

Pemodelan 2.5 Dimensi (2.5D) Untuk Deposit Pasir Menggunakan Data *DC Resistivity* 2D Pada Daerah Kecamatan Caringin Bogor

Tiara Aulianingtyas¹, Puji Hartoyo^{1*}, Agus Kuswanto²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional Jakarta.

²PT Geoscan Eksplorasiindo, Ujung Berung, Bandung, Jawa Barat

*Korespondensi penulis: phartoyo310@gmail.com

(Received: 02-02-2022; Revised: 16-06-2022; Accepted: 01-07-2022)

Abstract. *DC Resistivity 2D has been carried out to find sandstones deposits in Caringin District, Bogor. Wenner array with a total of 1 outcrop and 5 measuring lines with 10m spacing between electrodes was used to measure the length of each 470m length lines. The 2D data obtained from the measurements are then interpolated into a 3D cross-section and it can be seen that the potential for excavated sand is 10 to 20m below the surface with a thickness of 30-40 meters. A total of 1.005,711 cubic meters of sandstones are found in the field based on Volume Isosurface processing in the Demo version of ROCKWORKS20 software.*

Keywords: *DC resistivity, wenner, sandstones. shallow-depth geophysics.*

Abstrak. *DC Resistivity 2D telah dilakukan untuk mencari deposit pasir hitam di Kecamatan caringin Bogor. Konfigurasi Wenner dengan tital 1 lintasan singkapan dan 5 lintasan pengukuran serta digunakan spasi antar elektroda 10 m untuk mengukur panjang lintasan masing-masing 470 m. Data 2D yang didapat dari pengukuran kemudian diinterpolasi ke dalam bentuk penampang 3D dan terlihat potensi pasir yang dapat digali berada 10 hingga 20 m di bawah permukaan dengan ketebalan 30- 40 meter. Total sejumlah kisaran 1.005.711,0 meter kubik pasir hitam terdapat di lapangan berdasarkan pengolahan Volume Isosurface di software ROCKWORKS20 versi Demo.*

Kata kunci: *DC resistivity, wenner, pasir, shallow-depth geophysics.*

PENDAHULUAN

Pemodelan 2 dimensi dari data geolistrik resistivitas 2D merupakan hal yang umum digunakan dan diterapkan dalam dunia geoteknik. Bagaimana dengan model 3 dimensi dari data geolistrik resistivitas 2D dalam akuisisi data, serta presisi dan detail dalam pemodelannya. Model 2.5D, yaitu model yang dibuat dari data 2D dan dibuat penampangnya dalam bentuk 3D menggabungkan data 2D dan menginterpolasinya bersama-sama. Untuk keperluan geologi teknik diperlukan survei geofisika dangkal (*shallow-depth geophysics*) yang detail, presisi, dan akurat karena lebar, panjang, dan tinggi suatu material atau objek yang diteliti dimodelkan dengan lebih jelas dibandingkan dengan model 2D yang hanya mencakup lebar atau panjang dan ketinggiannya saja. *DC Resistivity 2D* yang termasuk salah satu metode geofisika non-destruktif yang merupakan bagian dari survei kebumihan, merupakan metode eksplorasi geofisika yang perkembangannya terbilang cukup cepat berkat adanya perkembangan teknologi komputer dan software pemetaan bumi (*earth imager*) seperti RES2D dan RES3D yang dikeluarkan oleh ilmuwan Malaysia M.H. Loke pada tahun 1997[1].

Pasir yang diteliti oleh penulis merupakan pasir berwarna hitam butir halus yang termasuk ke dalam batuan klastik yang terdiri dari fragmen batuan yang dihasilkan dan dikeluarkan oleh letusan gunung berapi eksplosif dalam peristiwa ledakan Gunung Api Gede-Pangrango[2]. Tercatat Gunung Gede lebih sering mengalami erupsi kecil-kecilan, tetapi

juga mengalami erupsi terbesar pada tahun 1747-1748, tahun 1840, kemudian yang terakhir pada tahun 1957 [3]. Pasir hitam merupakan bagian dari formasi batuan Gunung Api gede Pangrango (Qvpo) yang tersusun dari endapan piroklastika Gunung Api Gede-Pangrango deposit lebih tua dengan satuan vulkanik lahar dan lava dan komposisi mineral ferromagnesia seperti *olivine*, *labradorite*, *horenblend*, basal andesit dengan oligoklas-andesin, serta piroksen serta berumur Holosen [4]. Di lokasi penelitian telah terdapat bekas aktivitas penambangan berupa tebing singkapan yang memberikan prediksi bahwa masih banyak deposit pasir di sekitar area penambangan, maka dari itu dilakukan eksplorasi geofisika untuk menentukan lokasi dan kedalaman serta potensi endapan galian pasir.

