

ESTIMASI SUMBERDAYA ANDESIT MENGUNAKAN METODE *ORDINARY KRIGING* BERDASARKAN PENGUKURAN GEOLISTRIK DI PT. ZLAW GROUP BOYOLALI, JAWA TENGAH

Estimation of Andesite Resources Using Ordinary Kriging Method Based on Geoelectric Measurement at PT. Zlaw Group Boyolali, Central Java

HENDRO PURNOMO^{1**}, RIZQI PRASTOWO^{1*}, MUHAMMAD H. HIBULLAH^{1**} dan
SETYO PAMBUDI^{2**}

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

²Magister Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi e-mail: rizqi@itny.ac.id

*Kontributor Utama **Kontributor Anggota

ABSTRAK

PT. Zlaw Group Boyolali merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan batu andesit di Dusun Wates, Desa Seboto, Kecamatan Gladagsari, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Potensi andesit yang ada pada daerah tersebut dan ketiadaan data pendukung tentang sebaran dan sumberdaya andesit mendorong PT. Zlaw Group Boyolali melakukan eksplorasi. Tujuan penelitian ini menganalisis interpretasi dari pengukuran geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* dan menghitung volume sumberdaya andesit berdasarkan optimasi geostatistika dengan metode *Ordinary Kriging* (OK) pada lokasi penelitian serta melakukan perbandingan hasil estimasi dengan penelitian terdahulu. Telah dilakukan pengukuran geolistrik resistivitas 2 dimensi menggunakan konfigurasi *dipole-dipole* sebanyak 12 lintasan, yang mencakup 100% dari luas daerah penelitian. Berdasarkan hasil optimasi geostatistika metode *Ordinary Kriging* didapatkan parameter: *nugget* 0,224053, *sill* 0,641390, *range* 67,749, *major/semi-major* 1,188, dan *major/minor* 2,073. Didapatkan volume *soil* 1.245.750 m³ dengan tonase 3.238.950 ton, dan volume andesit lapuk sebesar 999.656 m³ dengan tonase 2.599.106 ton, dan volume andesit *fresh* 1.437.925 m³ dengan tonase 3.738.605 ton.

Kata kunci: sumberdaya, andesit, resistivitas, *dipole-dipole*, *Ordinary Kriging*.

ABSTRACT

PT. Zlaw Group Boyolali is a company of andesite mining located in Wates Hamlet, Seboto Village, Gladagsari District, Boyolali Regency, Central Java Province. The potential of andesite in the area is encouraging and the absence of supporting data about the distribution and resources of andesite brings PT. Zlaw Group Boyolali to conducting exploration. The objective of this study is to analyze the interpretation of geoelectric measurements of the *dipole-dipole* configuration and calculate the volume of andesite resources based on geostatistics optimization at the research location and compare the estimation results with previous studies. The research activity was carried out by measuring 2-dimensional geoelectrical resistivity using a *dipole-dipole* configuration of 12 passes, which covered 100% of the research area. Based on the results of geostatistics optimization, parameters obtained include: *nugget* 0.224053, *sill* 0.641390, *range* 67.749, *major/semi-major* 1.188, and *major/minor* 2.073. Soil volume is 1,245,750 m³ with a tonnage of 3,238,950 tons, a weathered andesite volume of 999,656 m³ with a tonnage of 2,599,106 tons, and fresh andesite volume of 1,437,925 m³ with a tonnage of 3,738,605 tons.

Keywords: resources, andesite, resistivity, *dipole-dipole*, *Ordinary Kriging*.

PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 1986 mengenai Konservasi Bahan Galian, batu andesit merupakan salah satu bahan galian yang memiliki nilai ekonomis tinggi karena memiliki banyak manfaat dalam sektor konstruksi bangunan, yakni dalam pembuatan fondasi dan campuran beton kelas ringan. Menurut Rencana Strategis Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Jawa Tengah 2018 - 2023, pemerintah mengencakan pembangunan infrastruktur, seperti pembangunan jalan tol yang bahan dasarnya adalah campuran semen dan andesit, membuat kebutuhan pasar akan batu andesit meningkat (Bappeda Provinsi Jawa Tengah, 2018). Hal ini akan mendorong beberapa pelaku usaha industri pertambangan untuk melakukan eksplorasi sumberdaya baru di dekat lokasi pembangunan.

PT. Zlaw Group Boyolali, sebagai salah satu pelaku usaha yang bergerak di bidang pertambangan berencana akan melakukan penambangan batu andesit, yang memiliki luas IUP 24.1 Ha. Adapun rencana penambangan ini berlokasi di Dusun Wates, Desa Seboto, Kecamatan Gladagsari, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Untuk mengetahui sebaran potensi yang ada di wilayah IUP PT. Zlaw Group Boyolali, pelaku usaha perlu melakukan eksplorasi bahan galian sehingga dapat dilakukan penaksiran sumberdaya batu andesit terlebih dahulu sebelum melakukan penaksiran nilai cadangan batu andesit. Salah satu metode yang tepat dalam hal pendugaan karakteristik fisis struktur lapisan bawah permukaan adalah pendugaan geofisika (Kanyawan dan Zulfan, 2020). Pendugaan geofisika memiliki beberapa metode, di antaranya metode geolistrik resistivitas yang memanfaatkan sifat resistivitas pada tanah dan batuan untuk mempelajari karakteristik bawah permukaan bumi (Sanggra Wijaya, 2015). Konfigurasi metode geolistrik yang sering digunakan pada beberapa literatur antara lain konfigurasi *Schlumberger*, konfigurasi *Wenner*, dan konfigurasi *Dipole-dipole* (Mulyasari, Darmawan dan Haerudin, 2021). Metode *Dipole-dipole* memiliki keunggulan biaya yang digunakan relatif terjangkau dan dapat memfokuskan hasil secara lateral (Suyanto dan Utomo, 2014).

