

Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas untuk Menentukan Zona Lemah (Studi Kasus: Wilayah Episenter Gempabumi di Kecamatan Lalolae, Kabupaten Kolaka Timur)

Triani^{1*}, Sudarwin Kamur², Erfina³

¹Prodi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Sembilanbelas November Kolaka

²Prodi Pendidikan Geografi, FKIP, Universitas Sembilanbelas November Kolaka

³Prodi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Sembilanbelas November Kolaka

Jalan Pemuda Nomor 339 Kelurahan Tahoa, 93511, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 10 Agustus 2025
Direvisi: 11 November 2025
Diterima: 21 Januari 2026

Kata kunci:

Gempa Bumi
Geolistrik Resistivitas
Mitigasi Bencana
Zona Lemah

Keywords:

Earthquake
Resistivity Geoelectric
Disaster Mitigation
Weak Zone

Penulis Korespondensi:

Triani
Email: trianiusnkolaka@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian mengenai zona lemah di wilayah episenter gempabumi di Kecamatan Lalolae Kabupaten Kolaka Timur telah dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner sebanyak lima lintasan dengan panjang masing-masing lintasan adalah 150 meter dan spasi antar elektroda 10 meter. Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan diperoleh bahwa nilai resistivitas pada setiap lintasan tidak homogen, mulai dari resistivitas rendah hingga tinggi dengan kedalaman yang bervariasi. Resistivitas rendah ($<100 \Omega m$) yang diidentifikasi sebagai alluvial pasir hasil lapukan batuan sekis, lapisan ini merupakan zona lemah. Lintasan 1 berarah Barat-Timur, zona lemah terdapat pada titik pengukuran 50,5-80,5 m dengan kedalaman 12,8-24,9 m. Lintasan 2 berarah Barat-Timur, terdapat pada titik pengukuran 10,5-30 m dengan kedalaman 2,5-7,5 m dan titik pengukuran 60-90 m dengan kedalaman 8-24,9 m. Lintasan 3 berarah Barat-Timur, terdapat pada titik pengukuran 40-70 m dengan kedalaman 19-24,9 m dan titik pengukuran 90-140 m dengan kedalaman 2,5-24,9 m. Lintasan 4 berarah Barat-Timur, terdapat pada titik 40,5-70 m dengan kedalaman 12,8-24,9 m. Lintasan 5 berarah Barat-Timur, terdapat pada titik pengukuran 70-100 m dengan kedalaman 18,5-31,9 m. Nilai resistivitas sedang ($>100 \Omega m$) berada di atas lapisan resistivitas rendah dan menerobos lapisan resistivitas tinggi pada setiap lintasan pengukuran, diidentifikasi sebagai batuan genes. Resistivitas tinggi ($>200 \Omega m$), membentang disepanjang lintasan pengukuran dengan kedalaman yang bervariasi, diidentifikasi batuan kuarsit.

Research on weak zones at the epicenter of the earthquake in the Lalolae District of East Kolaka Regency was conducted using the Wenner 2D resistivity geophysical method. This study involved five measurement lines, each 150 meters in length, with a spacing of 10 meters between electrodes. Data analysis revealed heterogeneous resistivity values across each line, ranging from low to high resistivity at varying depths. Low resistivity ($<100 \Omega m$) was associated with sandy alluvium, resulting from the weathering of schistose rock, which has been identified as a weak zone. Line 1 extends from west to east, with a weak zone identified at measurement points 50.5-80.5 m and a depth of 12.8-24.9 m. Line 2 also runs from west to east, exhibiting a weak zone at measurement points 10.5-30 m with a depth of 2.5-7.5 m, and at measurement points 60-90 m with a depth of 8-24.9 m. Line 3, running from west to east, shows weak zones at measurement points 40-70 m with a depth of 19-24.9 m and at measurement points 90-140 m with a depth of 2.5-24.9 m. Line 4, also running west to east, has a weak zone located at measurement points 40.5-70 m with a depth of 12.8-24.9 m. Finally, Line 5 extends from west to east, revealing a weak zone at measurement points 70-100 m with a depth of 18.5-31.9 m. Medium resistivity values ($>100 \Omega m$) are found above the low resistivity layer and penetrate the high resistivity layer along each measurement path, which is associated with granite rock. High resistivity ($>200 \Omega m$), observed along the measurement path at varying depths, is identified as quartzite rock.