Alle pada tahun 2017 membuat penelitian perbandingan menggunakan metode geolistrik 2D dibandingkan dengan 1D *Electrical Sounding* (ES) dengan objek area batuan bawah tanah terduga *clay* yang memiliki sejumlah 20 titik pengeboran di 7 lokasi, hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penggunaan metode geolistrik 2D memiliki keunggulan di segi kedalaman injeksi listrik serta menghemat uang sebanyak 5% dari rasio *borehole*, metode geolistrik 1D ES tidak dapat mengestimasi ketebalan zona yang diteliti akibat dari konsep batuan homogen [5]. Kemudian Raji pada tahun 2019 membuat pemetaan rongga studi kasus bendungan berdasarkan data geologi dan data resistivitas 2D di Unilorin Dam, Nigeria memakai metode geolistrik tahanan jenis dan dipol- dipol sebagai konfigurasi [6].

Eksplorasi pasir menggunakan metode geolistrik 2D diantaranya yaitu Fan melakukan penelitian untuk *root-zone soil* pada lokasi campuran *coastal sand dune* dengan menggunakan metode ERT [7]. Kemudian Hasan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis 2D untuk menyajikan model resistivitas listrik pada campuran pasir-*clay* isotropik yang mempertimbangkan pengaruh kadar pasir dan konduksi permukaan kadar lempung [8]. Kuswanto memakai alat *Geoscanner* untuk menyelidiki perembesan air di bawah tanah dengan metode geolistrik 4D di Kota Bandung. Posisi elektroda digunakan tidak memanjang melainkan membentuk *grid* atau kotak dengan arah *x* dan *y* tertentu untuk mendapatkan hasil pemodelan tahanan semu berbentuk 3D dan dihitung seiring dengan waktu tertentu untuk mendapatkan dimensi keempat (waktu) [9].

Pemodelan diyakini dapat menggambarkan kondisi bawah permukaan dengan lebih real untuk kepentingan geologi teknik yang memerlukan informasi yang akurat, dengan presisi tinggi dan informasi detail, karena itu untuk memenuhi kebutuhan tersebut akan lebih tepat menggunakan visualisasi 3D walaupun tidak secara murni yaitu menggunakan data tahanan jenis 2D. Tujuan penelitian ini menggunakan metode geolistrik tahanan jenis 2D yang kemudian divisualisasikan dengan bentuk 2.5D tetapi serupa dengan pemodelan 3D.