Metode pendekatan lainnya yang dapat digunakan dalam memodelkan dan menghitung sumberdaya bahan galian, antara lain metode *cross section*, metode NNP (*Neighsintetikhoo Nearest Poin*), metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) dan metode geostatistik kriging. Metode yang paling akurat dalam hal penaksiran adalah metode kriging, karena dalam menaksir suatu titik tertentu metode kriging mempertimbangkan aspek spasial atau posisi dari titik referensi, sehingga proses ini memberikan nilai pengestimasi resistivitas blok berdasarkan sebaran resistivitas-resistivitas sampel yang telah dikoreksi (Purnomo dan Sumarjono, 2016). Pada penelitian ini digunakan metode analisis *Ordinary Kriging* dalam penaksiran resistivitas batu andesit untuk mengetahui estimasi sumberdayanya.

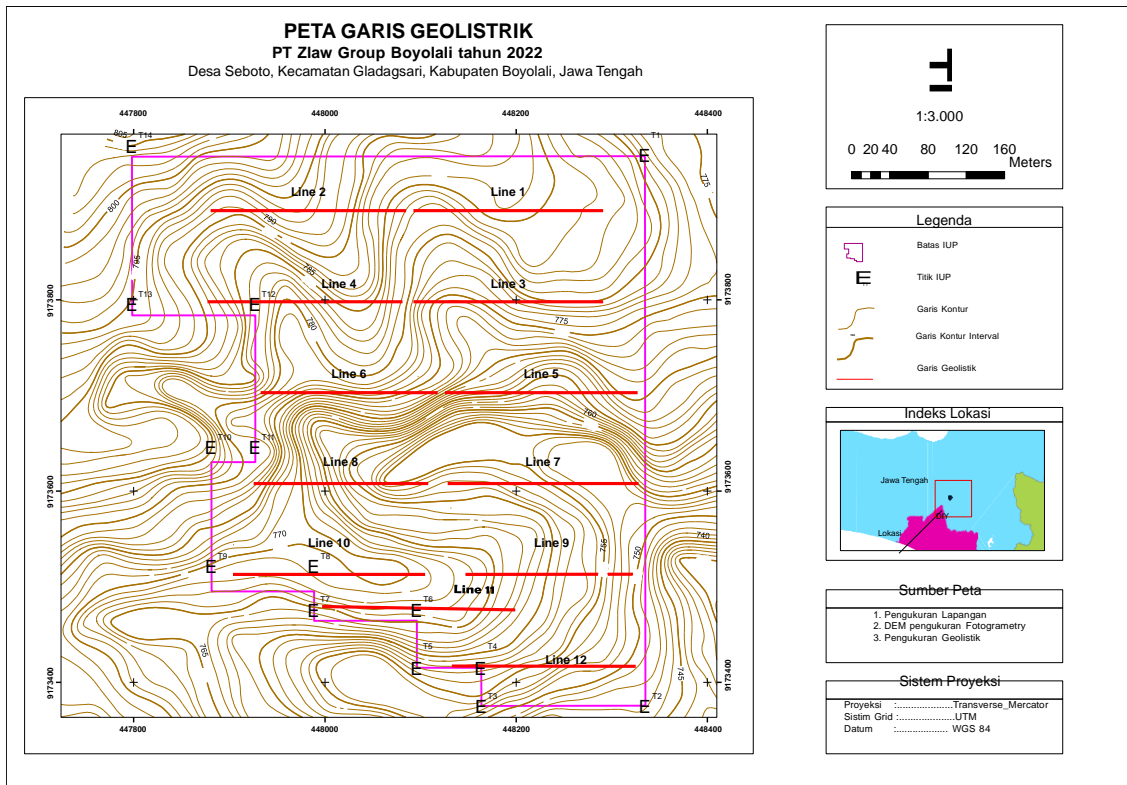
METODE

Lokasi dan Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di Dusun Wates, Desa Seboto, Kecamatan Gladagsari, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Daerah penelitian berada di dalam satuan perbukitan bergelombang sedang terdenudasi dan perbukitan bergelombang antiklin dan sinklin terdenudasi (Gambar 1). Stratigrafi daerah penelitian tersusun oleh batuan/endapan berumur Kuartar dan memiliki Formasi Batu Pasir Kerek (Meco, Prasetyadi dan Choiriah, 2015). Sedangkan struktur geologi daerah penelitian memiliki struktur lipatan yaitu struktur Sinklin Pengkol, dan Antiklin Tanjung (Prabowo, 2021).

Akuisisi Data

Penelitian dilakukan di Dusun Wates, Desa Seboto, Kecamatan Gladagsari, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah selama periode 24 Januari 2022 hingga 28 Februari 2022. Sebaran titik pengukuran geolistrik direncanakan dapat mewakili wilayah studi, sehingga informasi yang diperoleh dapat memberikan gambaran wilayah studi yang akurat. Desain survey akuisisi data pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Pengukuran geolistrik dilakukan dengan konfigurasi *dipole-dipole* dengan panjang bentangan tiap lintasan 200m, spasi elektroda 10m dan jumlah n yaitu 1 sampai dengan 6.



Gambar 2. Peta lintasan geolistrik

Adapun kegiatan penelitian dan akuisisi data disajikan pada Gambar 3.

Dari akuisisi data yang dilakukan, didapatkan data resistivitas semu, kemudian data ini diolah kembali menggunakan *software* RES2DINV. *Software* ini memiliki cara kerja memodelkan kontur resistivitas dengan rentang nilai resistivitas sejati yang dibedakan dengan rentang warna (Huraju, As'ari dan Tongkukut, 2015). Permodelan 2 dimensi pada perangkat lunak ini menggunakan metode *smoothness-constrained least square* (penghalusan-pembatasan kuadrat kecil) yang merupakan dasar algoritma dari RES2DINV. Dari pengolahan data ini didapatkan model persebaran nilai resistivitas secara 2 dimensi yang menginterpretasikan keadaan di bawah permukaan tanah.