Copyright © 2026 Author(s).

I. PENDAHULUAN

Indonesia berada pada jalur cincin api pasifik (*Ring of Fire*), yaitu zona pertemuan lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Hal ini menyebabkan Indonesia memiliki kondisi tektonik yang kompleks, sehingga berpotensi mengalami bencana alam seperti gempabumi, tsunami, dan gunung api (Tiyow et al., 2022). Bencana alam merupakan faktor utama penyebab rusaknya habitat makhluk hidup di bumi (Nazmfar et al., 2019) dan menimbulkan kerugian baik materi maupun nonmateri, seperti jatuhnya korban jiwa, hilangnya harta benda dan rusaknya bangunan hingga terganggunya psikis masyarakat.

Berdasarkan katalog gempabumi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, hampir seluruh daerah di Indonesia memiliki tingkat kejadian gempabumi yang cukup tinggi, salah satunya adalah pulau Sulawesi. Pulau Sulawesi terletak di zona pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Eurasia di Barat, lempeng Pasifik di Timur, dan lempeng Filipina. Hal ini menyebabkan pulau Sulawesi termasuk dalam wilayah-wilayah yang paling aktif di Indonesia dan fenomena geologis yang kompleks dan rumit (Van Gorsel, 2013 dalam Triani et al., 2021).

Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika stasiun Kendari melaporkan bahwa pada tanggal 29 Januari 2025 telah terjadi gempabumi dengan magnitudo 5,1 dan tercatat memiliki intensitas guncangan hingga V MMI. Akibat getaran tanah yang terjadi selama gempa bumi, akan menyebabkan melemahnya batuan dan sedimen di bawah permukaan yang tidak terkonsolidasi hingga mencapai titik dimana material tersebut tidak dapat mempertahankan stabilitasnya (Hasria & Sara Septiana, 2024).

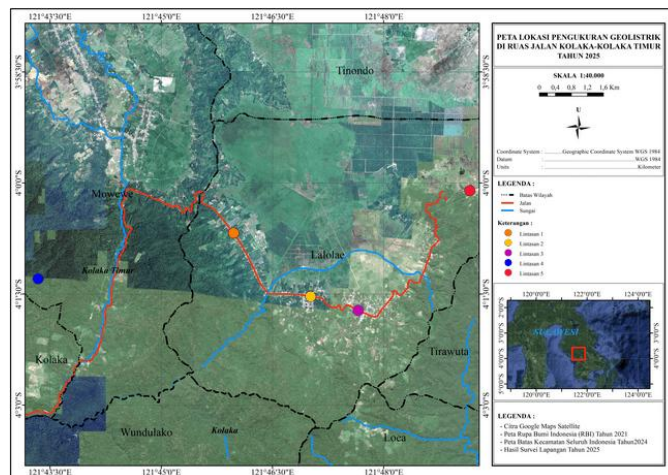
Zona lemah adalah area relatif lemah yang terletak di bawah permukaan, terdiri dari massa tanah/batuan, ketika massa tanah/batuan tersebut mengalami tegangan diferensial maka akan mudah retak/pecah dibandingkan dengan massa tanah/batuan di sekitarnya (Susilo, Idmi, et al., 2023). Jenis batuan pada zona lemah adalah aluvial, batupasir, tanah liat, dan lempung (Saputra et al., 2024). Aktivitas manusia merupakan salah satu penyebab kerusakan pada zona lemah di bawah permukaan yang sebelumnya stabil (Salman & Al-Rahim, 2024). Seringkali suatu bangunan berada di atas permukaan zona lemah, yang menyebabkan bangunan tersebut rawan terjadi kerusakan akibat likuifaksi, amblesan tanah dan gempa bumi (Minardi et al., 2020). Selain itu, faktor geologi di suatu wilayah juga menjadi salah satu penyebab meningkatnya bahaya dan lemahnya lubang amblesan di beberapa wilayah (Al-Heety et al., 2022). Sehingga penting untuk dilakukan penelitian terkait zona lemah pada wilayah-wilayah rawan bencana alam seperti gempabumi sebagai upaya mitigasi bencana untuk mengurangi kerugian baik materi maupun non materi.