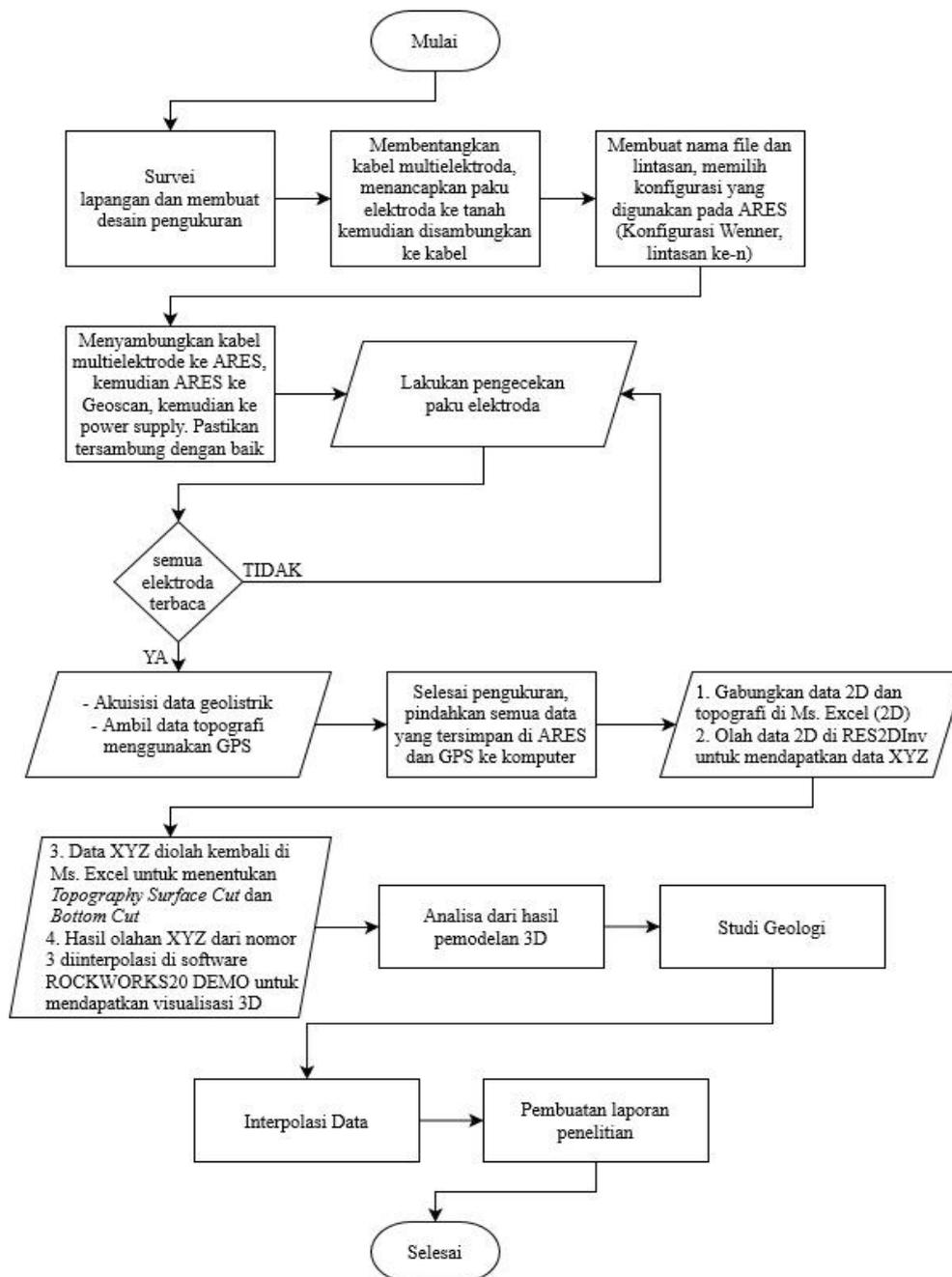
METODE PENELITIAN

Pengambilan data untuk survei skala lapangan deskriptif dengan eksplorasi di Kecamatan Caringin, Kabupaten Bogor untuk mengambil data primer resistivitas tanah. Tempat dan Waktu dilaksanakan pada bulan Februari 2020 berlokasi di Kecamatan Caringin, Kota Bogor. Pengukuran dilakukan sebanyak 6 kali dengan metode geolistrik tahanan jenis 2D untuk skala lapangan menggunakan konfigurasi Wenner-Alpha.

Alat dan Bahan *Automatic Resistivity System* (ARES) *Automatic Resistivity System* (ARES) adalah alat pengambilan data resistivitas dan pencitraan IP yang dalam pengoperasiannya menggunakan sumber arus dari baterai 12V standar atau dari generator. ARES dapat digunakan untuk pengambilan data dengan berbagai konfigurasi seperti Wenner, Schlumberger, Wenner-Schlumberger, Dipole-Dipole, Pole-Dipole, Pole-Pole, dan lain-lain.

Switch box digunakan untuk mendeteksi pemindahan aliran arus di bawah permukaan secara otomatis, dan pemindahan ini akan terbaca pada alat ARES yang akan membaca dan merekam pemindahan arus dan beda potensial secara digital.

Pada gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian, hal yang pertama dilakukan adalah melakukan survei lapangan dan membuat desain pengukuran. Setelah itu terdapat proses yaitu membentangkan kabel multielektroda lalu menancapkan paku elektroda ke tanah kemudian disambungkan ke kabel. Kemudian membuat nama file dan lintasan, memilih konfigurasi yang digunakan pada ARES (Konfigurasi Wenner, lintasan ke-n). Tahap berikutnya adalah menyambungkan kabel multielektroda ke ARES kemudian ARES ke *Geoscan*, kemudian ke *power supply* lalu pastikan tersambung dengan baik dan benar. Lalu terdapat pengecekan paku elektroda yang mana terdapat kondisi jika semua elektroda terbaca maka akan lanjut ke tahap berikutnya, jika tidak maka dilakukan pengecekan kembali pada paku elektroda sampai semua elektroda terbaca.



GAMBAR 1. Metodologi dalam penelitian ini.

Kemudian dilakukan akuisisi data geolistrik dan mengambil data topografi menggunakan GPS. Setelah pengukuran selesai, kemudian pindahkan semua data yang tersimpan di

ARES dan GPS ke komputer. Lalu gabungkan data 2D dari topografi di MS. Excel (2D) dan olah data 2D di RES2DInv untuk mendapatkan data XYZ. Kemudian data diolah kembali di MS. Excel untuk menentukan *Topography Surface Cut* dan *Bottom Cut*. Kemudian hasil olahan XYZ dari MS. Excel diinterpolasi di *software* ROCKWORKS20 DEMO untuk mendapatkan visualisasi 3D. Setelah itu analisa dari hasil pemodelan 3D, kemudian dilakukan studi geologi dan interpolasi data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari alat ARES terdiri dari posisi elektroda, spasi antar elektroda, serta *apparent resistivity*. Beberapa data ditunjukkan oleh tabel 1.