Data resistivitas diolah kembali menggunakan *software* geostatistik untuk mendapatkan analisis geostatistik dan persebaran zona batuan andesit. Adapun pengolahan data menggunakan *software* geostatistik disajikan pada Gambar 4.

Metode Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan batuan dalam penerapannya (Prastowo *dkk.*, 2021). Prinsip dari metode geolistrik adalah arus searah atau bolak-balik berfrekuensi rendah dialirkan ke dalam medium bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensial yang timbul melalui elektroda potensial dapat diukur (Prastowo, 2018). Metode ini menganggap bahwa bumi bersifat homogen isotropik, resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya (Kearey, Brooks dan Hill, 2002). Akan tetapi, pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan yang berbeda-beda (heterogen), sehingga memengaruhi potensial yang terukur (Pramatasari, Khumaedi dan Linuwih, 2015).

Resistivitas semu dirumuskan sebagai berikut (Prastowo, 2018):

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \dots \dots \dots (1)$$

ρ_a : resistivitas semu, K: faktor geometri, V: beda potensial, I: kuat arus yang melalui medium

Faktor geometri untuk konfigurasi *dipole-dipole* adalah (Prastowo, 2018):

$$\rho = \pi a(n)(1+n)(2+n) \frac{\Delta V}{I} \dots \dots \dots (2)$$

n : perkalian spasi elektroda,
a : spasi antar elektroda

interval sampel dibagi dengan jumlah panjang interval seluruh sampel pada satu lokasi lubang sintetis (Purnomo dan Wijaya, 2022).

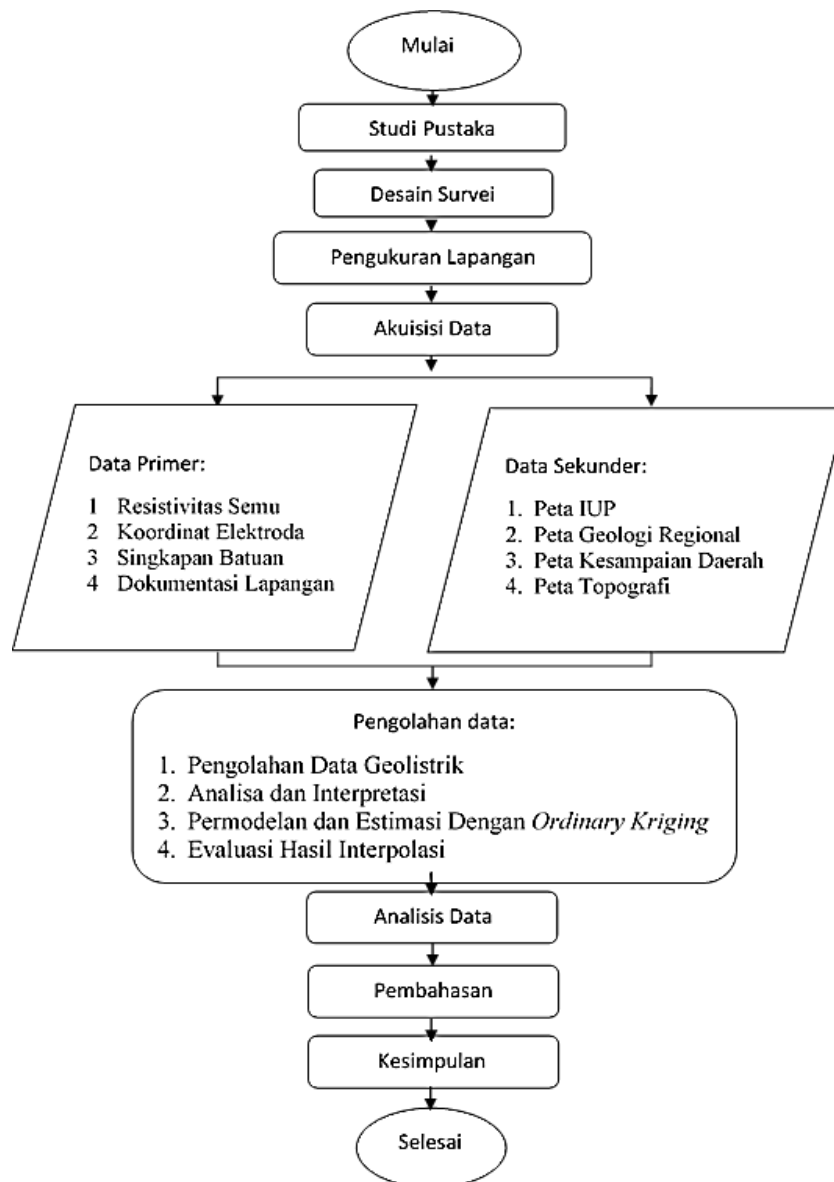
Persamaan kadar komposit dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \dots \dots \dots (3)$$

