

IDENTIFIKASI MINERAL LOGAM DAERAH X KABUPATEN SOLOK SELATAN BERDASARKAN DATA GEOLISTRIK RESISTIVITAS DAN POLARISASI TERIMBAS

IDENTIFICATION OF METAL MINERALIZATION IN "X" AREA SOLOK SELATAN USING GEOELECTRIC RESISTIVITY AND INDUCED POLARIZATION METHODS

Michael M. Siahay^{1*}, Warsa², Resti Limehuwey³, Samsul Bahri⁴

^{1,3,4}Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka Ambon

² Program Studi Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung; Jl. Ganesha No.10 Bandung

* achel.siahay@gmail.com

Kata Kunci:
Chargeabilitas
Geofisika Mineral
Polarisasi Terimbas
Tahanan Jenis

Abstrak.

Indonesia adalah negara yang memiliki potensi sumber daya mineral yang melimpah. Hal ini diakibatkan oleh pertemuan antara tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia. Lokasi penelitian terletak pada daerah "X", Kabupaten Solok Selatan, Provinsi Sumatera Barat. Diperkirakan bahwa Daerah "X" merupakan salah satu daerah yang memiliki potensial sebaran endapan mineral logam sulfida seperti tembaga, emas, dan perak. Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai potensi mineralisasi pada daerah penelitian dilakukan dengan memanfaatkan salah satu metode geofisika yakni metode polarisasi terimbas. Konfigurasi elektroda yang digunakan ialah dipol-dipol. Lintasan pengukuran terdiri atas sebelas lintasan, dari lintasan F hingga lintasan P. Lintasan F menggunakan spasi elektroda sebesar 25 m, sedangkan Lintasan G hingga lintasan P menggunakan spasi elektroda sebesar 50 m. Pengolahan data polarisasi terimbas menghasilkan model 2D tahanan jenis dengan rentang nilai 0 sampai 1500 Ωm dan chargeabilitas dengan rentang nilai 0 sampai 20 mV/V. Zona mineralisasi diduga berada pada setiap lintasan dengan nilai chargeabilitas tinggi (lebih dari 10 mV/V) yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah (kurang dari 100 Ωm) hingga tinggi (lebih dari 1000 Ωm). Pengeboran awal dapat dilakukan pada titik M-1550 hingga M-1800, dimana hal tersebut didasarkan pada hasil nilai chargeabilitas tinggi (lebih dari 10 mV/V). Berdasarkan hasil pengolahan data diperkirakan volume zona mineralisasi pada daerah penelitian sebesar 0.0248 km³.

Keywords:
Chargeability
Geophysics
Induced Polarization
Resistivity

Abstract.

Indonesia is a country that has the potential of abundant mineral resources which is caused by the meeting of three major tectonic plates, namely the Indo-Australian Plate, the Pacific Plate, and the Eurasian Plate. The research location is in the areas of "X", South Solok Regency, West Sumatra Province. It is estimated that the "X" area is one of the areas that has the potential for the distribution of metal sulphide mineral deposits such as copper, gold, and silver. To find out more about the potential for mineralization in the research area, it was carried out by utilizing one of the geophysical methods, namely the induced

polarization method. The electrode configuration used is dipole-dipole. The measurement trajectory consists of eleven tracks, from track F to track P. Track F uses an electrode spacing of 25 m, while track G to track P uses an electrode spacing of 50 m. Processing of the induced polarization data produces a 2D resistivity model with a value range of 0 to 1500 Ωm and a chargeability with a value range of 0 to 20 mV/V. The mineralized zone is thought to be in each track with high chargeability values (more than 10 mV/V) associated with low (less than 100 Ωm) to high (more than 1000 Ωm) resistivity values. Initial drilling can be carried out at points M-1550 to M-1800, which is based on the results high chargeability (more than 10 mV/V). Based on the results of data processing, it is estimated that the volume of the mineralized zone in the study area is 0.0248 km³.

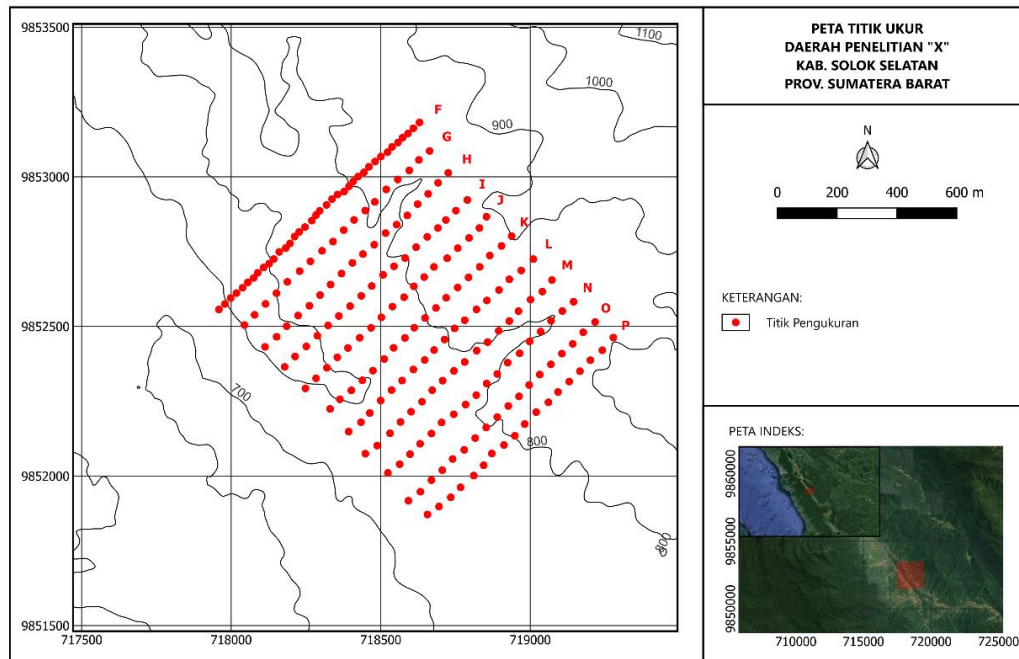
1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan potensi sumber daya mineral yang melimpah. Hal ini diakibatkan oleh pertemuan antara tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia. Pertemuan ketiga lempeng tersebut menciptakan kondisi geografis kompleks yang mendukung terbentuknya berbagai sumber daya mineral, salah satunya adalah bijih besi (Bemmelen, 1949). Lokasi penelitian terletak pada daerah "X", Kabupaten Solok Selatan, Provinsi Sumatera Barat. Berdasarkan survei geologi terdahulu, diperkirakan bahwa Daerah "X" merupakan salah satu daerah yang memiliki potensial sebaran endapan mineral logam sulfida seperti tembaga, emas, dan perak. Potensi tersebut dikarenakan tubuh-tubuh intrusi batuan beku berupa terobosan batuan granit-granodiorit berumur Kapur Akhir yang menerobos batugamping berumur Perm Awal, hal ini terjadi karena daerah Kabupaten Solok Selatan dikontrol oleh aktivitas magmatik dan struktur geologi berupa sesar (Rosidi dkk., 1996).

