.189,74	2.407,15	1.793,18	
Coal Seam C		5,02	12,44	8,35	1,65	1,80	1,70	2.223,80	2.328,84	2.276,92	
Coal Seam D		0,56	7,38	3,30	1,82	2,23	1,96	6,06	105,65	62,85	
Carbonaceous Claystone		8,74	33,62	21,12	1,29	1,66	1,54	1.659,12	2.063,67	1.684,18	
Shally Sandstone		10,40	43,28	25,21	1,73	1,91	1,83	329,34	596,66	783,52	
Sandy Claystone		8,85	33,36	18,38	1,74	1,96	1,87	132,65	3.213,38	2.558,09	
Igneous Rock					1,74	1,86	1,80				
Conglomerate		0,79	8,71	5,13	1,91	2,14	2,07				

Hasil pengukuran kedalaman dan ketebalan batubara dengan grafik log *long density* dan log *short density* ditunjukkan oleh tabel 2. Data tersebut kemudian dimodelkan pada *software minescape v.4.8* untuk mendapatkan hasil korelasi antar *seam* batubara yang lebih baik. Hasilnya batubara *seam A* terdapat pada kedalaman 0,16–119,55 m dengan ketebalan antara 0,82–2,57 m, *seam C* terdapat pada kedalaman 0,20–52,89 m dengan ketebalan antara 0,11–0,40 m dan *seam D* terdapat pada kedalaman 0,21–37,13 m dengan

ketebalan antara 0,41–0,42 m. Hasil pemodelan penampang melintang batubara ditunjukkan oleh gambar 7. Peta sebaran lapisan batubara pada daerah Blok X dilihat pada gambar 6 dengan arah *strike* N 212° E dan *dip* 10°N 302° E. Batubara pada daerah penelitian terdiri dari tiga lapisan yaitu *seam A*, *seam C* dan *seam D*. *Seam* batubara tersebut merupakan hasil pertemuan *seam* yang sama pada seluruh lubang sumur bor di wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) Sebuku Tanjung Coal.



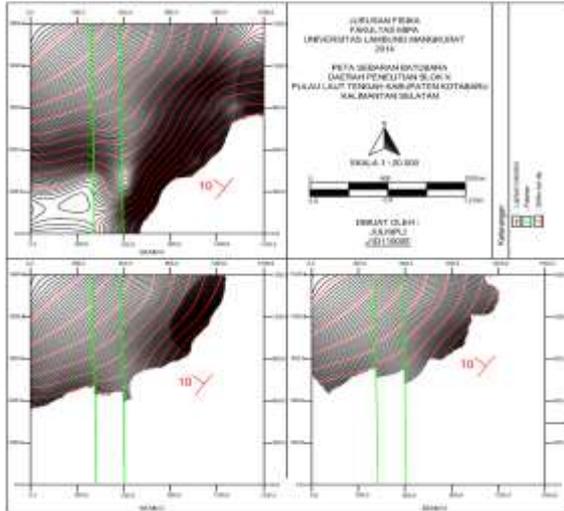
**Tabel 2.** Perhitungan kedalaman dan ketebalan batubara

Nama lubang bor	From	To	Tebal	Seam	Litologi
DH_1032	49,83	51,23	1,40	A	Coal
DH_1034	8,35	9,95	1,60	A	Coal
DH_1035	27,49	29,80	2,31	A	Coal
DH_1036	23,70	25,64	1,94	A	Coal
DH_1037	32,80	34,98	2,18	A	Coal
DH_1038	66,71	69,16	2,45	A	Coal
DH_1039	15,20	17,41	2,21	A	Coal
DH_1040	9,17	11,30	2,13	A	Coal
DH_1041	16,16	17,60	1,44	A	Coal
DH_1042	42,00	43,74	1,74	A	Coal
DH_1317	55,94	57,87	1,93	A	Coal
DH_1318	45,61	47,41	1,80	A	Coal
DH_1319	22,26	23,86	1,60	A	Coal
DH_1322	7,72	9,95	2,23	A	Coal
DH_1326	16,28	18,85	2,57	A	Coal
DH_1335	5,54	7,26	1,72	A	Coal
DH_1337	8,65	10,34	1,69	A	Coal
DH_1340	7,93	8,75	0,82	A	Coal
DH_1345	9,41	9,64	0,23	A2	Coal
DH_1345	10,18	11,98	1,80	A1	Coal
DH_1348	63,84	65,75	1,91	A	Coal
DH_1102	6,44	6,58	0,14	C2	Coal
DH_1102	6,98	7,09	0,11	C1	Coal
DH_1102	78,59	80,84	2,25	A	Coal
DH_1031	74,50	76,58	2,08	A	Coal
DH_1346	13,26	13,46	0,20	C	Coal
DH_1346	84,26	86,54	2,28	A	Coal
DH_0915	21,65	22,07	0,42	D	Coal
DH_0915	35,55	35,80	0,25	C	Coal
DH_0915	102,87	105,07	2,20	A	Coal
DH_1012	13,28	13,68	0,40	C	Coal
DH_1012	79,57	81,82	2,25	A	Coal
DH_1013	51,75	53,40	1,65	A	Coal