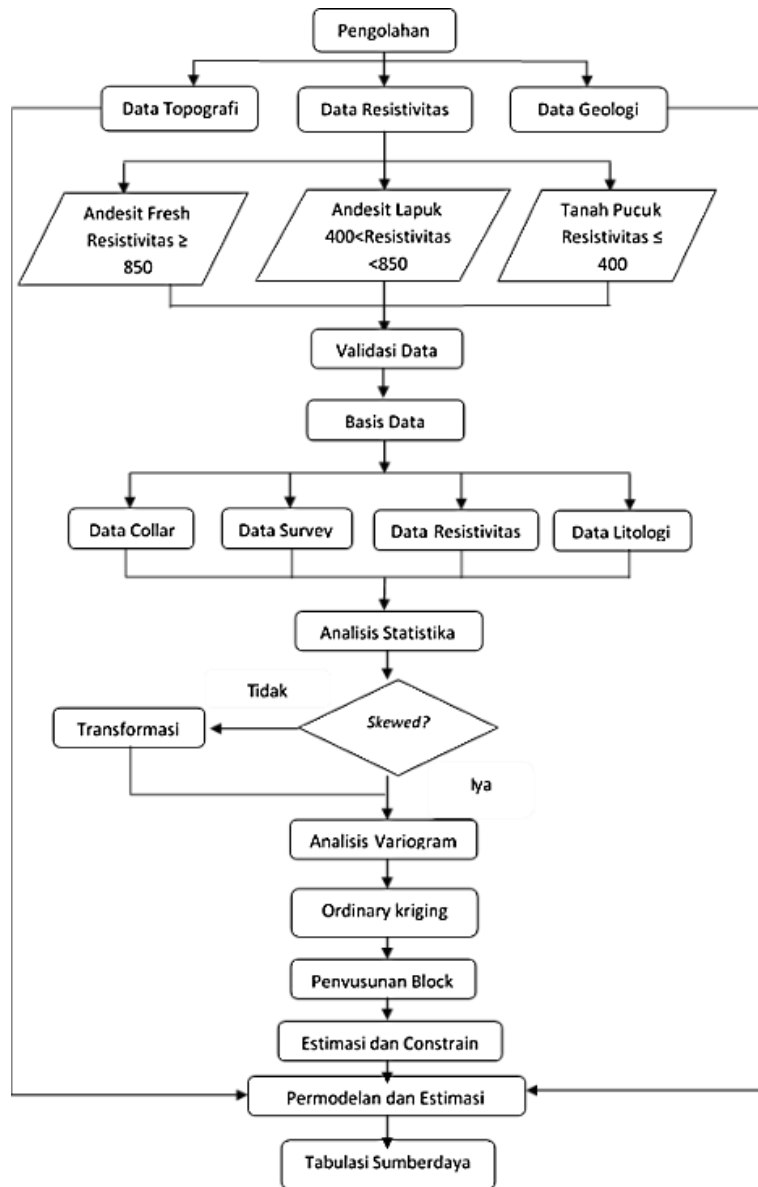
\bar{g} adalah kadar komposit t_i adalah panjang interval sampel (m) dan g_i adalah kadar sampel pada interval-i

Kadar Komposit

Kadar komposit adalah jumlah kadar pada setiap sampel dikalikan dengan panjang



Gambar 3. Diagram alur penelitian



Gambar 4. Diagram alur pengolahan data

Metode *Ordinary Kriging* (OK)

Ordinary Kriging merupakan metode yang baik digunakan dalam konsep stasionaritas untuk menaksir nilai menggunakan data di sekeliling blok (Rozalia, Yasin dan Ispriyanti, 2016). Teknik OK menggunakan parameter penaksiran yaitu variogram komposit, arah dan jarak pencarian sampel serta jumlah sampel minimum dan maksimum (Purnomo dan Wijaya, 2022).

Tahapan dalam melakukan pendugaan OK antara lain melakukan analisis statistika deskriptif, menghitung variogram

eksperimental, melakukan pencocokan (*fitting*) berdasarkan model matematika terhadap variogram eksperimental, penentuan parameter penaksiran OK, dan penaksiran kadar blok menggunakan teknik kriging (Bargawa, 2018). Semivariogram eksperimental dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Huda, Debataraja dan Sulistianingsih, 2016):

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^N [z(x_i) - z(x_i + h)]^2}{2N(h)} \dots\dots\dots (4)$$

$\gamma(h)$: semivariogram untuk arah tertentu dengan jarak h ,
 h : jarak antar contoh atau lag semivariogram,

$z(x_i)$: harga pada titik,
 $z(x_i + h)$: data pada titik yang berjarak h dari,
 $N(h)$ jumlah pasangan data.

Pada pendugaan parameter kriging $\hat{Z}(s)$ merupakan kombinasi linear (Bargawa, 2018). Kombinasi ini merupakan penjumlahan hasil kali dari anggota himpunan pasangan yang saling berurutan. Pendugaan $\hat{Z}(s)$ secara matematis merupakan kombinasi linier dari variabel sampel $\hat{Z}(s_i)$ yang ditulis dalam persamaan berikut:

$$\hat{Z}(s) = \sum_{i=1}^n w_i \hat{Z}(s_i) \dots\dots\dots (5)$$

$\hat{Z}(s)$: nilai pendugaan pada lokasi tidaktersampling,

W_i = koefisien bobot dari $\hat{Z}(s_i)$,
dengan,

n : banyak sampel,

$\hat{Z}(s_i)$: nilai pada lokasi tersampling.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampang Resistivitas Lintasan

Akuisisi data yang telah dilakukan mendapatkan nilai resistivitas semu pada setiap titik pada lokasi pengamatan. Data resistivitas semu yang didapatkan dari akuisisi data lapangan disajikan pada Tabel 1.

Basis Data Geostatistika

Basis data merupakan seluruh data geolistrik yang diperoleh dari hasil akuisisi data lapangan

dan hasil interpretasi data. Data tersebut terdiri dari nomor lubang sintetik (*hole ID*), nomor sampel (*samp ID*), koordinat (*easting*, *northing*, dan *elevation*), kedalaman data (*depth*), *depth form*, *depth to* setiap interval kedalaman data, dan nilai resistivitas. Basis data dibagi menjadi 4 basis data, meliputi basis data resistivitas, basis data litologi, basis data *collar* dan basis data survey. Data ini dibuat kedalam format *.csv (*comma delimited*) dengan bantuan *Microsoft Office Excel 2013*. Basis data tersebut meliputi:

1. Data resistivitas, memuat informasi kedalaman penembusan (*from and to*) beserta nilai resistivitas batuan (Tabel 2).
2. Data litologi memuat informasi kedalaman penembusan (*from and to*) dan informasi litologi yang membedakan jenis batuan dari tiap lubang sintetik (Tabel 3)
3. Data *collar* memuat informasi koordinat x , y , dan z permukaan dari lubang sintetik serta total kedalaman (Tabel 4).
4. Data survey memuat informasi *depth*, dip dan azimuth dari lubang sintetik (Tabel 5).

