

IDENTIFIKASI LAPISAN BATU BARA DAN ESTIMASI SUMBERDAYA BATU BARA MENGGUNAKAN DATA GEOLISTRIK 2D DI LAPANGAN DS

COAL SEAM IDENTIFICATION AND COAL RESOURCE ESTIMATION USING 2D GEOELECTRIC DATA IN THE DS FIELD

Sonia Diva Yanti Simbolon^{1*}, Rizka², Nugroho Prasetyo³, Nur Hidayat⁴

^{1,2,3}, Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

Jalan Terusan Ryacudu, Way Hui, Kecamatan Jatiagung, Lampung Selatan 35365

⁴, Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Kawasan Puspitek Ged.820, Serpong 15314, Tangerang Selatan

*Email corresponding: Sonia.121120043@student.itera.ac.id

Cara sitasi: S. D. Y. Simbolon, Rizka, N. Prasetyo, dan N. Hidayat, " Identifikasi Lapisan Batu Bara dan Estimasi Sumberdaya Batu Bara Menggunakan Data Geolistrik 2D Di Lapangan DS," *Kurvatek*, vol. 10, no. 2, pp. 207-216, 2025. doi: 10.33579/krvtk.v10i2.6251 [Online].

Abstrak — Lapangan DS adalah wilayah yang memiliki potensi batu bara namun masih belum sepenuhnya dieksplorasi dan dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lapisan batu bara berdasarkan data geolistrik resistivitas 2D serta menghitung estimasi sumberdaya batu bara di daerah penelitian. Metode yang digunakan adalah geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner-Schlumberger sebanyak 9 lintasan dengan panjang lintasan 235 meter dan jarak antar elektroda 5 meter, serta estimasi sumberdaya menggunakan pendekatan geostatistika metode *ordinary kriging*. Hasil penelitian menunjukkan keberadaan batu bara jenis lignit dengan rentang resistivitas 90–150 Ωm . Estimasi sumberdaya batu bara menghasilkan total tonase sebesar 1.873.156,219 ton, terdiri atas 473.488,130 ton kategori terukur, 942.873,465 ton kategori tertunjuk, dan 45.794,625 ton kategori tereka. Nilai *geological losses* sebesar 0,12% atau 228.495,074 ton, sehingga tonase akhir adalah 1.644.661,146 ton.

Kata kunci: Batu bara, Estimasi sumber daya, Geolistrik resistivitas 2D, *Ordinary kriging*, Wenner-Schlumberger.

Abstract — DS Field is an area with coal potential but has not yet been fully explored and optimally utilized. This study aims to identify coal layers based on 2D resistivity geoelectric data and to estimate the coal resources in the study area. The method used is 2D resistivity geoelectric with the Wenner-Schlumberger configuration, conducted on 9 survey lines with a length of 235 meters and electrode spacing of 5 meters, along with resource estimation using a geostatistical approach through the ordinary kriging method. The results indicate the presence of lignite coal with a resistivity range of 90–150 Ωm . The coal resource estimation yielded a total tonnage of 1,873,156.219 tons, consisting of 473,488.1230 tons in the measured category, 942,873.465 tons in the indicated category, and 45,794.625 tons in the inferred category. The geological losses value is 0.12% or 228,495.074 tons, resulting in a final tonnage of 1,644,661.146 tons.

Keywords: Coal, 2D Resistivity Geoelectrical, Wenner-Schlumberger, Ordinary Kriging, Resource Estimation

I. PENDAHULUAN

Batu bara menjadi salah satu sumberdaya alam yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan energi dunia, terutama sebagai bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik, industri, serta bahan baku dalam proses metalurgi. Di Indonesia, batu bara menempati posisi strategis sebagai komoditas energi utama yang diekspor ke berbagai negara sekaligus digunakan secara domestic. Provinsi-provinsi seperti Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, dan Sumatera Selatan menjadi wilayah dengan kandungan batu bara yang sangat signifikan dan telah menjadi pusat pengembangan eksplorasi dan produksi selama beberapa dekade terakhir [1].

Potensi batu bara di berbagai wilayah belum sepenuhnya dimanfaatkan, termasuk di lapangan DS. Secara geologis, daerah ini berada pada formasi sedimen yang mendukung terbentuknya lapisan batu bara, ditandai oleh singkapan berlapis dan temuan awal pengamatan lapangan. Namun, penelitian geofisika sistematis untuk mengetahui sebaran dan kedalaman lapisan batu bara masih minim, sehingga diperlukan studi eksploratif lebih lanjut guna mengidentifikasi zona dan potensi batu bara bawah permukaan.

Metode geofisika memanfaatkan prinsip fisika untuk mempelajari bagian Bumi yang tidak tampak langsung melalui pengukuran sifat fisik di permukaan. Salah satunya adalah metode geolistrik resistivitas, yang mengukur hambatan jenis material bawah permukaan terhadap arus listrik. Perbedaan resistivitas antar batuan membantu mengidentifikasi lapisan geologi, termasuk batu bara. Dalam penelitian ini digunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger, gabungan konfigurasi Wenner pada lapisan awal ($n=1$) dan Schlumberger untuk lapisan berikutnya [2].

Dalam eksplorasi sumber daya, pemahaman distribusi data spasial sangat penting karena data geologi dan geofisika umumnya tidak merata. Estimasi geostatistika digunakan untuk memperkirakan variabel seperti kadar atau ketebalan di lokasi yang belum terukur dengan memanfaatkan data terdekat. Analisis variogram menjadi dasar untuk metode interpolasi seperti kriging, yang umum digunakan dalam pemodelan spasial [3].