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk menyelidiki bawah permukaan adalah metode geolistrik resistivitas melalui pengukuran resistansi listrik (Al-Saady et al., 2022). Metode geolistrik dianggap sebagai metode terbaik untuk survei struktur bawah tanah dan lapisan bawah permukaan (Acharya et al., 2023). Prinsip metode geolistrik resistivitas adalah menginjeksikan arus (I) ke dalam tanah melalui 2 (dua) elektroda arus, kemudian mengukur beda potensial (ΔV) melalui 2 (dua) elektroda potensial sehingga dapat dihitung nilai resistivitas (ρ) material di bawah permukaan bumi (Susilo, Juwono, et al., 2023). Resistivitas merupakan besaran atau parameter yang menunjukkan mudah atau tidaknya arus listrik melewati suatu material. Nilai resistivitas tinggi menunjukkan bahwa material tersebut sulit untuk dilewati arus listrik, begitupun sebaliknya (Marjuni et al., 2015). Zona lemah pada batuan memiliki nilai resistivitas rendah, hal ini disebabkan karena batuan memiliki porositas tinggi serta memiliki tingkat kepadatan tanah sangat lepas.

II. METODE

2.1 Lokasi dan Geologi Daerah Penelitian

Pengukuran geolistrik dilakukan di Kecamatan Lalolae, Kabupaten Kolaka Timur sebanyak 5 (lima) lintasan. Lokasi penelitian merupakan titik episenter gempabumi yang terjadi pada bulan Januari Tahun 2025 di Kolaka Timur. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1, berikut:

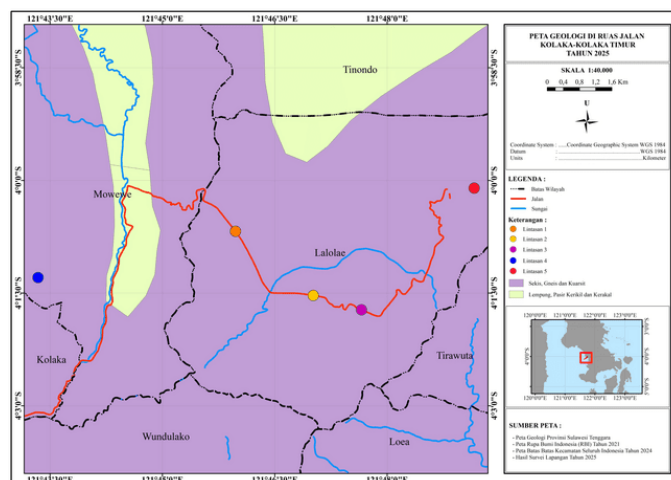


Gambar 1 Peta Lokasi Pengukuran

Titik koordinat pengukuran setiap lintasan dapat dilihat pada Tabel 1, berikut:

Tabel 1 Titik Koordinat Pengukuran Setiap Lintasan	
Lintasan Pengukuran	Koordinat
Lintasan 1	4°00.6309' LS - 121°44.5940' BT
Lintasan 2	4°00.9150' LS - 121°44.4771' BT
Lintasan 3	4°03.1142' LS - 121°43.4682' BT
Lintasan 4	4°03.0850' LS - 121°43.3381' BT
Lintasan 5	4°03.1558' LS - 121°42.9024' BT

Berdasarkan peta geologi lembar Kolaka 1:250.000, stratigrafi regional daerah penelitian berada dalam Formasi kompleks mekongga atau batuan malihan Paleozoikum (Pzm) yang berumur karbon (Paleozoikum). Kompleks batuan malihan terdiri dari sekis, genes dan kuarsit. Peta geologi regional daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Peta Geologi daerah Penelitian