Validasi Data

Validasi data dilakukan untuk memastikan data dalam keadaan valid, dapat diandalkan (*reliable*) dan konsisten. Kegiatan validasi pada penelitian ini meliputi pemeriksaan terhadap seluruh data hasil eksplorasi geolistrik dan data geologi. Pada penelitian ini terdapat 433 lubang sintetik dan berada pada lokasi dengan luas 24,1 Ha.

Tabel 1. Hasil akuisisi data lapangan berupa resistivitas semu

Variabel	C2	C1	P1	P2	I(mA)	V(mV)	R	K	Rho	DP
1	0	10	20	30	151	50.1	0.332	753.6	250.04	20
2	0	10	30	40	151	11.9	0.079	3014.4	237.56	25
3	0	10	40	50	151	5.7	0.038	7536	284.47	30
4	0	10	50	60	149	1.7	0.011	15072	171.96	35
5	0	10	60	70	149	0.9	0.006	26376	159.32	40

Tabel 2. Data resistivitas PT. Zlaw Group Boyolali

Hole Id	Samp ID	Depth From	Depth to	Resistivitas
DH_GL_1_001	GLZ1	0	0.85	382.3
DH_GL_1_001	GLZ2	0.85	2.56	328.53
DH_GL_1_001	GLZ3	2.56	4.36	280.88
DH_GL_1_002	GLZ4	0	0.85	247.86
DH_GL_1_002	GLZ5	0.85	2.56	214.87

Tabel 3. Data litologi PT. Zlaw Group Boyolali

Hole Id	Samp ID	Depth From	Depth to	Litologi
DH_GL_1_001	GLZ1	0	0,85	Andesit
DH_GL_1_001	GLZ2	0,85	2,56	Andesit
DH_GL_1_001	GLZ3	2,56	4,36	Andesit
DH_GL_1_002	GLZ4	0	0,85	Andesit
DH_GL_1_002	GLZ5	0,85	2,56	Andesit

Tabel 4. Data collar PT. Zlaw Group Boyolali

Hole Id	Y	X	Z	Depth
DH_GL_1_001	9173893	448291	780.928	4,36
DH_GL_1_002	9173893	448285	780.907	6,33
DH_GL_1_003	9173893	448280	780.885	10,89
DH_GL_1_004	9173893	448274	780.861	13,52
DH_GL_1_005	9173893	448268	780.682	16,41

Tabel 5. Data survey PT. Zlaw Group Boyolali

Hole Id	Depth	Dip	Azimuth
DH_GL_1_001	4,36	-90	0
DH_GL_1_002	6,33	-90	0
DH_GL_1_003	10,89	-90	0
DH_GL_1_004	13,52	-90	0
DH_GL_1_005	16,41	-90	0

Penelitian ini melakukan perhitungan pada 3 komoditas yaitu *soil*, andesit lapuk, dan andesit *fresh*. Persebaran lubang sintetik dapat dilihat pada Gambar 5 dengan interval jarak antar lubang sintetik adalah 5 meter.

Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan pada nilai rata-rata tertimbang (komposit) andesit yang diperoleh dari akuisisi data resistivitas sejati di lapangan. Nilai kadar rata-rata tertimbang didapatkan dengan perhitungan menggunakan persamaan (3). Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui karakteristik suatu data yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam Tabel 6 ditampilkan hasil analisis statistik pada nilai resistivitas andesit. Pada tabel tersebut menunjukkan dispersi standar deviasi yang rendah yaitu 0,54. Nilai koefisien variansi (CV) mengindikasikan bahwa pada zona penelitian memiliki variabilitas yang rendah yaitu 0,19. Nilai koefisien skewness menunjukkan 0,3 atau mendekati nol ini mengindikasikan data mendekati bentuk simetris dan nilai rata-rata

(mean) mendekati nilai tengah. Data pada Tabel 6 adalah hasil transformasi dari hasil analisis statistik untuk mendapatkan distribusi data yang normal dan dapat diaplikasikan dalam teknik interpolasi *Ordinary Kriging* (Purnomo dan Wijaya, 2022). Hasil analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 6.

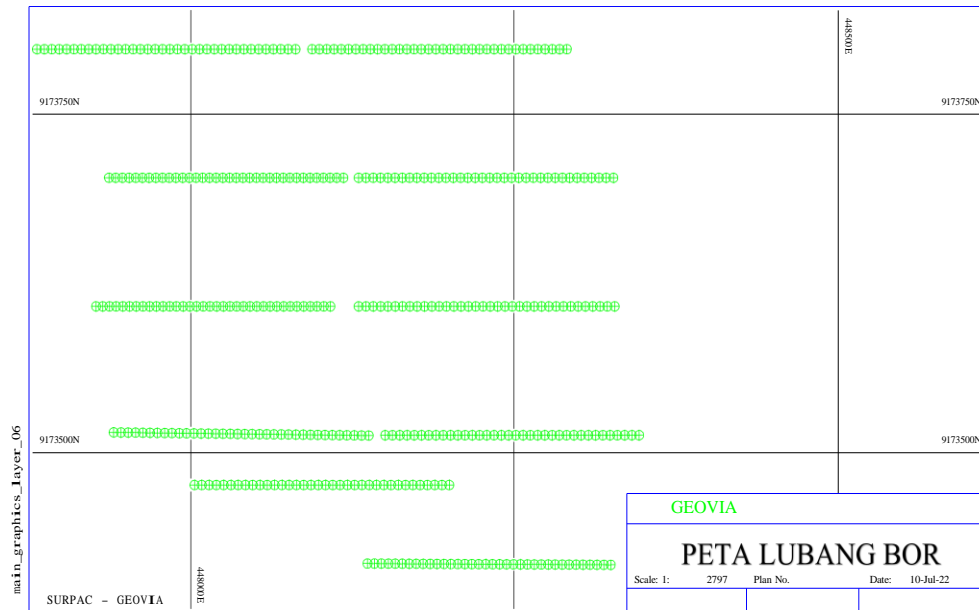
Tabel 6. Hasil analisis statistik komposit andesit