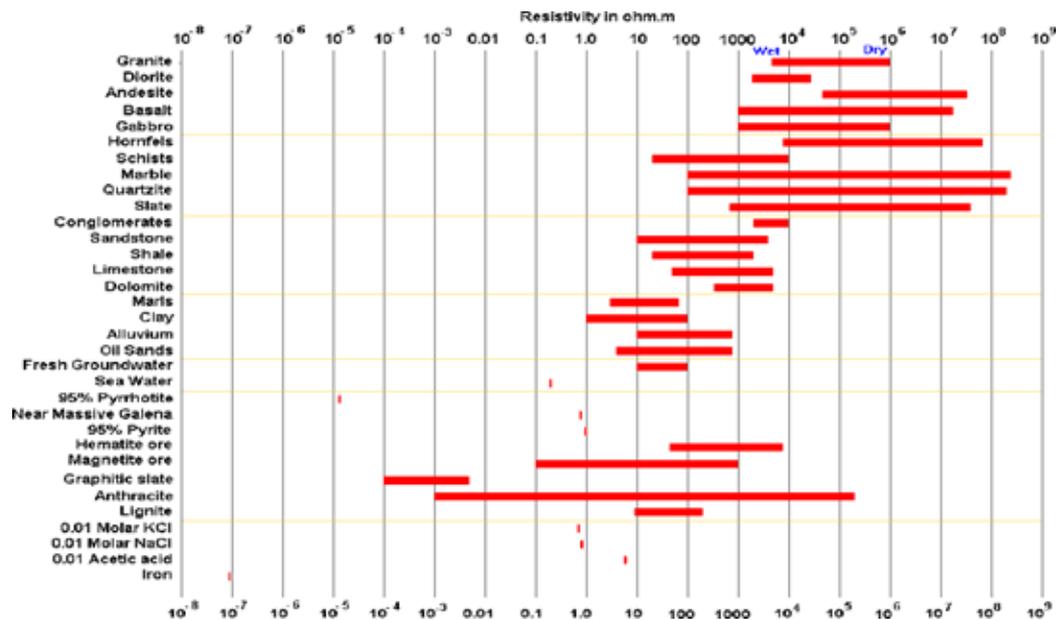
TABEL 1. Data Hasil Pengukuran Resistivity L-02

Posisi Elektroda	Spasi	Apparent resistivity (ohm m)
0	10	231.13
10	10	153.52
20	10	157.69
30	10	117.79
40	10	154.48
50	10	132.8
60	10	172.3
70	10	144
80	10	188.01
90	10	161.86
100	10	168.2
⋮	⋮	⋮
400	10	234.52
410	10	131.49
420	10	169.88
430	10	158.44
440	10	214.11

Pada tabel 1 merupakan data *.dat yang dimasukkan ke dalam software RES2DInv untuk dibuat pemodelan 2 dimensinya dan diubah ke dalam data XYZ. Data XYZ merupakan data inversi yang berisi posisi elektroda pada garis X, posisi elektroda pada Y, elevasi (Z), serta *resistivity* dan *conductivity* sebagai G. Data XYZ dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL 2. Data XYZ Hasil Inversi RES2DInv

No	X	Y	Elevation	Resistivity (ohm m)	Conductivity	LINE
1	15,135	200	588,438	267,58	0,003737	L-02
2	25,131	200	588,503	126,02	0,007935	
3	35,135	200	589,441	114,31	0,008748	
4	45,141	200	590,814	135,98	0,007354	
5	55,145	200	591,745	271,05	0,003689	
6	65,145	200	592,249	255,74	0,00391	
7	75,145	200	592,753	266,52	0,003752	
8	85,135	200	591,937	146,55	0,006824	
9	95,127	200	591,577	150,19	0,006658	
10	105,127	200	592,080	215,02	0,004651	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
41	415,150	200	611,139	354,62	0,00282	
42	425,132	200	609,498	112,06	0,008924	
43	435,122	200	608,673	138,04	0,007244	
44	445,117	200	608,266	165,39	0,006046	
45	455,111	200	607,391	218,51	0,004576	



GAMBAR 2. Resistivitas batuan [1].