Dalam rangka meninjau lebih dalam potensi dan indikasi tersebut, diperlukan pemanfaatan salah satu metode geofisika yakni metode geolistrik resistivitas dan polarisasi terimbas (induced polarization) untuk mendapatkan informasi geologi bawah permukaan pada daerah penelitian. Adapun konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Dipole-dipole yang sejak lama dan masih digunakan dalam survei tahanan jenis dan polarisasi terimbas karena memiliki efek kopling EM yang rendah antara sirkuit arus dan potensialnya (Loke, 2004). Metode geolistrik tergolong metode aktif yang bersifat non-invasif sehingga sangat ramah lingkungan. Prinsip kerja dari metode ini ialah dengan mengirimkan arus listrik searah ke dalam permukaan bumi melalui dua buah elektroda, kemudian dua elektroda lainnya mengukur respon tegangan bumi. Metode ini biasa digunakan pada berbagai bidang, diantaranya ialah untuk melihat keberadaan akuifer (Bahri et al, 2022; Bahri et al, 2023), pemantauan kestabilan lereng (Jaya et al, 2024), eksplorasi mineral, dan monitoring limbah. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penampang 2D tahanan jenis dan *chargeabilitas* untuk mengidentifikasi penyebaran zona mineralisasi. Selain itu model 3D akan dibuat untuk mengetahui potensi mineral pada daerah penelitian berdasarkan model penampang 2D.

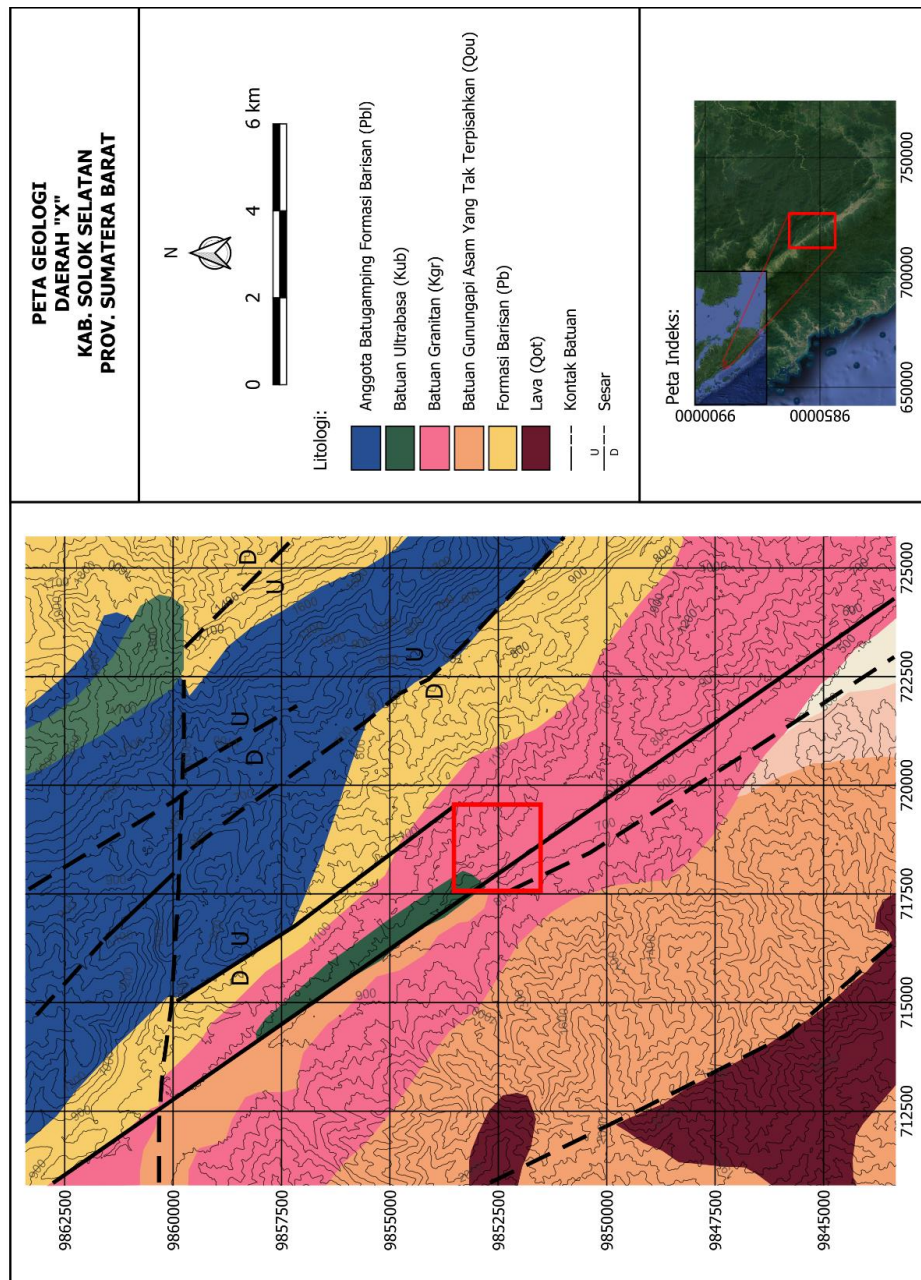
2. GEOLOGI REGIONAL DAERAH PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Solok Selatan, provinsi Sumatera Barat. Secara geografis daerah ini terletak diantara 717925 mE – 719320 mE dan 9851844 mN – 9853220 mN, pada zona 47 belahan bumi selatan. Titik pengukuran dari setiap lintasan dapat dilihat pada Gambar 1.