Statistik	Resistivitas
Minimum	0,628389
Maksimum	4,572066
Rata – rata	2,799219
Nilai Tengah	2,742309
Standar deviasi	0,541448
Skewness	0,388452
Kurtosis	3,092780
Variansi	2,746833
Koefisien Variansi	0,193428
Jumlah Data	11088

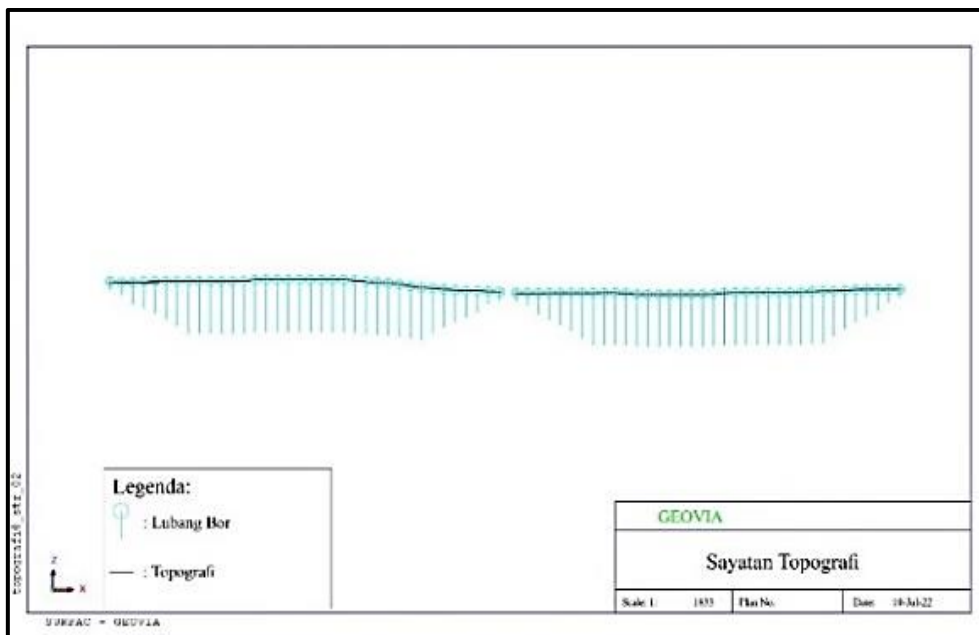
Aplikasi Teknik *Ordinary Kriging* (OK) dalam Permodelan Sumberdaya

Model topografi

Proses validasi dilakukan dengan cara menyamakan lubang sintetik dengan data topografi yang ada, supaya tidak ada data sintetik yang melebihi atau berada di bawah data topografi. Model topografi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



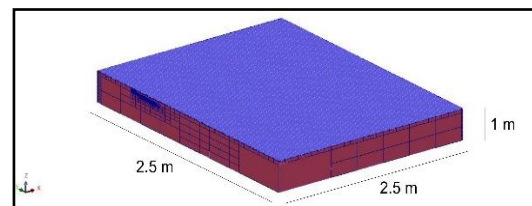
Gambar 5. Pola penyebaran lubang sintetik



Gambar 6. Model topografi

Pembuatan blok model

Penelitian ini menggunakan dimensi blok berukuran 2,5 x 2,5 x 1 dengan acuan ukuran blok yaitu setengah dari interval lubang sintetik (Gambar 7). *Block model* juga berfungsi dalam mempresentasikan topografi, jenis-jenis pelapisan batuan atau litologi.



Gambar 7. Dimensi *block model*

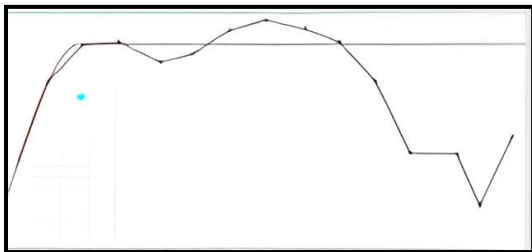
Studi Variogram

Studi variogram dilakukan menggunakan data komposit andesit dengan tujuan untuk mendapatkan hubungan spasial antar sampel sehingga dapat diketahui jarak antar sampel yang masih dapat saling memengaruhi atau kemenerusan nilai resistivitasnya yang akan menjadi parameter untuk interpolasi resistivitas (Tabel 7).

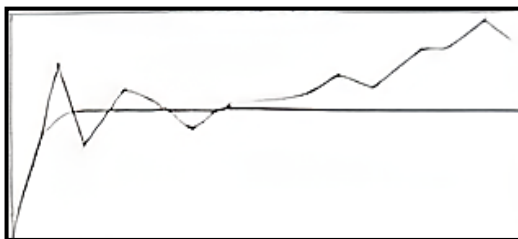
Tabel 7. Parameter variogram

Parameter	Nilai
Plane dip	-90
Dip direction	0
Spread	22,5
Spread limit	150
Number of variogram	16
Angular increment	22,5
Lag	2,5
Maximum distance	475

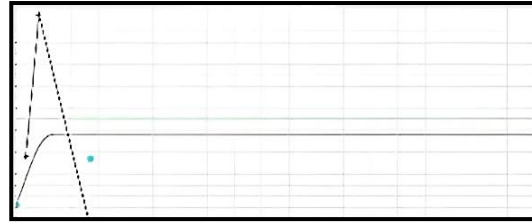
Setelah parameter tersebut dimasukkan maka variogram akan muncul pada jendela variogram. Dalam penelitian kali ini *fitting* dilakukan pada variogram eksperimental *major* (Gambar 8), *semi major* (Gambar 9), dan *minor* (Gambar 10). Sedangkan hasil nilai nugget, sill, dan *range* pada model variogram dapat dilihat pada Tabel 8.