Penelitian sebelumnya [4] dan [5] menunjukkan metode geolistrik resistivitas efektif dalam mengidentifikasi zona batu bara, namun umumnya memakai konfigurasi tunggal Wenner atau Schlumberger. Penelitian ini berbeda karena menggunakan konfigurasi gabungan Wenner-Schlumberger yang lebih detail dalam memetakan resistivitas, serta berfokus pada identifikasi zona batu bara di Lapangan DS, yang belum banyak diteliti sebelumnya. Pada penelitian ini juga melakukan estimasi sumberdaya batu bara dengan penerapan geostatistika metode ordinary kriging.

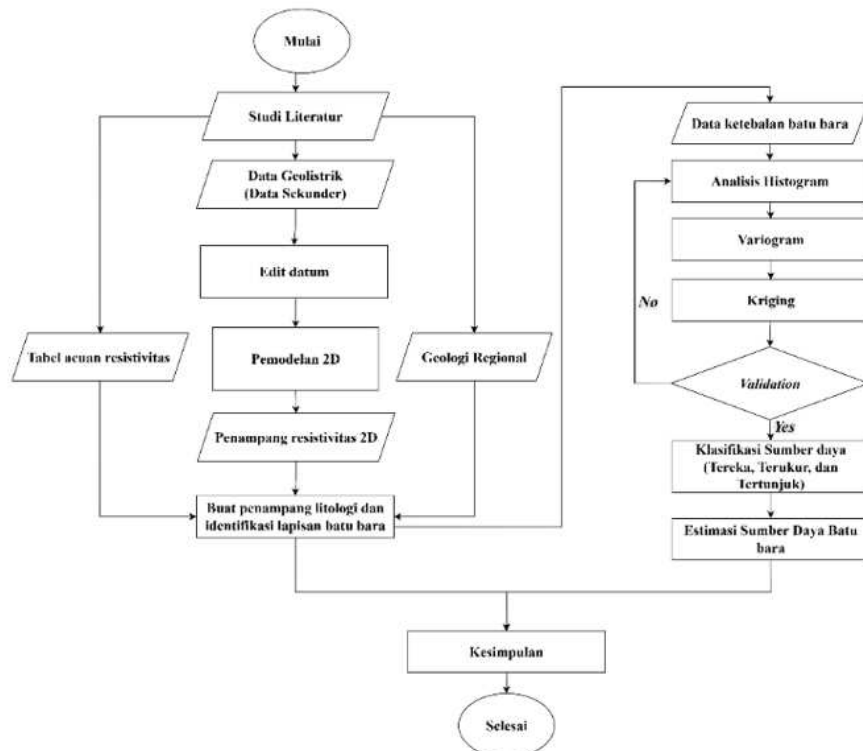
Dengan latar belakang tersebut, secara umum tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi lapisan batu bara berdasarkan nilai resistivitas dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger dan estimasi sumberdaya batu bara pada daerah penelitian. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan data geologi bawah permukaan lapangan DS dan menjadi referensi awal untuk kegiatan eksplorasi lanjutan, serta mendukung pemanfaatan sumberdaya batu bara secara berkelanjutan dan bertanggung jawab

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik dan metode geostatistika. Metode geolistrik resistivitas diterapkan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi bawah permukaan berdasarkan variasi nilai tahanan jenis batuan. Pengukuran dilakukan menggunakan konfigurasi elektroda Wenner-Schlumberger yang memiliki sensitivitas baik terhadap variasi vertikal maupun horizontal lapisan bawah permukaan. Data hasil pengukuran kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Res2DInv melalui proses inversi untuk menghasilkan penampang dua dimensi resistivitas. Interpretasi hasil pemodelan ini memungkinkan identifikasi lapisan yang memiliki karakteristik resistivitas khas, yang diasosiasikan dengan keberadaan batubara dan lapisan batuan penyusunnya [6].

Metode geostatistika digunakan untuk mengestimasi dan memodelkan sebaran spasial ketebalan lapisan batubara berdasarkan hasil interpretasi geolistrik. Analisis ini diawali dengan penyusunan variogram untuk mengidentifikasi struktur autokorelasi spasial data, kemudian dilanjutkan dengan proses interpolasi untuk memperkirakan nilai ketebalan pada titik-titik yang tidak terukur. Ordinary Kriging dipilih karena mampu memberikan hasil estimasi yang tidak bias serta mempertimbangkan hubungan spasial antar data, sehingga menghasilkan model distribusi ketebalan batubara yang lebih akurat dan representatif terhadap kondisi geologi sebenarnya [7].