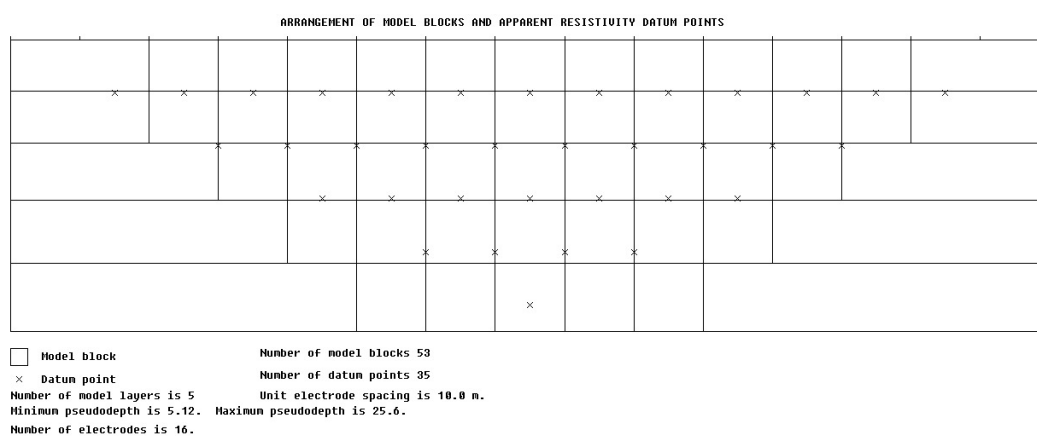
2.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Akuisisi data di lapangan dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner yang bertujuan untuk memetakan zona lemah di lapisan bawah permukaan. Peralatan yang digunakan adalah *resistivitymeter* tipe *S-field Multichanel*, 16 elektroda (arus dan potensial), dua gulung kabel, dua buah aki kering masing-masing 12 volt, palu, meteran, laptop dan GPS. Pengukuran resistivitas dilakukan secara langsung di lokasi penelitian dengan mengambil 5 (lima) lintasan sejajar dengan jalan. Panjang masing-masing lintasan adalah 150 meter, *stacking chart*

konfigurasi Wenner 2D dapat dilihat pada Gambar 3. Adapun prosedur pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lintasan pengukuran dan arah lintasan
2. Memasang 16 elektroda, dengan jarak antar elektroda adalah 10 meter
3. Menyusun rangkaian alat *resistivitymeter*
4. Mengaktifkan *resistivitymeter* kemudian mengatur konfigurasi yang akan digunakan pada software Geores, pada penelitian ini dipilih konfigurasi Wenner.
5. Menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda yang sudah terpasang.
6. Melakukan pengukuran pada lintasan dan mencatat arus listrik (I) dan beda potensial (ΔV) antara 2 (dua) titik elektroda
7. Menghitung nilai resistivitas hasil pengukuran.

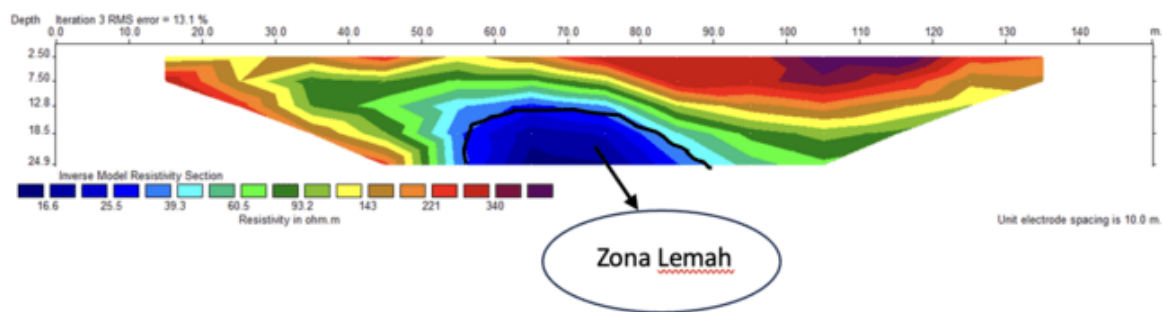
Data yang diperoleh di lapangan, kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai resistivitas semu, kemudian melakukan proses inversi menggunakan *software* Res2Dinv untuk mendapatkan model penampang 2D resistivitas bawah permukaan daerah penelitian.