Gambar 8. Hasil fitting arah major



Gambar 9. Hasil fitting arah semi-major



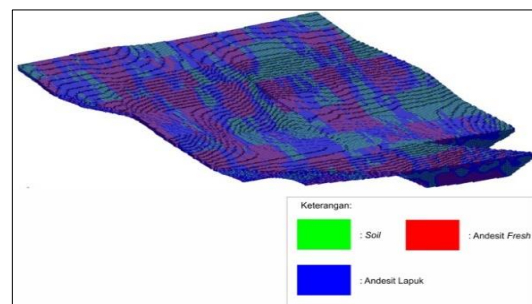
Gambar 10. Hasil fitting arah minor

Tabel 8. Nilai *nugget*, *sill*, dan *range* pada model variogram

Parameter	Nilai
Nugget	0,22
Sill	0,64
Range	67,49
Major/Semi-major	1,18
Major/Minor	2,073
Bearing	67,5
Plunge	0
Dip	0

Hasil Interpolasi *Ordinary Kriging* Berdasarkan Nilai Resistivitas

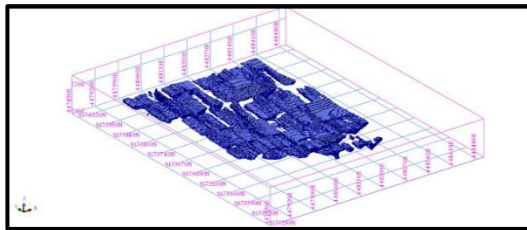
Berdasarkan data pengukuran geolistrik dari konfigurasi *dipole-dipole* serta menggunakan analisis metode geostatistika diperoleh model tiga dimensi andesit seperti pada Gambar 11. Berdasarkan model 3D andesit, batuan cenderung menyebar ke arah barat hingga timur. Sebaran andesit lapuk terlihat pada Gambar 11 disimbolkan dengan warna biru, sedangkan sebaran andesit *fresh* disimbolkan dengan warna merah



Gambar 11. Tampilan tiga dimensi (3D) hasil interpolasi

Hasil Interpolasi *Soil*

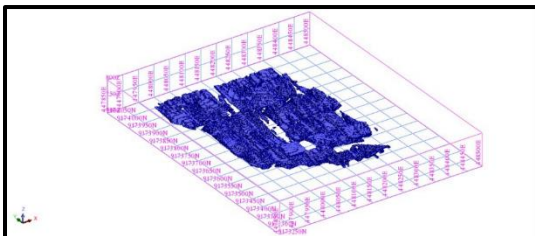
Berdasarkan model 3D andesit, dan nilai resistivitas yang didapatkan dari hasil interpretasi maka diperoleh sebaran litologi *soil* dengan rentang nilai resistivitas 0 Ωm – 450 Ωm (Gambar 12) (Suwarno, Purnomo dan Prastowo, 2021).



Gambar 12. Tampilan 3D hasil interpolasi *soil*

Hasil Interpolasi Andesit Lapuk

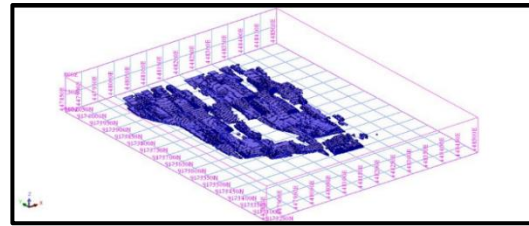
Berdasarkan model 3 dimensi andesit dan nilai resistivitas yang didapatkan dari hasil interpretasi maka diperoleh sebaran litologi andesit lapuk dengan rentang nilai resistivitas 450 Ωm – 850 Ωm (Gambar 13) (Suwarno, Purnomo dan Prastowo, 2021).



Gambar 13. Tampilan 3D hasil interpolasi andesit lapuk

Hasil Interpolasi Andesit *Fresh*

Berdasarkan model 3 dimensi andesit, dan nilai resistivitas yang didapatkan dari hasil interpretasi maka diperoleh sebaran litologi andesit *fresh* dengan rentang nilai resistivitas >850 Ωm (Gambar 14) (Suwarno, Purnomo dan Prastowo, 2021).



Gambar 14. Tampilan 3D hasil interpolasi andesit *fresh*

Tabulasi Sumberdaya

Setelah dilakukan proses interpolasi menggunakan metode *Ordinary Kriging* maka proses selanjutnya adalah melakukan taksiran sumberdaya terukur andesit berdasarkan nilai resistivitas batuan (Tabel 9).

Tabel 9. Nilai *nugget*, *sill*, dan *range* pada model variogram

Interval Resistivitas (Ωm)	Volume Sumberdaya (m^3)	Tonnase (ton)	Rata-rata resistivitas
0 – 450	1.245.750	3.238.950	284,83
450 – 850	999.659	2.599.106	621,20
> 850	1.437.925	3.738.605	3038,69
Jumlah	3.683.331	9.576.661	

Perbandingan Hasil

Pembahasan hasil dilakukan berdasarkan hasil penelitian terbaru dan penelitian terdahulu yang telah dilakukan dengan metode dan cara perhitungan yang berbeda. Perbandingan hasil tersaji pada Tabel 10.

Perbedaan metode perhitungan menyebabkan perbedaan hasil yang cukup signifikan. Penelitian terdahulu tidak memasukkan faktor topografi dan kedalaman lubang sintetik. Perhitungan didasarkan pada perpotongan penampang geolistrik yang dihubungkan dengan model *solid* secara 3D yang diasumsikan sebagai kemenerusan batuan. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan faktor topografi dan kedalaman lubang sintetik sehingga tidak terjadi ekstrapolasi pada taksiran sumberdaya.