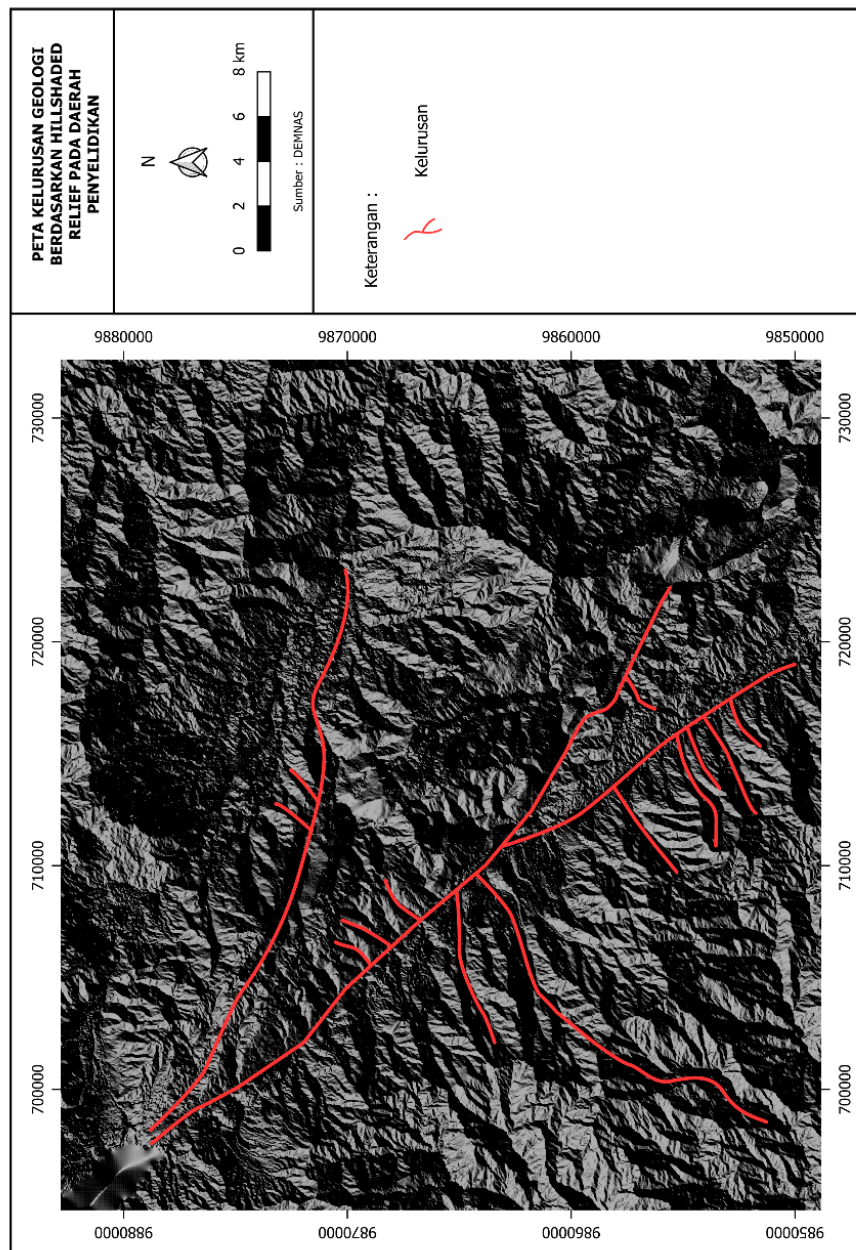
Gambar 1. Peta titik ukur daerah survei IP, Daerah "X", Kabupaten Solok Selatan, Provinsi Sumatera Barat

Pada Gambar 2, lokasi penelitian ditandai dengan kotak berwarna merah. Terdapat beberapa formasi batuan di daerah penelitian yaitu Batugamping formasi Barisan (Pbl), Batuan Ultrabasa (Kub), Batuan Granitan (Kgr), Batuan Gunung Api Asam yang tak terpisahkan (Qou) dan formasi Barisan (Pb). Adapun batuan yang ditemukan pada lokasi penelitian yaitu intrusi granit yang mana terindikasi dari pasir kuarsa dan alterasi granit. Daerah penelitian dilewati oleh dua sesar yang berkembang di daerah "X" yaitu sesar normal dan sesar mendatar (Rosidi dkk., 1996). Sesar mendatar membentuk hulu aliran sungai pada daerah penelitian yang berarah umum barat laut – tenggara. Lereng-lereng terjal yang berada di sekitar sungai diakibatkan oleh adanya sesar normal.