Berdasarkan gambar 2 yaitu data resistivitas akuisisi lapangan, rentang resistivitas batuan yang didapatkan berkisar dari angka terendah 4.62 ohm.m hingga tertinggi adalah 2704.7 ohm.m, serta data dari geologi wilayah, maka diperkirakan bahwa litologi area penelitian terdiri dari batuan *basalt*, *slate*, *sandstone* yang di dalamnya termasuk *siltstone* serta *gravel*, *clay*, serta *alluvium*. Pada tabel 2 merupakan data yang dimasukkan ke dalam software ROCKWORKS20 Demo untuk dibuat visualisasi 3 dimensi bagian solid model. Untuk *cut topography* diambil data layer 1 dari tiap lintasan kemudian digabung di dalam Excel, dan *cut bottom* mengambil layer n=1 hingga n-1.

Litologi Daerah Penelitian Berdasarkan Citra 2D Singkapan

Berdasarkan data resistivitas akuisisi lapangan, rentang resistivitas batuan yang didapatkan berkisar dari angka terendah 4.62 ohm.m hingga tertinggi adalah 2704.7 ohm.m, serta data dari geologi wilayah, maka diperkirakan bahwa litologi area penelitian terdiri dari batuan *basalt*, *slate*, *sandstone* yang di dalamnya termasuk *siltstone* serta *gravel*, *clay*, serta *alluvium* [10].

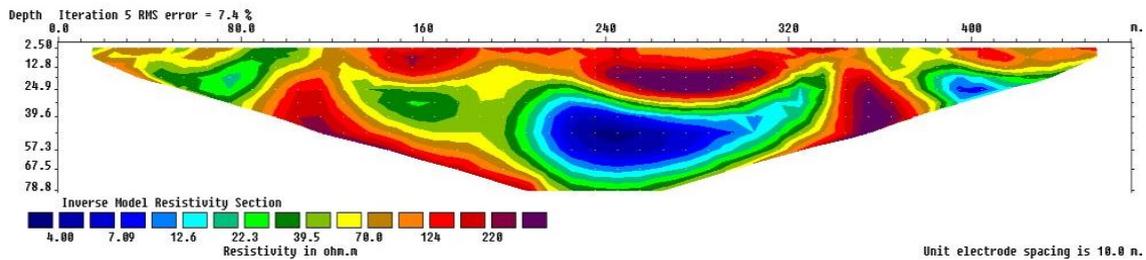


GAMBAR 3. (a) Pasir hitam dan (b) Singkapan pasir hitam lintasan 01 dan menunjukkan singkapan area tambang, pasir yang berwarna hitam merupakan pasir objek penelitian ini.

Singkapan Area Pasir

Telah ada singkapan di area tambang, sehingga dari pemodelan 2D singkapan tersebut

dapat diketahui resistivitas pasir yang akan dicari di area yang akan dimodelkan. Pada gambar 4, merupakan model 2D dari singkapan yang diberi nama L-01.



GAMBAR 4. Model singkapan.

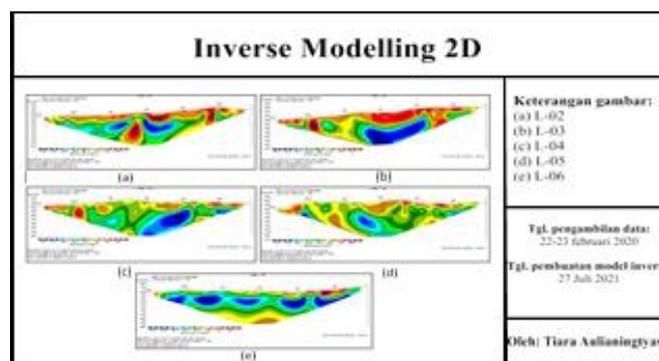
Dari pemodelan singkapan, terlihat warna-warna yang melambangkan resistivitas masing-masing lapisan atau batuan yang terdapat di lokasi pengukuran, selanjutnya dapat kategorikan berdasarkan warna dan tahanan jenisnya mengacu pada [1], [11] menjadi:

- Warna biru hingga biru tua melambangkan batuan pasir yang menjadi objek penelitian dengan range resistivitas dari 4 ohm.m hingga 12.6 ohm.m.
- Warna hijau melambangkan batuan fire clay dengan resistivitas di kisaran 22.3 ohm.m hingga 39.5 ohm.m
- Warna kuning-jingga melambangkan alluvium dengan resistivitas kisaran 70 ohm.m.
- Warna merah-ungu melambangkan basalt-andesit dengan resistivitas berkisar di angka 124 ohm.m hingga di atas 2000 ohm.m.