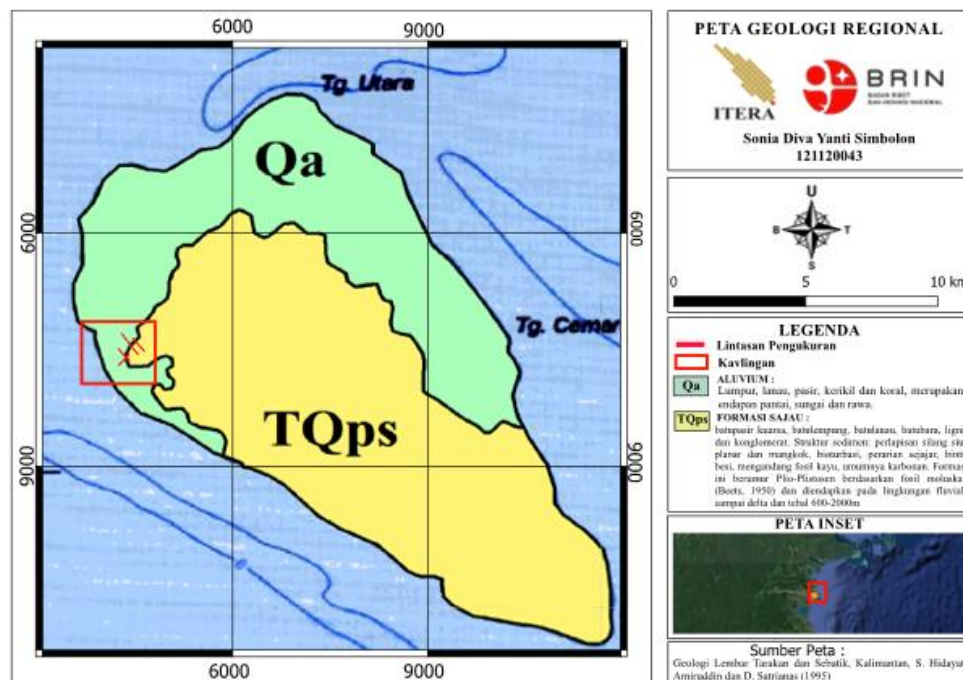
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan diolah di Institut Teknologi Sumatera (ITERA). Penelitian ini berlokasi di Daerah DS, Kalimantan Utara. Data yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 9 lintasan, panjang lintasan 235 meter, menggunakan 48 elektroda dengan spasi antar elektroda 5 meter. Penelitian ini memanfaatkan peta geologi regional, yaitu Peta Geologi Lembar Tarakan dan Sebatik yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, sebagai salah satu acuan utama dalam analisis kondisi geologi di lokasi penelitian. Informasi ini menjadi dasar dalam melakukan interpretasi lebih lanjut pada penelitian. Gambar 1 merupakan diagram alir yang diterapkan pada daerah penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN DISKUSI

Pada penelitian ini menggunakan peta geologi Indonesia, lembar Tarakan dan Sebatik. Lapangan DS didominasi Formasi Sajau dan Aluvium. Formasi Sajau (TQps) yang didominasi oleh batuan sedimen klastik dengan beberapa endapan karbonat dan Qa yang merupakan aluvium [8]. Pada Gambar 2 merupakan peta geologi regional daerah penelitian yang memuat formasi yang ada di sekitar daerah penelitian.



Gambar 2. Peta geologi regional daerah penelitian [8]

Berdasarkan peta Geologi Tarakan dan Sebatik. Lapangan DS didominasi formasi Sajau dan Aluvium. Formasi Sajau (TQps) yang terdiri dari batupasir kuarsa, batulempung, batulanau, batu bara, lignit dan konglomerat. Formasi Aluvium (Qa) terdiri dari lumpur, lanau, pasir, kerikil dan koral, merupakan endapan pantai, sungai, dan rawa. [8].

Berdasarkan penelitian sebelumnya pada sekitar daerah penelitian menggunakan tabel acuan resistivitas Telford dkk. (1990) dan Ningsih dkk. (2022) maka tabel acuan yang digunakan pada penelitian ini juga menggunakan tabel acuan resistivitas Telford seperti yang tersaji pada Tabel 1 dan didukung oleh tabel acuan penelitian sebelumnya yang dilakukan di daerah Kalimantan Utara dengan formasi yang sama dengan daerah penelitian Tabel 2.

Tabel 1. Nilai resistivitas batuan [9]

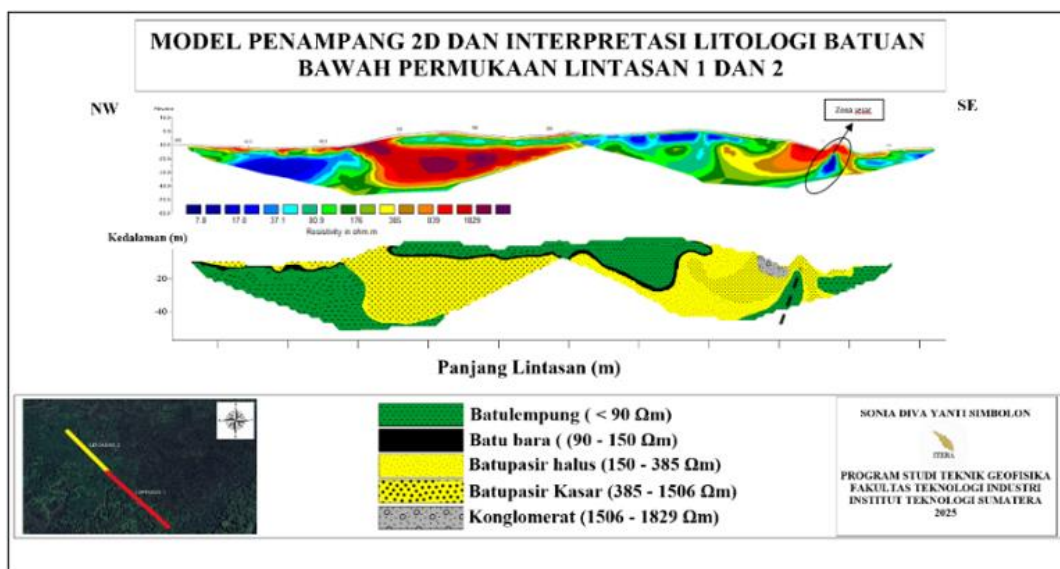
Material	Resistivitas (Ωm)
Lempung (<i>Clay</i>)	1-100
Batupasir (<i>Sandstone</i>)	200-8000
Alluvium (<i>Alluvium</i>)	10-800
Lignite (<i>Coal</i>)	9-200

Tabel 2. Rentang nilai Resistivitas batuan penelitian sebelumnya [4]

Material	Resistivitas (Ωm)
Batu bara lignit	Oct-30
Batupasir Halus, Batupasir Kasar	104 - 1506
Konglomerat	1506 - 6400