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian (dimodifikasi dari Rosidi dkk, 1968)

Pada Gambar 3, kelurusan ditandai dengan garis berwarna merah. Kelurusan tersebut dapat dimaknai sebagai aliran sungai, lembah dan/atau struktur. Terlihat bahwa terdapat pola aliran sungai dimana aliran utama sejajar dengan struktur sesar, mengalir searah kemiringan lereng dan struktur minornya tegak lurus dengan aliran utama. Berdasarkan deskripsi diatas dapat disimpulkan bahwa alirannya termasuk dalam pola aliran trellis. Pola aliran trellis adalah suatu pola aliran yang memiliki kemiripan dengan bentuk pagar pada perkebunan anggur, dimana sungai utama mengalir lurus di sepanjang lembah dan memiliki cabang-cabang yang berasal dari lereng curam pada kedua sisinya. Pola aliran trellis ditandai dengan adanya cabang-cabang sungai yang membentuk sudut tegak lurus sehingga menyerupai bentuk pagar (Noor, 2014). Pola ini mengikuti sesar utama hulu sungai yang menunjukkan daerah ini mengalami kontrol struktur yang sangat kuat. Sesar utama berarah baratlaut – tenggara diikuti dengan banyak struktur minor berarah baratdaya – timur laut dan beberapa berarah barat – timur.



Gambar 3. Peta analisis kelurusan struktur geologi dari hillshaded relief daerah penelitian (dimodifikasi dari DEMNAS)

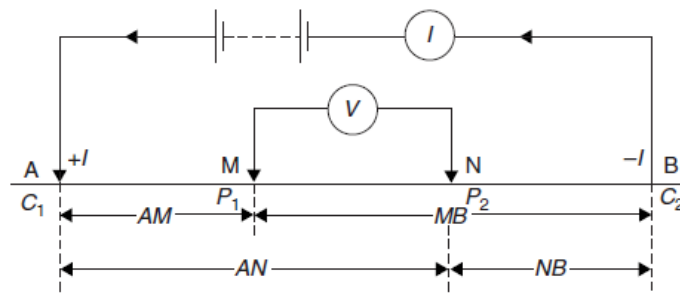
3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Geolistrik Resistivitas

Metode dalam geofisika pada umumnya digunakan untuk mengamati gejala-gejala gangguan pada kondisi yang normal. Metode dalam geofisika sendiri terbagi menjadi dua bagian yaitu metode pasif dan aktif. Metode pasif ialah metode yang mendeteksi variasi parameter fisis melalui sifat alami yang berasosiasi dengan bumi, seperti metode gravitasi dan magnetik. Metode aktif ialah metode yang menggunakan sinyal buatan kemudian sinyal tersebut akan menjalar ke dalam tanah sehingga sinyal akan terganggu berdasarkan karakteristik medan yang dilalui oleh sinyal, contohnya seperti dalam metode seismik (Reynolds, 2011).

Metode geolistrik ialah salah satu metode dalam bidang geofisika. Berdasarkan kemampuannya, metode geolistrik lebih efektif untuk pengukuran eksplorasi dangkal, dan lebih cocok digunakan dalam bidang engineering geology, seperti pencarian reservoir air, penentuan kedalaman batuan dasar, dan dalam eksplorasi panas bumi (Bahri *et al*, 2023). Informasi lapisan yang dapat diperoleh melalui metode geolistrik jarang mencapai kedalaman 1000 hingga 1500 kaki (Santoso, 2018). Salah satu metode yang termasuk ke dalam metode geolistrik ialah metode tahanan jenis. Metode tahanan jenis bekerja dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi untuk mempelajari keadaan bawah permukaan (Santoso, 2002).

Nilai tahanan jenis semu atau apparent resistivity adalah nilai yang diperoleh dari hasil nilai resistansi terukur R dan faktor geometri K dari suatu konfigurasi elektroda (Reynolds, 2011). Pada kenyataannya, nilai tahanan jenis ditentukan oleh kondisi litologi dan struktur geologi bawah permukaan bumi yang tidak homogen, sehingga nilai tahanan jenis yang didapat menggunakan pasangan elektroda arus dan potensial menghasilkan nilai tahanan jenis semu yang tidak merepresentasikan nilai tahanan jenis sebenarnya atau *true resistivity* dari bawah permukaan bumi (Lowrie, 2007). Konfigurasi elektroda yang umum digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk umum konfigurasi elektroda (Reynolds, 2011)

Faktor geometri K didefinisikan dengan persamaan (1),

$$K = 2\pi \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{NB} \right]^{-1} \tag{1}$$

Nilai beda potensial bawah permukaan dinyatakan pada persamaan (2),

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{NB} \right] \tag{2}$$

Berdasarkan persamaan (2) diperoleh besarnya resistivitas semu yang dirumuskan pada persamaan (3).

$$\rho_a = \frac{\Delta V 2\pi}{I} \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{NB} \right]^{-1} \tag{3}$$

3.2. Metode Polarisasi Terimbas

Pengukuran pada metoda polarisasi terimbas digunakan konfigurasi instrumen tahanan jenis yang menggunakan dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial yang tidak terpolarisasi. Ketika arus dihentikan, tegangan diantara elektroda potensial tidak menjadi nol secara seketika, melainkan secara bertahap akan menurun dalam jangka waktu beberapa detik hingga menit. Hal yang serupa juga dapat

dilihat ketika arus kembali dinyalakan. Ketika nilai tegangan naik secara mendadak, tegangan kemudian akan meningkat secara bertahap dalam interval waktu diskrit hingga mencapai nilai tegangan yang stabil. Hal tersebut disebabkan karena tanah dan batuan bertindak layaknya kapasitor dan menyimpan muatan listrik sehingga menjadi terpolarisasi (Kearey dkk., 2002).