Berdasarkan nilai resistivitasnya, pasir yang menjadi objek penelitian ialah pasir hitam yang memiliki nilai resistivitas sangat rendah. Pasir hitam ini memiliki nilai resistivitas rendah dibandingkan dengan *sandstones* yang bernilai resistivity 10 hingga > 1000 ohm.m karena adanya campuran besi yang memiliki nilai resistivitas 10^{-7} .

Inverse Modelling 2D

Hasil model inversi pada gambar 5. menunjukkan posisi deposit pasir pada setiap lintasan. Dengan menggunakan pemodelan 2D, posisi pasir dapat diketahui kedalaman dan di mana lokasinya menurut titik elektroda. Mengacu pada model 2D L-01 sebagai model area singkapan, pasir yang menjadi objek penelitian dilambangkan dengan warna biru hingga biru muda. Gambar 5 Inverse Modelling 2D.



GAMBAR 5. Inverse modelling 2D.

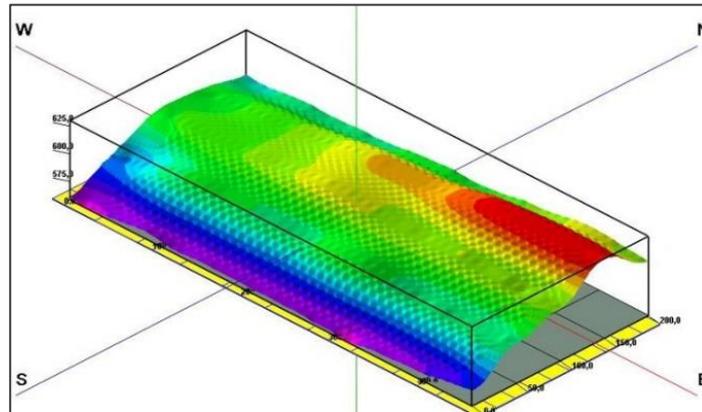
Visualisasi Data Resistivitas dalam Bentuk 3D

Bentuk 3 dimensi dibuat untuk memperkirakan posisi pasir dengan lebih presisi dan akurat, sehingga pada prakteknya akan dapat memprediksi sebanyak apa pasir yang dapat ditambang.

Model 3D Surface Cut

Gambar 6 menunjukkan model topografi *surface* yang didapat dari data resistivitas 2d

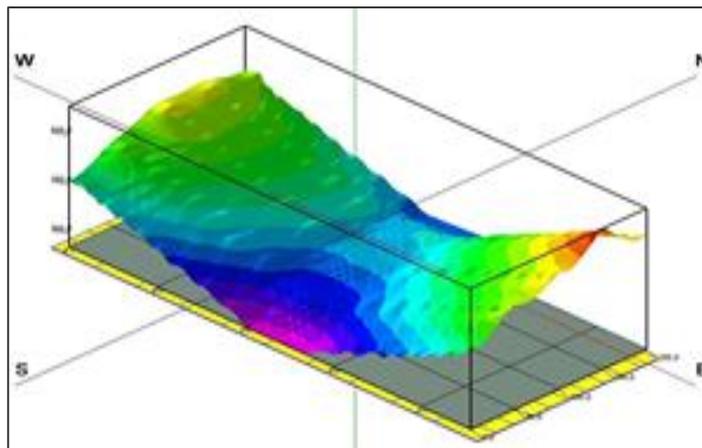
kelima lintasan (L-02 sampai L-06) dan diambil data hanya lapisan pertama (n1) saja dari masing-masing lintasan.



GAMBAR 6. Model topografi *surface cut*.

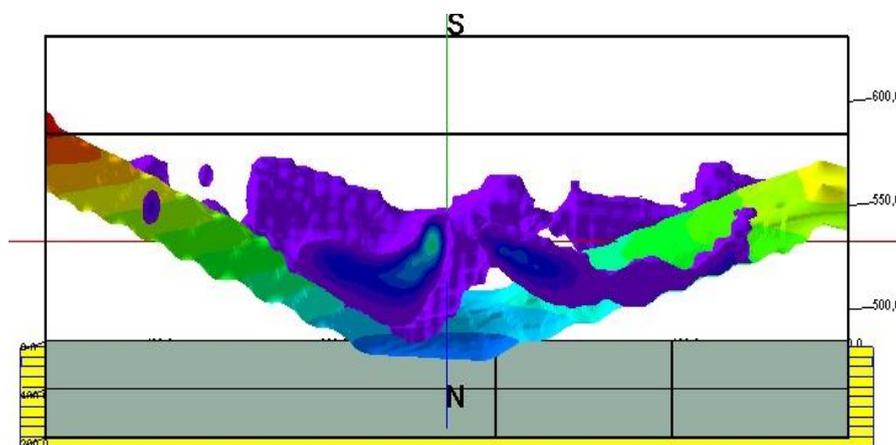
Model 3D Bottom Cut

Pada Gambar 7 menunjukkan model 3D batas bawah (*bottom cut*) dari data resistivitas semua lintasan (L-02 sampai L-06). Data yang digunakan untuk membuat *bottom cut* ini adalah titik awal (0) dan titik akhir (480) dari setiap lapisan yaitu lapisan pertama n1 sampai dengan lapisan terakhir n11 dengan data resistivitas n11 digunakan semua.