A. Interpretasi Geologi Batuan Bawah Permukaan

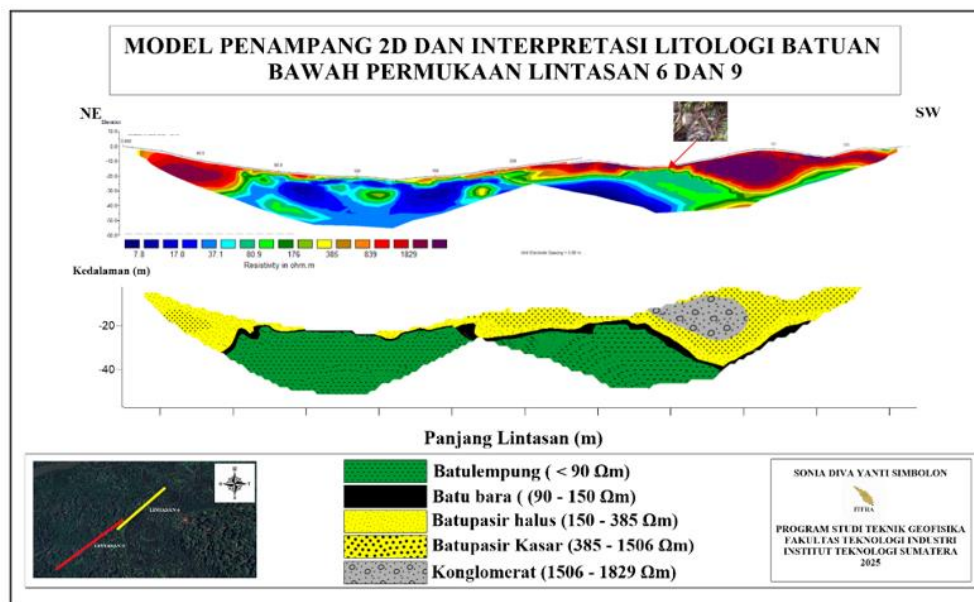
Dari hasil penampang geolistrik yang sudah diolah, dapat dibuat penampang geologi untuk menginterpretasikan jenis batuan yang terdapat pada setiap lintasan pengolahan data yang sudah dilakukan. Penampang geologi diperoleh berdasarkan nilai resistivitas yang ada dengan bantuan tabel acuan yang digunakan pada penelitian terdahulu dan geologi regional daerah penelitian dan juga data dokumentasi pada saat pengukuran data. Penampang geologi memperlihatkan ada atau tidaknya zona dan lapisan batu bara pada setiap lintasan.



Gambar 3. Litologi batuan bawah permukaan lintasan 1 dan 2

Berdasarkan tabel acuan yang digunakan yaitu tabel Telford dkk. (1990) dan Ningsih dkk. (2022), didapatkan model penampang 2D dengan interpretasi litologi batuan bawah permukaan seperti Gambar 3 menunjukkan adanya batu bara pada rentang resistivitas 90 Ωm -150 Ωm . Hasil penampang geologi didominasi oleh nilai resistivitas sedang yang diindikasikan sebagai batupasir dengan rentang nilai resistivitas sedang dan batulempung dengan nilai resistivitas rendah. Sebaran batu bara cenderung tidak kontinyu dan membentuk geometri melidah, yang merupakan indikasi dari lingkungan pengendapan yang dinamis dan tidak stabil. adanya indikasi struktur geologi yaitu sesar. Pada bagian tengah penampang resistivitas, terlihat adanya zona sesar yang memotong lapisan batuan secara vertikal. Zona sesar dicirikan

oleh perubahan topografi, ketidakmenerusan lapisan dan perubahan nilai resistivitas, yang terjadi akibat tekanan atau kompresi. Zona ini bersifat lemah dan rentan pelapukan, terutama jika air masuk ke dalam rekahan. Batu bara di zona sesar dapat mengalami fragmentasi, perubahan struktur, dan oksidasi, yang menurunkan kualitas seperti kadar karbon, serta meningkatkan kadar abu dan kelembaban [1]. Selain itu, zona sesar menjadi jalur potensial pergerakan fluida karena rekahan menciptakan ruang aliran air. Zona sesar ini menyebabkan pergeseran lapisan, sehingga lapisan batu bara menjadi tidak menerus dan mengalami perubahan kedalaman.



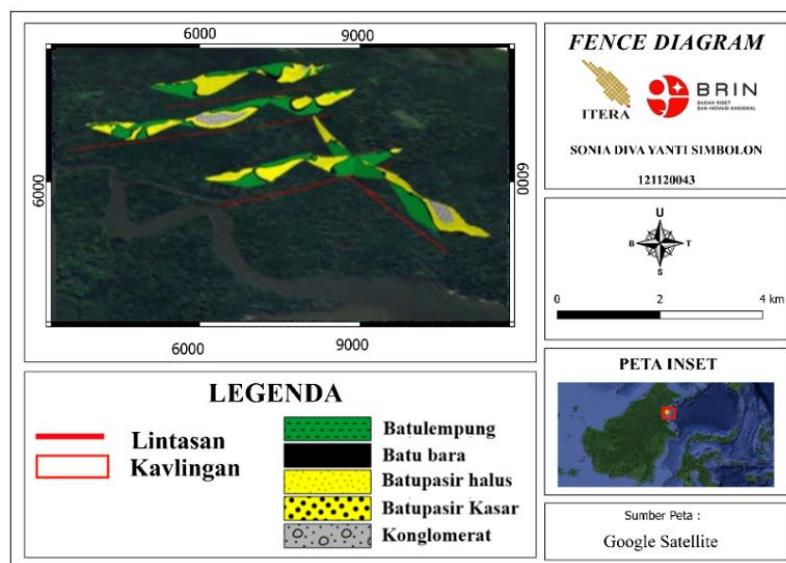
Gambar 4. Litologi batuan bawah permukaan lintasan 6 dan 9