Jenis ikatan kimia pada mineral secara langsung akan mempengaruhi kapasitas mineral untuk mentransmisikan listrik. Pada umumnya, mineral yang memiliki tingkat ikatan logam yang tinggi, dimana elektron dapat bergerak bebas di dalam struktur kristal, dinilai sangat baik dalam menghantarkan listrik (Nesse, 2000). Tujuan utama dari aplikasi metode polarisasi terimbas lebih berarah ke eksplorasi mineral bijih yang tersebar, deposit emas dengan keterkaitan sulfida, hingga pada eksplorasi air tanah dan panas bumi (Reynolds, 2011).

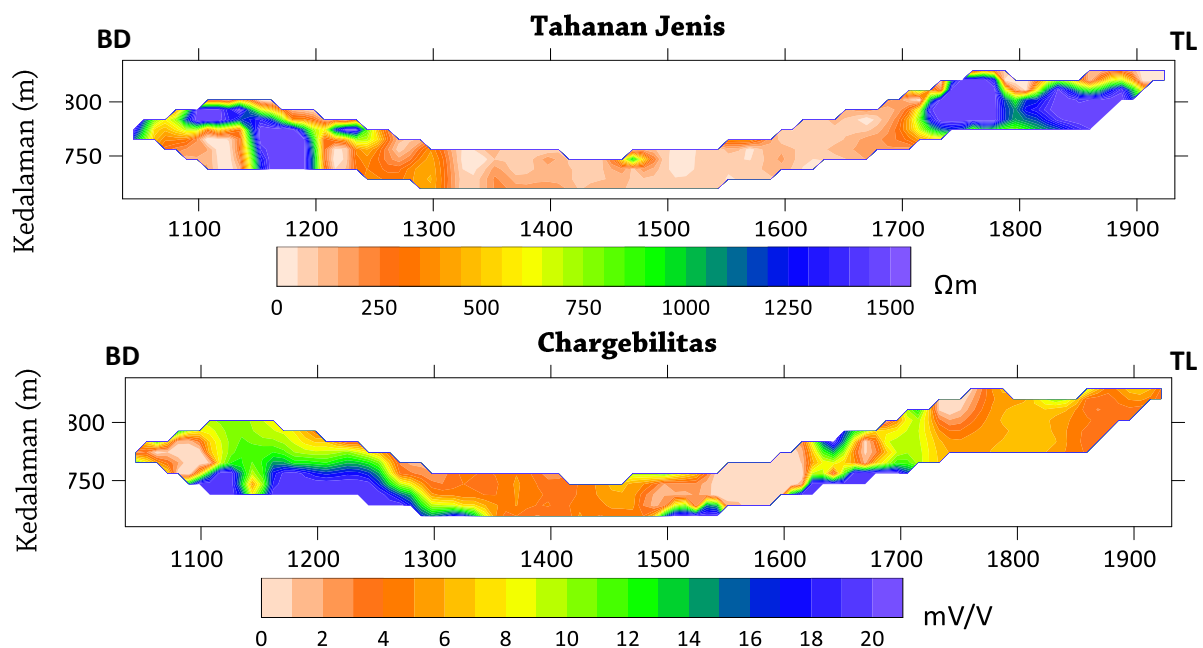
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian yang dilakukan antara lain merupakan penampang tahanan jenis dan chargeabilitas, peta kedalaman tahanan jenis dan chargeabilitas, serta model *iso-surface* chargeabilitas. Penampang tahanan jenis dan chargeabilitas dari sebelas lintasan dimulai dari lintasan F hingga lintasan P. Spasi elektroda yang digunakan pada lintasan F sebesar 25 m dan untuk lintasan G hingga lintasan P menggunakan spasi elektroda sebesar 50 m. Penampang tahanan jenis dan chargeabilitas pada lintasan F dan G dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6. Sedangkan hasil *overlay* dari keseluruhan lintasan dapat dilihat pada gambar 7.

Pada lintasan F (Gambar 5), terdapat nilai chargeabilitas tinggi yang muncul pada empat titik. Zona mineralisasi yang pertama dapat dilihat dimulai dari titik F-1100 hingga F-1130 dan zona yang kedua berada pada titik F-1150 hingga F-1300. Kedua zona mineralisasi tersebut berasosiasi dengan tahanan jenis sedang hingga tinggi. Zona mineralisasi ketiga dapat dilihat pada titik F-1500 hingga F-1550 dan zona yang keempat berada pada titik F-1600 hingga F-1700. Zona ketiga dan keempat tersebut berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah hingga sedang. Pada lintasan G (Gambar 6) terdapat zona mineralisasi terlihat pada bagian barat daya hingga ke bagian timur laut lintasan. Zona mineralisasi pada G-1200 hingga G-1300 berasosiasi dengan nilai tahanan jenis tinggi. Zona mineralisasi kedua berkemungkinan menerus dari G-1500 hingga G-1900, yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah hingga sedang. Pada lintasan H nilai chargeabilitas tinggi terlihat jelas pada H-1385 hingga H-1485 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis sedang. Zona mineralisasi lainnya berada pada daerah H-1600 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis sedang. Zona mineralisasi pada titik H-1750 hingga H-1900 berasosiasi dengan nilai tahanan jenis yang tinggi dan nilai tahanan jenis rendah pada bagian timur laut lintasan. Pada lintasan I terdapat empat zona mineralisasi, dimulai dari titik I-1100 hingga I-1150, titik I-1200 hingga I-1325, titik I-1500 hingga I-1600 berasosiasi dengan tahanan jenis rendah dan tinggi. Zona mineralisasi pada titik I-1700 hingga titik I-1900 berasosiasi dengan nilai tahanan jenis tinggi yang muncul hingga ke permukaan. Pada lintasan J terdapat dua zona mineralisasi yang terlihat jelas pada titik J-1300 hingga J-1375 dan titik J-1500 hingga titik J-1800 yang memiliki nilai chargeabilitas yang tinggi. Kedua zona mineralisasi tersebut berasosiasi dengan nilai tahanan jenis yang rendah yang dinilai baik sebagai daerah dengan prospek mineral. Pada lintasan K, terdapat empat zona mineralisasi dengan nilai chargeabilitas tinggi. Zona mineralisasi pertama berada pada daerah titik K-1100, zona mineralisasi kedua berada pada daerah titik K-1225, zona mineralisasi ketiga berada pada daerah titik K-1550. Zona mineralisasi pertama berasosiasi dengan nilai tahanan jenis tinggi. Zona mineralisasi kedua dan keempat berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah. Dan zona mineralisasi ketiga berasosiasi dengan nilai tahanan jenis sedang.