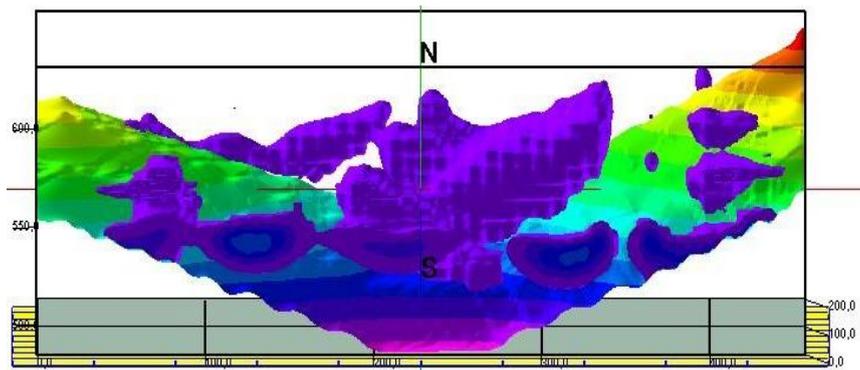


GAMBAR 7. Model *bottom cut*.

Model Solid 3D

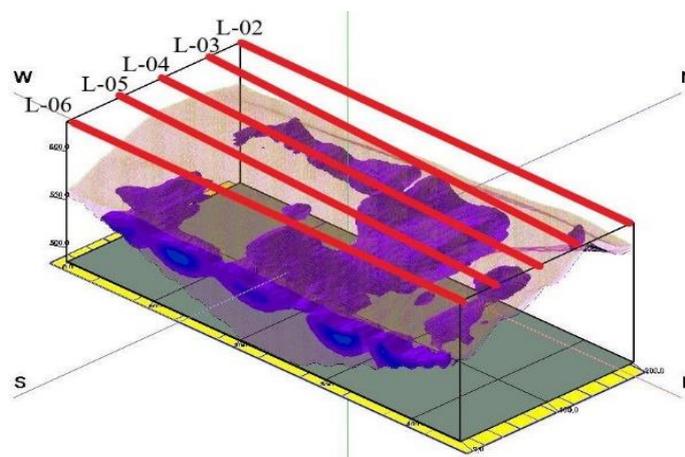


GAMBAR 8. Model solid tampak selatan L-06.



GAMBAR 9. Model solid tampak utara L-02 .

Pada gambar 8 dan 9 merupakan visualisasi 3D dilihat dari arah Selatan (L-06) dan Utara (L-02).



GAMBAR 10. Model solid tampak atas.

Pada gambar 10. menunjukkan model solid 3D dari semua lintasan. Di lintasan 2 terlihat kandungan pasir dengan warna biru- berada di titik 160 meter hingga 200 meter, pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah dan ketebalan 30 meter, serta pada titik 230 meter hingga 310 meter dan berada di 5 meter di bawah permukaan setebal 40 meter. Pada lintasan 3 terlihat kandungan pasir membentang dari 200 meter hingga 340 meter dari titik awal pengukuran, pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah dan ketebalan 50 meter. Pada lintasan 4, kandungan pasir membentang dari titik 230 meter hingga 340 meter dari titik awal pengukuran, pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah dan ketebalan 50 meter. Terdapat pula potensi pasir di titik 390 meter hingga 440 meter dengan posisi 10 meter di bawah permukaan dan ketebalan 15 meter. Pada lintasan 5 terlihat persebaran deposit pasir yang berada 60 meter hingga 90 meter dari titik awal pengukuran pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah setebal 10 meter. Kemudian potensi ke dua berada di koordinat 180 meter-240 meter di kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah dan ketebalan 40 meter, serta di titik 390 meter hingga 440 meter pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan dan ketebalan pasir 10 meter. Dengan dibuatnya model 3D ini, terlihat bahwa potensi pasir yang dapat digali dengan porsi terbanyak berada di titik pengukuran 160 meter hingga 350 meter, dengan posisi pasir berada pada 10 meter di bawah permukaan tanah dan perkiraan ketebalan pasir ialah 20 hingga 40 meter. Dari pengolahan *volume isosurface*, diketahui bahwa volume pasir sejumlah kisaran 1.005.711,0 meter kubik.