Pada Gambar 4 menampilkan model penampang 2D dengan interpretasi litologi batuan bawah permukaan dengan batu bara pada rentang resistivitas 90 Ω m -150 Ω m. Setiap penampang merupakan gabungan penampang dari beberapa lintasan, hasil penampang geologi didominasi oleh nilai resistivitas sedang yang diindikasikan sebagai batupasir dengan rentang nilai resistivitas sedang dan batulempung dengan nilai resistivitas rendah. Hasil penampang terdapat sisipan batu bara dengan nilai resistivitasnya rendah yang menyatu dengan lapisan batulempung, dan pada formasi batuan pada daerah penelitian termasuk pada zaman Plistosen, yang menunjukkan bahwa batu bara yang terbentuk masih tergolong pada jenis batu bara yang baru terbentuk. Pada hasil penampang geologi teridentifikasi adanya zona-zona lapisan batu bara yang tersebar secara tidak merata di bawah permukaan dan secara litologi ditunjukkan oleh warna hitam pada penampang geologi, karena batu bara berada diantara sisipan batulempung dan batu bara. Berdasarkan data dokumentasi dapat digunakan menjadi data validasi dari daerah penelitian, bahwa pada daerah penelitian memang ada indikasi batu bara.

Tabel 3. Interpretasi litologi daerah penelitian

Lintasan	Litologi	Resistivitas Ω m	Jenis batuan
01-Sep		< 90 Ω m	Batulempung
		90-150 Ω m	Batu bara
		150 -385 Ω m	Batupasir halus
		385-1506 Ω m	Batupasir kasar
		1506-1829	Konglomerat

Tabel 3 merupakan interpretasi litologi pada penelitian ini yang terbagi menjadi 5 jenis batuan. Jenis batu bara dengan rentang nilai resistivitas 90 - 150 Ω m, rentang nilai resistivitas > 90 Ω m diinterpretasikan sebagai batulempung, 150-385 Ω m itu batupasir halus, 385-1506 Ω m batupasir kasar dan 1506-1829 Ω m diindikasikan sebagai konglomerat.



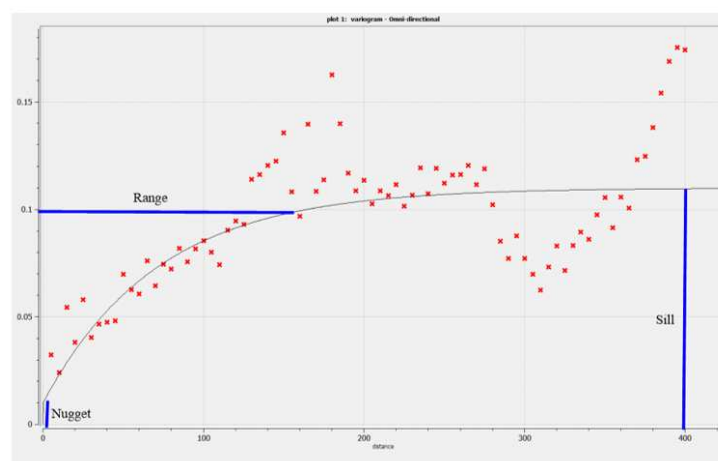
Gambar 5. Fence diagram semua lintasan.

Gambar 5 menunjukkan lintasan survei yang disusun sejajar dengan arah geomorfologi daerah penelitian. Tujuan pemodelan ini adalah untuk mengevaluasi sebaran lateral lapisan resistivitas yang diinterpretasikan sebagai lapisan batu bara. Visualisasi tiga dimensi memperlihatkan bahwa sungai berperan dalam membentuk dan mengatur pola penumpukan sedimen, sehingga lapisan batu bara terbentuk memanjang menyerupai lidah dan tidak tersebar secara merata. Representasi seperti ini juga meningkatkan kemampuan analisis keterkaitan antar lintasan survei, sehingga interpretasi bawah permukaan dapat dilakukan pada skala regional dan tidak hanya terbatas pada interpretasi lokal pada setiap lintasan.

B. Estimasi Sumberdaya Batu bara

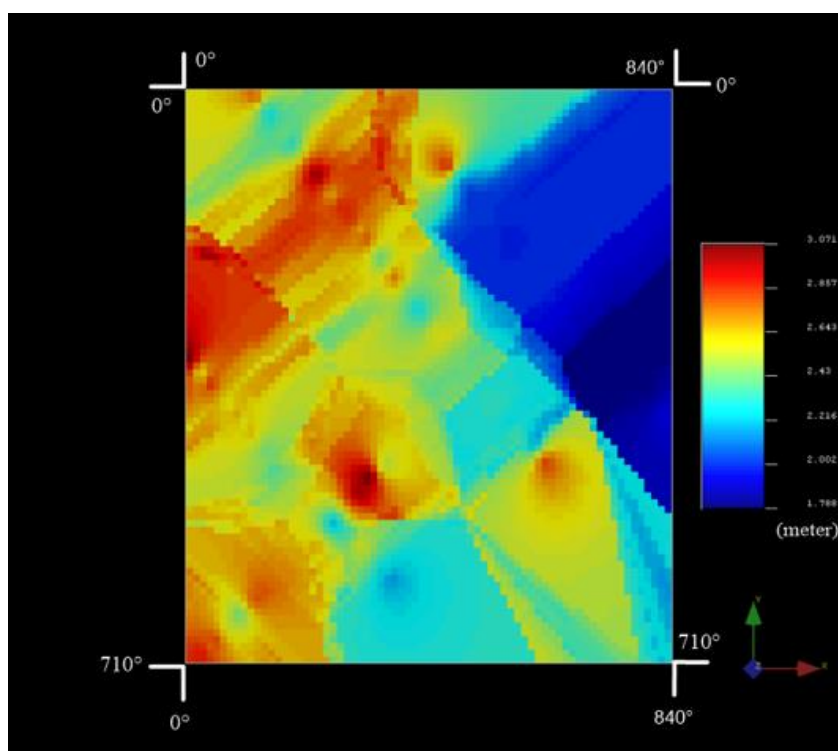
Hasil estimasi sumberdaya batu bara didapatkan dari pengolahan *software SGeMS* dan *Ms. Excel* dengan penerapan geostatistika metode *ordinary kriging*. Analisis dimulai dari analisis histogram untuk mencerminkan distribusi statistik data, pemodelan variogram untuk memahami kontinuitas data, dan menghasilkan model kriging untuk menginterpolasi ketebalan batu bara, dan proses validasi antara data aktual dan prediksi berdasarkan nilai koefisien korelasi dan RMSE [10]. Klasifikasi sumberdaya batu bara dan estimasi sumberdaya didapatkan dengan mempertimbangkan pengaruh *geological losses*.