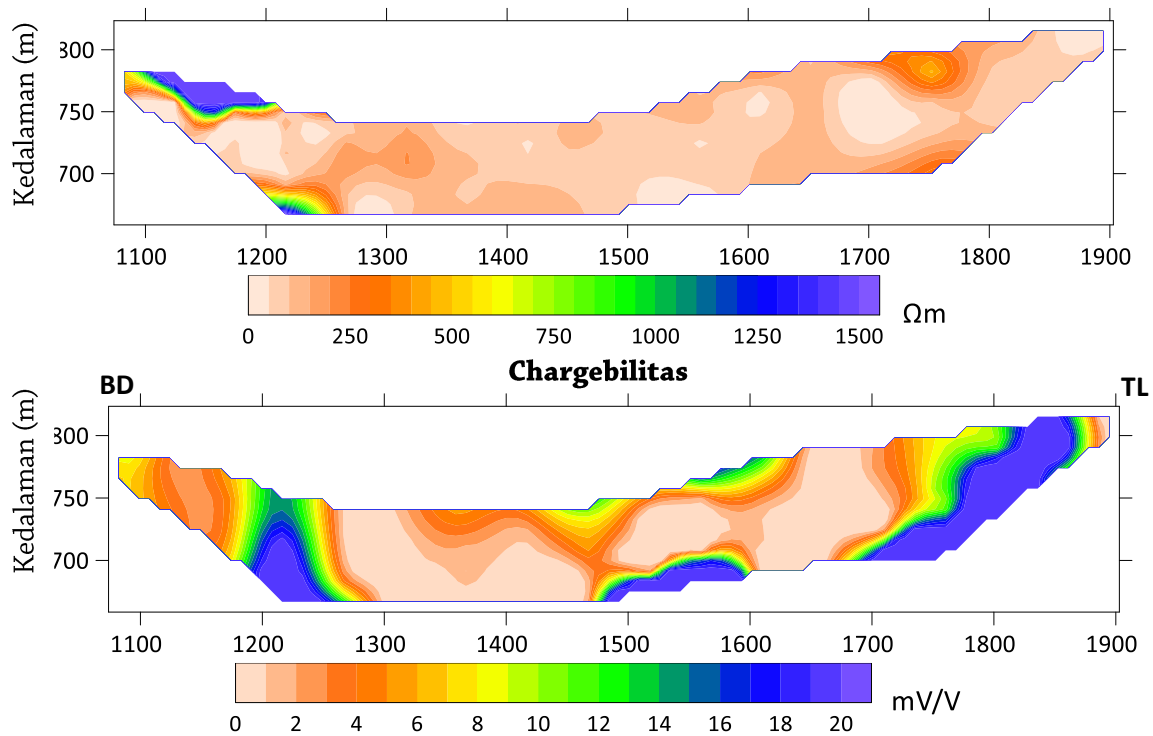
Pada lintasan L terdapat empat zona mineralisasi dengan nilai chargeabilitas yang tinggi. Zona pertama berada pada titik L-1100 yang berasosiasi dengan tahanan jenis yang tinggi. Zona mineralisasi kedua berada

pada titik L-1200 hingga L-1400 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis sedang. Zona mineralisasi ketiga berada pada titik L-1500 hingga L-1600 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah. Dan zona mineralisasi terakhir berada pada titik L-1700 hingga L-1900 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah dan tinggi. Pada lintasan M terlihat sangat jelas bahwa terdapat zona mineralisasi pada titik M-1550 hingga titik M-1800 dengan nilai chargeabilitas sangat tinggi dan berasosiasi dengan nilai tahanan jenis yang tinggi. Pada titik M-1400 hingga M-1500 berkemungkinan masih satu tubuh dengan zona mineralisasi di sebelahnnya namun berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah hingga sedang. Pada lintasan N terdapat zona mineralisasi yang masih merupakan zona mineralisasi dari lintasan M, berada pada titik N-1450 hingga N-1800. Zona mineralisasi ini berasosiasi dengan nilai tahanan jenis yang rendah hingga tinggi. Zona mineralisasi pada bagian barat daya berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah. Pada lintasan O terlihat terdapat zona mineralisasi dengan nilai chargeabilitas tinggi pada titik O-1300 hingga O-1450 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah. Zona mineralisasi lainnya ditemukan pada titik O-1600 hingga O-1800 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah, dan juga nilai tahanan jenis tinggi di dekat permukaan. Pada lintasan P terdapat beberapa zona mineralisasi yang diindikasikan dengan nilai chargeabilitas yang tinggi. Zona mineralisasi terdapat pada titik P-1200 hingga P-1275, dan pada titik P-1400 hingga P-1525 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah. Dan pada titik P-1600 hingga P-1800 yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah dan tinggi.