Mengacu pada model L-01 yang merupakan singkapan, pasir yang menjadi objek penelitian dilambangkan dengan warna biru hingga biru muda. Seluruh lintasan penelitian yaitu L-02, L-03, L-04, L-05, serta L-06 divisualisasikan ke dalam model 3 dimensi menggunakan

software ROCKWORKS20 versi Demo. Hasil pemodelan 2.5D menunjukkan:

- a. Pada L-02 kandungan pasir dengan berada di titik 160 hingga 200 meter serta pada titik 230 hingga 310 meter dari awal titik pengukuran, dengan kedalaman kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah dan ketebalan 30 meter dan 40 meter.
- b. Pada L-03 kandungan pasir membentang dari 200 hingga 340 meter dari titik awal pengukuran, kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah dan ketebalan 50 meter.
- c. Pada L-04, membentang dari titik 230 hingga 340 meter serta 390 hingga 440 meter dari titik awal pengukuran, pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah dan ketebalan 50 dan 15 meter.
- d. Pada L-05 terdapat 3 potensi kandungan pasir, yaitu berada di 60 hingga 90 meter dari titik awal pengukuran pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah setebal 10 meter. Kemudian potensi ke dua berada di titik 180 hingga 240 meter di kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah dan ketebalan 40 meter, serta potensi ke tiga di titik 390 hingga 440 meter pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan dengan ketebalan pasir 10 meter.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian maka dapat disimpulkan bahwa area penelitian secara litologi tersusun dari lahar dan lava *basalt*, *slate*, *sandstone* yang di dalamnya termasuk *siltstone* serta *gravel*, *clay*, serta *alluvium*. Seluruh lintasan penelitian yaitu L-02, L-03, L-04, L-05, serta L-06 divisualisasikan ke dalam model 3 dimensi menggunakan software ROCKWORKS20 versi Demo. Pemodelan 3D walaupun tidak secara murni yaitu menggunakan data tahanan jenis 2D menggunakan metode geolistrik tahanan jenis 2D yang kemudian divisualisasikan dengan bentuk 2.5D tetapi serupa dengan pemodelan 3D

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. M. Loke, "Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies - A practical guide to 2-D and 3-D surveys Copyright," *Cangkat Minden Lorong*, vol. August 200, no. 1999, 2000.
- [2] R. V. Fisher, "Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks," *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 72, no. 9, 1961, doi: 10.1130/0016-7606(1961)72[1409:PCOVSA]2.0.CO;2.
- [3] Badan Geologi, "G. Gede," *Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*, 2013. <https://vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/212-gede>. (accessed May 21, 2021).
- [4] A. C. . H. Effendi, "Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa," 1998.
- [5] I. C. Alle, M. Descloitres, J. M. Vouillamoz, N. Yalo, F. M. A. Lawson, and A. C. Adihou, "Why 1D electrical resistivity techniques can result in inaccurate siting of boreholes in hard rock aquifers and why electrical resistivity tomography must be preferred: the example of Benin, West Africa," *J. African Earth Sci.*, vol. 139, 2018, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2017.12.007
- [6] W. O. Raji and A. D. Adedoyin, "Dam safety assessment using 2D electrical resistivity geophysical survey and geological mapping," *J. King Saud Univ. - Sci.*, vol. 32, no. 1, 2020, doi: 10.1016/j.jksus.2019.10.016
- [7] J. Fan, A. Scheuermann, A. Guyot, T. Baumgartl, and D. A. Lockington, "Quantifying spatiotemporal dynamics of root-zone soil water in a mixed forest on subtropical coastal sand dune using surface ERT and spatial TDR," *J. Hydrol.*, vol. 523, 2015, doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.01.064.
- [8] M. F. Hasan, H. Abuel-Naga, and E. C. Leong, "A modified series-parallel electrical

- resistivity model of saturated sand/clay mixture,” *Eng. Geol.*, vol. 290, 2021, doi: 10.1016/j.enggeo.2021. 106193
- [9] A. Kuswanto, “Pengembangan Metode Geolistrik 4-D untuk Perembesan Bawah Tanah,” 2015.
- [10] J. M. Reynolds, *An introduction to applied and environmental geophysics*. 1997.
- [11] L. P. G. and R. E. S. W.M. Telford, *Applied geophysics (second edition)*, vol. 69, no. 1–2. 1991.
- [12] W. Menke, *Geophysical data analysis: Discrete inverse theory*. 2018.