Parameter variogram eksperimental akan ditentukan dengan menimbang kondisi data di lapangan. Variogram dengan rincian 1 variogram arah vertikal dinyatakan dengan *dip* yaitu 90° . Statistik data yang akan digunakan berupa nilai minimum, nilai maksimum, nilai *median*, nilai *mean*, nilai *variance* dan nilai *standard deviation* dari masing-masing tahapan pengukuran di lokasi penelitian. Varian (*variance*) senilai 0,146 memperlihatkan rendahnya perbedaan ketebalan antar 208 lubang bor yang dimiliki. Nilai maksimum (3,169m) dan nilai minimum 1,768 m) dengan rerata ketebalan sebesar 2,418 m mempertegas perbedaan nilai ketebalan.



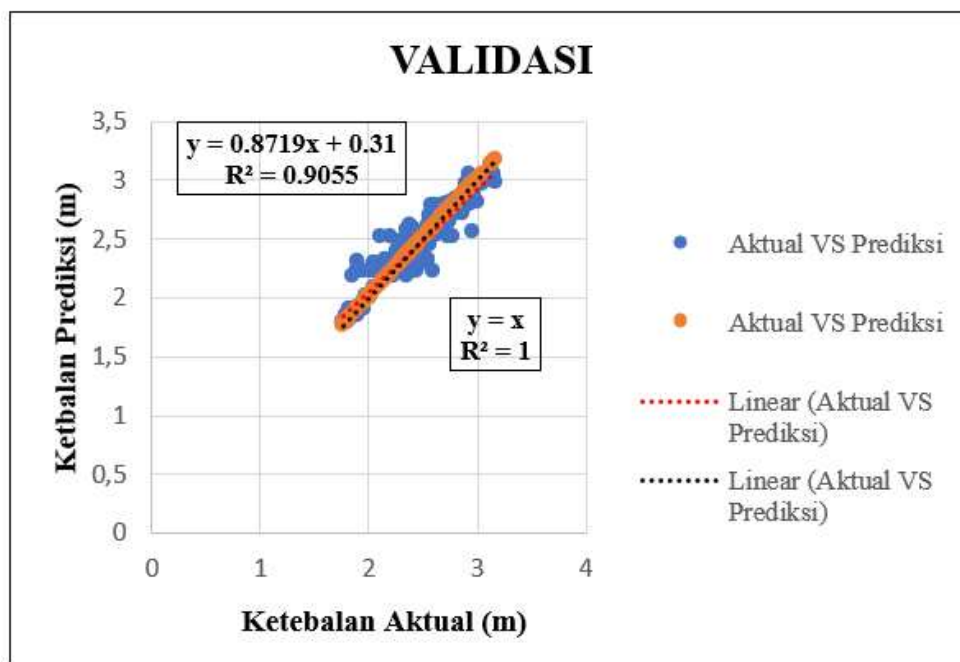
Gambar 6. Variogram vertikal

Pada Gambar 6 merupakan hasil variogram horizontal yang menggambarkan hubungan spasial dari ketebalan batu bara pada daerah penelitian. Hasil variogram ini dipengaruhi oleh parameter yang dimasukkan seperti *number of lags*, *lag separation*, *lag tolerance*, *azimuth*, *dip*, *tolerance* dan *bandwidth*. Pada penelitian ini *number of lags* yang digunakan adalah 80, dengan *lag separation* 5 dan *lag tolerance* itu setengah dari nilai *lag separation* yaitu 2,5 dan nilai *azimuth* 0, *dip* 20, *tolerance* 90 dan *bandwidth* 10. Selain parameter yang disebutkan sebelumnya kita juga perlu memperhatikan nilai *nugget* (0,01), *sill* (0,1), *range* (*max* = 228, *med* = 184, *min* = 156) dan variogram model yang kita gunakan (*exponential*). Model *Exponential* maksudnya meningkat secara eksponensial dan mendekati *sill* (tidak pernah benar-benar mencapainya). Nilai *nugget effect* sebesar 0,01 dan *sill* 0,1 merepresentasikan variabilitas data yang acak pada jarak yang sangat kecil. Variogram penelitian ini menunjukkan bagaimana variasi ketebalan batu bara berubah seiring dengan bertambahnya jarak antar titik data pengukuran. Titik-titik merah mewakili nilai variogram eksperimental, sedangkan garis hitam adalah model variogram teoritis. Pada tahap ini kita perlu melakukan *trial and error* untuk mendapatkan model variogram yang sesuai karena hasil model kriging sangat bergantung pada hasil variogram yang dibuat [5].