Gambar 5. Penampang tahanan jenis dan chargeabilitas pada lintasan F

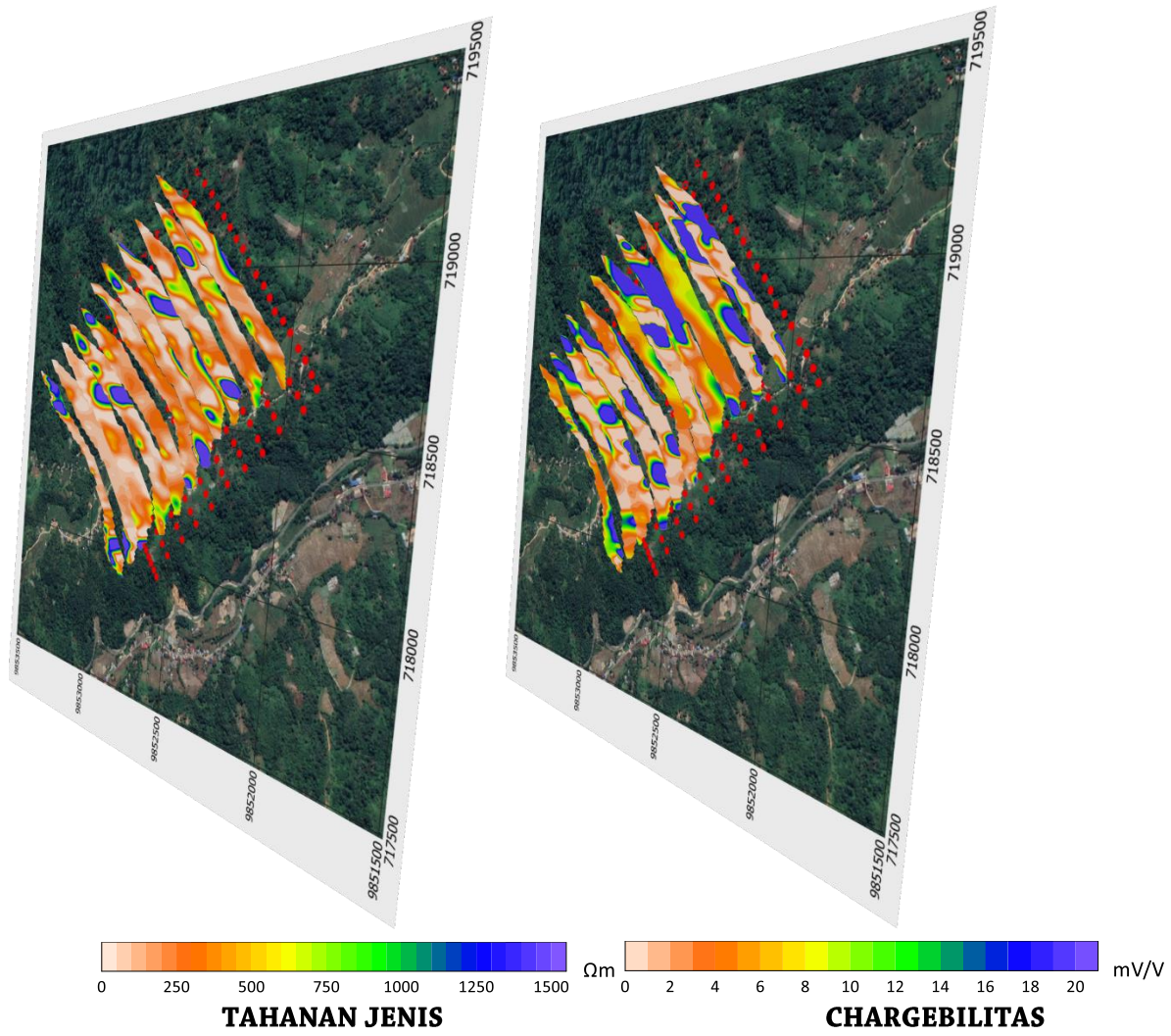
BD Tahanan Jenis TL



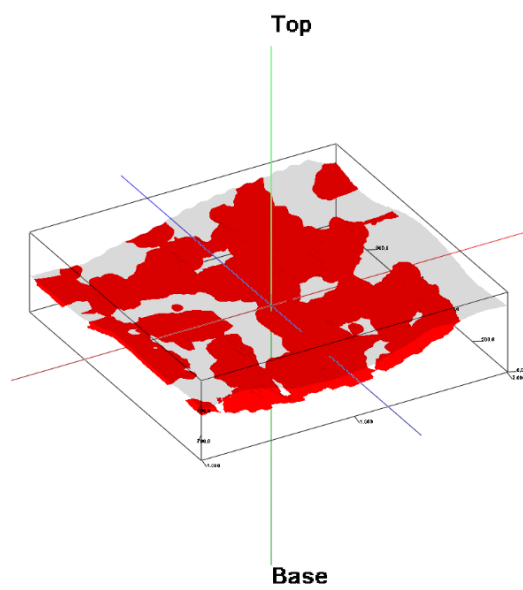
Gambar 6. Penampang tahanan jenis dan chargeabilitas pada lintasan G

Berdasarkan Gambar 7, dapat dianalisis bahwa nilai chargeabilitas tinggi (lebih dari 10 mV/V) yang diperkirakan sebagai daerah dengan zona mineralisasi hampir dapat ditemukan pada setiap lintasan pengukuran. Lintasan L, M, N, O dan P adalah lintasan dengan nilai chargeabilitas yang dapat dilihat secara tegas dan jelas. Hal tersebut menunjukkan bahwa bagian tenggara dari daerah penelitian merupakan daerah yang prospek terhadap keberadaan mineral logam.