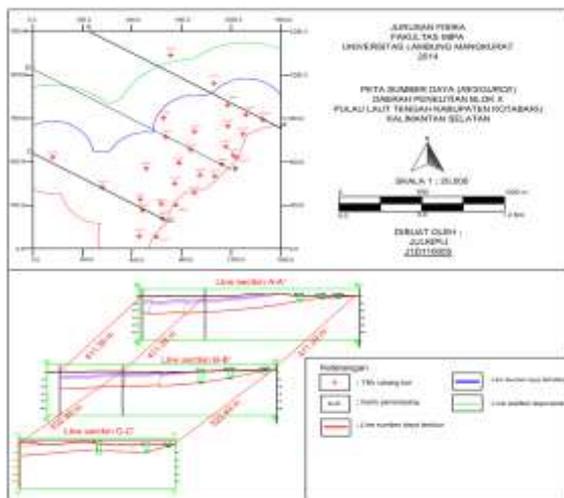
Peta perhitungan sumber daya batubara daerah Blok X menggunakan metode penampang dapat dilihat pada Gambar 7. Metode ini digunakan karena memiliki tingkat kepercayaan cukup tinggi untuk menghitung sumber

daya batubara. Perhitungan sumber daya batubara pada daerah penelitian menggunakan dua penampang dan rumus yang digunakan adalah rumus obelisk karena jarak antar penampang cukup jauh sehingga dikhawatirkan

terdapat selisih cukup besar jika menggunakan rumus *mean area* dan kerucut terpancung.



**Gambar 6.** Peta sebaran batubara daerah Blok X



**Gambar 7.** Peta perhitungan sumber daya batubara daerah Blok X

**KESIMPULAN**

1. Batubara pada grafik log sinar gamma ditunjukkan oleh defleksi yang bergerak menuju minimum dengan pengukuran nilai *seam A*

antara 1,3–16,76 API, *seam C* antara 5,02–12,44 API, dan *seam D* antara 0,56–7,38 API. Batubara pada grafik log *long density* ditunjukkan oleh defleksi yang bergerak menuju maksimum dengan pengukuran nilai *seam A* antara 1,16–1,39 gr/cm<sup>3</sup>, *seam C* antara 1,60–1,74 gr/cm<sup>3</sup> dan *seam D* antara 1,82–2,22 gr/cm<sup>3</sup>. Batubara pada grafik log tahanan jenis ditunjukkan oleh defleksi yang bergerak menuju maksimum dengan pengukuran nilai *seam A* antara 1.189,74–2.407,15 Ohm.m, *seam C* antara 2.223,80–2.328,84 Ohm.m, dan *seam D* antara 6,06–105,65 Ohm.m.

2. Batubara *seam A* terdapat pada kedalaman 0,16–119,55 m dengan ketebalan antara 0,23–2,57 m, batubara *seam C* terdapat pada kedalaman 0,20–52,89 m dengan ketebalan antara 0,11–0,40 m dan batubara *seam D* terdapat pada kedalaman 0,21–37,13 m dengan ketebalan antara 0,41–0,42 m.

3. Sebaran batubara berarah *strike N* 212° E dan *dip* 10° N 302° E dan sumber daya batubara terukur pada daerah Blok X adalah 2.273.792,69 ton.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asquith, G. & C. Gibson. 1982. *Basic Well Logging Analysis for Geologist*. The America Association of Petroleum Geologist. Tulsa, USA.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. 1998. *Klasifikasi Sumber Daya Mineral dan Cadangan*. Amandemen ke-1, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- [3] Chopra, P., E. Papp. & D. Gibson. 2000. *Geophysical Well Logging*. Department of Geology, Australian National.
- [4] Dewan Energi Nasional. 2014. *Outlook Energi Nasional Indonesia 2014*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- [5] Djunaedi, E.K. 2001. Penelitian Geofisika Batubara dengan Metode Well Logging di Daerah Musi Banyuasin, Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan Sub Direktorat Geofisika dan Pemboran Eksplorasi, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.
- [6] Faisal, Akhmad. 2012. Identifikasi Sebaran Batubara dari Data Well Logging di Daerah X Ampah Barito Timur. *Skripsi* Jurusan fisika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- [7] Harsono, 1997. *Pengantar Evaluasi Log*. Schlumberger Data Services, Jakarta (tidak dipublikasikan).
- [8] Loke, M.H. 2000. *A Practical Guide to 2D and 3D Surveys*. British Company Ltd, Birmingham.
- [9] Martono, HS. 2008a. *Panduan Deskripsi Batuan*. RecsaLog, Bandung.
- [10] Philip, K., M. Brooks & I. Hill. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Edisi ke-3. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- [11] Rider, M.H. 2002. *The Geophysical Interpretation of Well Logs*. Edisi ke-2. John Willey and Sons Ltd, New York.
- [12] Schlumberger. 1997. *Log Interpretation*. Edisi ke-4. Schlumberger Well Service Inc, Houston, Texas.
- [13] Serra, Oberto. 1988. *Fundamentals of Well Logging Interpretation*. Edisi ke-3. Elsevier Science Publishing Company Inc, New York.
- [14] Syafrizal, 2000. *Optimasi Cadangan Batubara Berdasarkan Kualitas*. Modul 4, Perhitungan Cadangan Batubara dengan Metode Penampang, Institute Teknologi Bandung, Bandung (tidak dipublikasikan).
- [15] Totok, Darijanto. 1999. *Model Sumber Daya Batubara*. Modul 4, Perhitungan Cadangan Batubara dengan Metode Penampang, Institute Teknologi Bandung, Bandung (tidak dipublikasikan).