Gambar 7. Hasil pemodelan kriging pada SGeMS

Pada Gambar 7 merupakan hasil pemodelan kriging yang didapatkan pada *software* SGeMS dengan menggunakan data ketebalan batu bara. Pada model kriging di atas mempresentasikan gradasi ketebalan batu bara dalam *grid* warna. Pada Gambar 7, distribusi warna menjadi visualisasi dari hasil ketebalan batu bara pada seluruh area, di mana nilai minimum hingga maksimum direpresentasikan oleh gradasi biru (rendah) ke merah (tinggi). Pada penelitian ini dapat dilihat ketebalan batu bara terkecil adalah 1,7 m dan terbesar adalah 3,071 m. Pergeseran warna yang kontras mengindikasikan adanya zonasi atau perubahan spasial signifikan yang dapat mencerminkan variasi alami geologi, pengaruh struktur bawah permukaan, atau dominasinya endapan lokal tertentu, dan sebaliknya pergeseran warna yang halus mengindikasikan adanya kontinuitas ketebalan batu bara dengan baik. Hasil estimasi ketebalan dari proses kriging ini menjadi data prediksi yang akan divalidasi dengan data aktual. Pencocokan antara hasil data prediksi dengan data aktual menunjukkan bahwa distribusi ketebalan yang diperoleh dapat dianggap mewakili kondisi sebenarnya, sehingga layak digunakan dalam perhitungan volume sumber daya batubara.



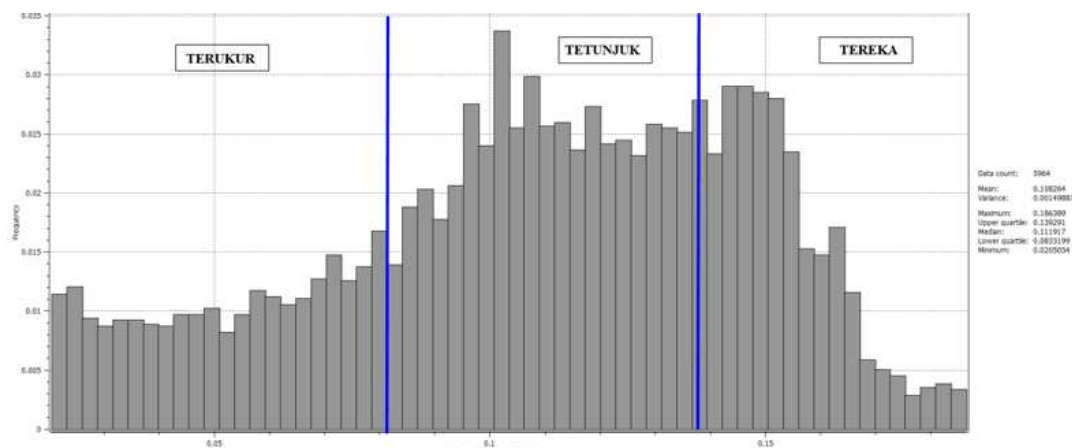
Gambar 8. Grafik koefisien korelasi

Pada Gambar 8 merupakan grafik koefisien korelasi sebagai validasi dari ketebalan batu bara antara data aktual dan data prediksi. Gambar 8 titik biru merupakan titik persebaran ketebalan batu bara aktual dan prediksi, dimana ditarik garis linear sebagai perbandingan data ketebalan batu bara aktual dan prediksi, dimana berwarna biru (aktual vs prediksi) dan merah (aktual vs aktual). Pada grafik untuk perbandingan aktual dan prediksi didapatkan nilai koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,9055 dan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,952 dimana nilainya sudah mendekati 1, yang membuktikan bahwa data aktual dan data prediksi sudah dapat dikatakan mirip.

Tabel 4. Nilai koefisien korelasi dan RMSE

Hasil	Nilai
Koefisien Korelasi (r)	0,952
RMSE (%)	5,025

Nilai RMSE yang merupakan akar dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual dari data ketebalan batu bara adalah 5,025 % dimana hal ini membuktikan bahwa kualitas prediksi dari hasil kriging sudah baik atau akurat. Nilai koefisien korelasi pada penelitian ini didapatkan dari akar kuadrat dari koefisien korelasi (r) yaitu sebesar 0,952, yang berarti bahwa model kriging mampu merepresentasikan estimasi ketebalan batu bara dengan tingkat kesesuaian yang sangat mirip terhadap data aktual.



Gambar 9. Histogram klasifikasi sumberdaya batu bara

Tabel 5. Nilai tonase dan volume batu bara per klasifikasi

Klasifikasi Estimasi Sumberdaya Batu bara			
Sumberdaya	Nilai Estimasi	Tonase Batu bara	Volume Batu bara
Terukur	< 0,083	473.488,13	364.221,64
Tertunjuk	0,083 – 0,140	942.873,47	725.287,28
Tereka	> 0,140	456.794,63	351.380,48

Pada Gambar 9 merupakan hasil histogram *variance* estimasi ketebalan dimana grafik menunjukkan sumbu X merepresentasikan ketebalan batu bara dan sumbu Y merepresentasikan frekuensinya. Dari histogram ini dapat diklasifikasikan sumberdaya batu bara berdasarkan data *variance* ketebalan batu bara. Persebaran histogram tersebut cenderung memiliki frekuensi tinggi pada rentang tertentu. Pada Tabel 3 merupakan pembagian klasifikasi sumberdaya batu bara yang dibagi menjadi 3 yaitu terukur pada rentang < 0,08, tertunjuk pada rentang 0,08-0,13 dan tereka pada rentang >0,13. Berdasarkan tonase batu bara klasifikasi sumberdaya batu bara didominasi oleh sumberdaya tertunjuk sebesar 942.873,465 ton.