Berdasarkan hasil pengolahan data pengukuran, daerah mineralisasi yang patut dijadikan sebagai daerah ialah daerah dengan nilai chargeabilitas lebih dari 10 mV/V. Pada daerah pengukuran, nilai chargeabilitas lebih dari 10 mV/V terlihat pada hampir semua lintasan, sehingga dapat dikatakan bahwa semua lintasan pengukuran dapat dikatakan sebagai zona yang patut dijadikan sebagai daerah prospek. Berdasarkan pengolahan data iso-surface nilai chargeabilitas (Gambar 8) maka dapat ditentukan bahwa total volume prospek mineralisasi pada daerah penelitian ini berjumlah 0.0248 km³. Apabila akan dilakukan pengeboran awal, daerah yang patut dijadikan sebagai target utama ialah lintasan M pada titik M-1550 hingga M-1800. Hal tersebut didasarkan pada hasil nilai chargeabilitas tinggi (lebih dari 10 mV/V) yang dapat dilihat pada penampang lintasan M, dimana anomali menyebar dari permukaan hingga batas datum di bawah permukaan.



Gambar 7. Overlay penampang tahanan jenis dan chargeabilitas



Gambar 8. Model iso-surface chargeabilitas lebih dari 10 mV/V

5. KESIMPULAN

Model penampang 2D data tahanan jenis dan chargeabilitas pada daerah mengindikasikan daerah dengan zona mineralisasi terlihat jelas pada lintasan L, M, N, O dan P karena memiliki nilai anomali tahanan jenis dan chargeabilitas yang dapat dilihat secara tegas dan jelas, sehingga dapat disimpulkan bahwa bagian tenggara dari daerah penelitian merupakan daerah yang prospek terhadap keberadaan mineral logam. Zona mineralisasi berdasarkan model iso-surface 3D chargeabilitas diduga berada pada setiap lintasan dengan nilai chargeabilitas tinggi (lebih dari 10 mV/V) yang berasosiasi dengan nilai tahanan jenis rendah (kurang dari 100 Ω m) hingga tinggi (lebih dari 1000 Ω m). Nilai chargeabilitas tinggi diperkirakan sebagai respons batuan bawah permukaan yang termineralisasi mineral logam. Nilai tahanan jenis rendah diinterpretasikan sebagai batuan bawah permukaan yang memiliki karakteristik porositas yang tinggi dan permeabel, sedangkan untuk nilai tahanan jenis tinggi diinterpretasikan sebagai batuan metamorf dan batuan beku yang masih kompak. Total volume zona mineralisasi yang terdapat dalam daerah penelitian ini sekitar 0.0248 km³.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., Aponno, S. V., & Zulfiah. (2022). Global Optimization Very Fast Simulated Annealing Inversion for The Interpretation of Groundwater Potential. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 8 (3), 225-236. <https://doi.org/10.23960/jge.v8i3.233>
- Bahri, S., Ramadhan, A., & Zulfiah. (2023). Investigation of Groundwater Quality using Vertical Electrical Sounding and Dar Zarrouk Parameter in Leihitu, Maluku, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 8 (3), 221-228. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2023.8.3.12976>
- Binley, A., dan Kemna, A. (2005). DC Resistivity and Induced Polarization Methods. *Hydrogeophysics*, 129–156. doi:10.1007/1-4020-3102-5_5
- deGroot-Hedlin, C. dan Constable, S. (1990). Occam's inversion to generate smooth, two-dimensional models form magnetotelluric data. *Geophysics*, 55, 1613-1624.
- Dusabemariya, C., Qian, W., Bagaragaza, R., Faruwa, A. R., dan Ali, M. (2020). Some Experiences of Resistivity and Induced Polarization Methods on the Exploration of Sulfide: A Review. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 8, 68-92.
- Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI). Jakarta.
- Jaya, G. W., Bahri, S., Zulfiah., & Ramadhan, A. (2024). Pemantauan Kestabilan Lereng Bukit di Lingkungan Pura Siwa Stana Giri Kota Ambon Menggunakan Metode Geolistrik. *Innovation for Community Service Journal*, 2(1), 1-7.
- Kearey, P., Brooks, M., dan Hill, I. (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration* (3rd edition). Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Loke, M. H. (2004). *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Geotomo Software.
- Loke, M. H. (2016). *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Geotomo Software.
- Loke, M. H., Acworth, I. dan Dahlin, T. (2003). A comparison of smooth and blocky inversion methods in 2D electrical imaging surveys. *Exploration Geophysics*, 34, 182-187.
- Lowrie, W. (2007). *Fundamentals of Geophysics* (2nd edition). Cambridge University Press. New York.
- Menke, W. (1984). *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. Academic Press. San Diego.
- Nesse, W. D. (2000). *Introduction to Mineralogy*. Oxford University Press. New York.

- Noor, D. (2014). Geomorfologi. Deepublish. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Parasnis, D. S. (1986). Principles of Applied Geophysics (4th edition). Chapman and Hall. New York.
- Reynolds, J. M. (2011). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics (2nd edition). John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex.
- Rosidi, H. M. D., Tjokrosoepetro, S., Pendowo, B., Gafoer, S., dan Suharsono. (1996). Peta Geologi Lembar Painan Sumatera. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Santoso, D. (2002). Pengantar Teknik Geofisika. Penerbit ITB. Bandung.
- Santoso, D. (2018). Panduan Teknis Survei Lapangan Geologi & Geofisika. ITB PRESS. Bandung.
- Sasaki, Y. (1992). Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. *Geophysical Prospecting*, 40, 453-464.
- Seequent. (2022). Rapid 2-D Resistivity & IP inversion using the least-squares method. Aarhus Geosoftware.
- Seigel, H. O. (1959). Mathematical formulation and type curves for induced polarization, *Geophysics*, 24, 547-565.
- Telford, W. M. Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Van Bemmelen, R.W. (1949) *The Geology of Indonesia* (2nd edition) vol. 1A General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. The Hague. Belanda.
- Zonge, K., Wynn, J., dan Urquhart, S. (2005). Resistivity, Induced Polarization, and Complex Resistivity. *Near-Surface Geophysics*, 9, 265-300. doi:10.1190/1.9781560801719.