Tabel 10. Perbandingan hasil

Perbedaan	Eksplorasi Perusahaan (2022)
	<i>Soil</i> : 1.653.696 m ³
Hasil	Andesit lapuk : 4.238.784 m ³
	Andesit <i>fresh</i> : 11.275.200 m ³

KESIMPULAN

Indikasi keberadaan andesit memiliki nilai resistivitas pada batas nilai antara 0-450 Ω m untuk *soil*, dan batas nilai 450 hingga 850 Ω m untuk andesit lapuk, serta nilai batas 850 hingga 15006 Ω m untuk andesit *fresh*. Nilai estimasi sumberdaya menggunakan metode *Ordinary Kriging* dengan parameter *sill* 0,64, *nugget* 0,22, dan *range* 67,49, didapatkan volume *soil* 1.245.750 m³ dengan tonase 3.238.950 ton, volume andesit lapuk sebesar 999.659 m³ dengan tonase 2.599.106 ton, dan volume andesit *fresh* 1.437.925 m³ dengan tonase 3.738.695 ton. Keunggulan pada penelitian ini adalah hasil estimasi memasukkan faktor geometri lubang sintetik dan faktor topografi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Pimpinan dan staf PT. Zlaw Group Boyolali atas diberikan izin penelitian dan telah menyediakan data, sehingga penelitian dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappeda Provinsi Jawa Tengah (2018) *Rencana strategis Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah (Bappeda) Provinsi Jawa Tengah 2018-2023*. Semarang.
- Bargawa, W.S. (2018) *Geostatistik*. Yogyakarta: Kilau Book.
- Huda, N.M., Debataraja, N.N. dan Sulistianingsih, E. (2016) "Estimasi confidence titik panas pada kebakaran hutan menggunakan metode *Ordinary Kriging*," *Buletin Ilmiah Matematika. Statistika dan Terapannya (Bimaster)*, 5(1), hal. 61–68.
- Huraju, G.S., As'ari, A. dan Tongkukut, S.H.J. (2015) "Identifikasi patahan Manado dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner di kota Manado," *JURNAL ILMIAH SAINS*, 17(1), hal. 159–166. Tersedia pada: <https://doi.org/10.35799/jis.15.2.2015.10393>.
- Kanyawan, O.E. dan Zulfian (2020) "Identifikasi struktur lapisan bawah permukaan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis sebagai informasi awal rancang bangun pondasi bangunan," *Prisma Fisika*, 8(3), hal. 196–202.
- Kearey, P., Brooks, M. dan Hill, I. (2002) *An introduction to geophysical exploration*. 3rd Ed. John Wiley & Sons AND Sons LTD.
- Meco, I.R.V.L., Prasetyadi, C. dan Choiriah, S.U. (2015) "Geologi dan struktur geologi daerah Krobokan dan sekitarnya, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah," *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, 2(1), hal. 79–87.
- Mulyasari, R., Darmawan, I.G.B. dan Haerudin, N. (2021) "Perbandingan konfigurasi elektroda metode geolistrik resistivitas untuk identifikasi litologi dan bidang gelincir di Kelurahan Pidada Bandar Lampung," *Journal Online of Physic*, 6(2), hal. 16–23.
- Prabowo, P. (2021) *Geologi dan analisis geomorfologi sebagai pengembangan tata guna lahan permukiman daerah Klego, Kecamatan Sambu, Kabupaten Boyolali, provinsi Jawa Tengah 4/9 Lembar Peta RBI No 1408-612 (Simo)*. Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- Pramatasari, R.W., Khumaedi dan Linuwih, S. (2015) "Aplikasi metode geolistrik resistivitas untuk mengetahui potensi longsor dan ambles di jalan Weleri-Sukorejo Kabupaten Kendal," *Unnes Physics Journal*, 4(2), hal. 1–11.
- Prastowo, R. (2018) "Pemodelan 2D resistivitas batuan andesit daerah Gunung Kukusan Kulon Progo," *KURVATEK*, 2(2), hal. 87–93. Tersedia pada: <https://doi.org/10.33579/krvtk.v2i2.565>.
- Prastowo, R., Helmi, H., Trianda, O. dan Umam, R. (2021) "Identification of andesite resource potential in Kalirejo area, Kokap Sub-District, Kulon Progo using resistivity method," *Forum Geografi*, 35(1), hal. 74–84. Tersedia pada: <https://doi.org/10.23917/forgeo.v35i1.13507>.
- Purnomo, H. dan Sumarjono, E. (2016) "Geologi dan estimasi sumber daya nikel laterit menggunakan metode *Ordinary Kriging* di Blok R, Kabupaten Konawe - Sulawesi Tenggara," in *Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (RETI)* -10. Yogyakarta: Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, hal. 280–288.

- Purnomo, H. dan Wijaya, R.A.E. (2022) "Pemetaan sebaran kadar Al_2O_3 dan $RSiO_2$ pada endapan laterit bauksit menggunakan pendekatan metode interpolasi ordinary Kriging dan inverse distance weighting," *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 14(1), hal. 75–86. Tersedia pada: <https://doi.org/10.28989/angkasa.v14i1.1227>.
- Rozalia, G., Yasin, H. dan Ispriyanti, D. (2016) "Penerapan metode Ordinary Kriging pada pendugaan kadar NO_2 di udara (studi kasus: pencemaran udara di kota Semarang)," *Jurnal Gaussian*, 5(1), hal. 113–121.
- Sanggra Wijaya, A. (2015) "Aplikasi metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner untuk menentukan struktur tanah di halaman belakang SCC ITS Surabaya," *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), hal. 1–5. Tersedia pada: <https://doi.org/10.22146/jfi.24363>.
- Suwarno, T.N., Purnomo, H. dan Prastowo, R. (2021) "Estimasi sumberdaya andesit dengan metode interpolasi Inverse Distance Weighted berdasarkan data resistivitas di PT Kulon Progo Bumi Sejahtera, Kec. Bagelen, Kab. Purworejo, Jawa Tengah," in *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVI (ReTII)*. Yogyakarta: Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, hal. 315–323.
- Suyanto, I. dan Setyo Utomo, A. (2014) "Analisis data resistivitas dipole-dipole untuk identifikasi dan perhitungan sumber daya asbuton di daerah Kabungka, Pasarwajo, Pulau Buton, Sulawesi Tenggara," *Jurnal Fisika Indonesia*, 17(50), hal. 1–7. Tersedia pada: <https://doi.org/10.22146/jfi.24414>.