Tabel 6. Hasil perhitungan *Geological Losses*

Keterangan	Nilai
<i>Variance</i> Ketebalan	0,087
Rata-rata yang diharapkan	2,413
<i>Standar Deviasi</i>	0,294
Koefisien Variansi	12,198
% <i>Geological Losses</i> (GL)	0,122
<i>Geological Losses</i> (GL)	228.495,07

Tabel 4 merupakan hasil perhitungan *geological losses* pada penelitian ini menggunakan metode statistik yaitu standar deviasi (simpangan baku). Banyak data digunakan adalah sebanyak 5964 titik yang digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien variansi dan standar *error*. Setelah didapatkannya nilai standar deviasi yaitu 0,29, yang akan digunakan untuk mengetahui seberapa bervariasi data ketebalan batu bara pada penelitian ini. Berdasarkan standar deviasi dapat diketahui persen *geological losses* yang dibantu oleh data koefisien variansi. Koefisien variansi adalah ukuran yang digunakan untuk membandingkan derajat variabilitas di antara satu atau lebih kumpulan data yang memiliki satuan berbeda. Karena ukuran penyebaran yang bersifat absolut (seperti simpangan baku atau varian) tidak memungkinkan perbandingan langsung antar data dengan satuan berbeda [3]. Nilai *geological losses* pada penelitian ini adalah sebesar 0,12% atau setara dengan 228.495,074 ton. Nilai *geological losses* dapat diakibatkan oleh faktor geologi pada daerah penelitian seperti keberadaan struktur sesar, patahan, variasi ketebalan batu bara serta pengaruh morfologi permukaan seperti aliran sungai. Perhitungan *geological losses* menjelaskan bahwa tidak semua jumlah batu bara yang dihitung dapat ditambang, karena ada bagian yang hilang. Oleh karena itu, perhitungan ini penting sebagai koreksi agar estimasi sumberdaya menjadi lebih realistis.

Tabel 7. Estimasi sumberdaya batu bara

Keterangan	Jumlah	Satuan
Tonase total	1.873.156,22	ton
Tonase hilang	228.495,07	ton
Tonase akhir	1.644.661,15	ton

Pada Tabel 5 merupakan jumlah tonase batu bara yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan *geological losses* merupakan tonase akhir yang dapat diperhitungkan sebagai sumberdaya potensial. Tonase hilang akibat pengaruh faktor geologi, seperti keberadaan struktur patahan, sesar, variasi ketebalan lapisan batu bara, maupun kondisi morfologi permukaan, menyebabkan tidak semua tonase batu bara dapat ditambang. Berdasarkan hasil perhitungan, tonase akhir setelah dikurangi dengan tonase hilang adalah sebesar 1.644.661,146 ton, yang mencerminkan jumlah sumberdaya batu bara yang lebih realistis untuk dipertimbangkan pada tahap selanjutnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada daerah penelitian setiap lintasan terindikasi memiliki zona batu bara dengan rentang nilai resistivitas 90 - 150 Ω m, rentang nilai resistivitas > 90 Ω m diinterpretasikan sebagai batulempung, 150-385 Ω m itu batupasir halus, 385-1506 Ω m batupasir kasar dan 1506-1829 Ω m diindikasikan sebagai konglomerat. Sebaran batu bara cenderung tidak kontinyu. Lapangan DS terdapat zona sesar yang dicirikan oleh perubahan topografi, ketidakmenerusan lapisan dan perubahan nilai resistivitas pada penampang geolistrik 2D.

2. Pada penelitian berdasarkan hasil perhitungan sumberdaya batu bara, diperoleh tonase total sebesar 1.873.156,219 ton, yang terdiri atas 473.488,130 ton kategori terukur, 942.873,465 Ton kategori tertunjuk, dan 45.794,625 ton kategori tereka. Hasil analisis juga menunjukkan nilai geological losses sebesar 0,12% atau setara dengan 228.495,074ton (tonase hilang), sehingga jumlah tonase akhir adalah sebesar 1.644.661,146 ton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Perusahaan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas data yang telah diberikan untuk penulis dan kepada kedua orang tua, keluarga, teman, dan semua pihak yang tidak bisa disebut penulis satu per satu, terimakasih atas dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Thomas, Coal Geology, 2nd ed, Willey-Blackwell, 2012.
- [2] P. B. M. & H. I. Kearey, An Introduction to Geophysical Exploration (3n.d), Blackwell Scientific Publications., 2002.
- [3] Sujiman and Nuryanto, "Kajian Penentuan Batasan Penambangan Berdasarkan Cadangan Pertambangan In Situ dengan Menggunakan Metode Blok Model pada CV. Prima Mandiri Provinsi Kalimantan Timur," *JPG (Jurnal Geologi Pertambangan)*, vol. 2, no. 29, 2016.
- [4] P. S. A. Ningsih, Sutrisno, T. Zera, and E. Wijaksono, "Identification of Characteristics and Distribution of Subsurface Coal Using the 2D Geoelectric Method in Tanjung Palas Timur District, North Kalimantan," *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, vol. 5 , pp. 33-45, 2022.
- [5] M. D. Ramadhan, I. Marwanza, C. Nas, M. A. A. Dahani, and R. Kurniawati, "Drill Holes Spacing Analysis for Estimation and Classification of Coal Resources Based on Variogram and Kriging," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, pp. doi:10.1088/1755-1315/819/1/012026, 2021.
- [6] J. M. Reynolds, An Introduction to Applied and Environmental Geophysics (2nd ed.), Wiley-Blackwell, 2011.
- [7] E. H. & S. R. M. Isaaks, An Introduction to Applied Geostatistics, Oxford University Press, 1989.
- [8] S. Hidayat, Amiruddin and D. Satrianas, "Geologi Lembar Tarakan dan Sebatik, Kalimantan," 1995.
- [9] W. G. L. & S. R. Telford., Applied Geophysics. 2nd edition, 1990.
- [10] M. Armstrong, Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging, Springer Science & Business Media, 1998.



©2025. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).