Gambar 3 Stacking chart Konfigurasi Wenner dengan Spasi 10 meter

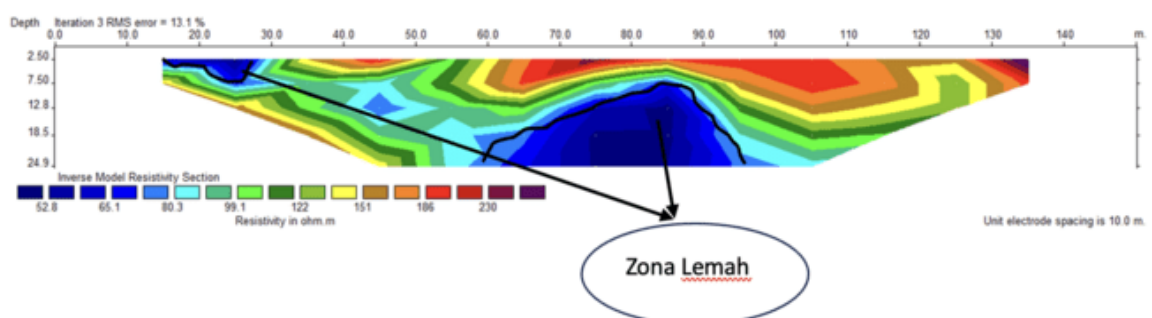
III. HASIL DAN DISKUSI

Penampang resistivitas 2D untuk lintasan 1 (Gambar 4a) menunjukkan lokasi resistivitas rendah (warna biru) dengan nilai 16,6-39 Ωm , pada kedalaman 12,8 meter di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 24,9 meter. Lokasi resistivitas rendah berada ditengah titik pengukuran dan membentang sekitar 30 m secara lateral, terisolasi diantara batuan resistivitas sedang (warna hijau) dengan nilai 60,5-93,2 Ωm . Pada titik pengukuran 40-120 meter terdapat lokasi resistivitas sedang dengan kedalaman mulai 7,5 meter di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 24,9 meter. Lapisan ini membentang sekitar 80 meter secara lateral dengan kedalaman yang bervariasi. Pada titik pengukuran 90-130 meter, resistivitas sedang terdapat pada kedalaman 18,5 m di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 24,9 meter, sedangkan nilai resistivitas tinggi (warna kuning cokelat-ungu tua) dengan nilai 143-340 Ωm tersebar hampir disepanjang titik pengukuran dengan kedalaman bervariasi. Pada titik pengukuran 10-20 meter, membentang selebar 15 meter secara diagonal dengan kedalaman mulai dari 3 meter di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 24,9 meter. Pada titik pengukuran 70-130 meter, membentang sekitar 60 meter secara lateral dengan kedalaman mulai dari 2,5 meter di bawah permukaan hingga kedalaman 12,8 meter. Batuan penyusun pada daerah penelitian adalah batuan metamorf, yaitu berada pada formasi Kompleks Mekongga (Pzm) yang tersusun oleh sekis, genes, dan kuarsit berumur paleozoikum (Sarfat et al., 2023). Keberadaan sekis mika yang memiliki sifat fisik mudah rapuh, dan berlembar tipis memiliki foliasi dan terdapat banyak kekar. Sifat fisik batuan metamorf memberikan dampak kestabilan batuan menjadi buruk. Selain itu, keberadaan sesar aktif juga berpengaruh terhadap kestabilan batuan di daerah penelitian. Hasil lapukan batuan sekis (aluvial pasir) pada daerah penelitian, diidentifikasi sebagai zona lemah dan memiliki nilai resistivitas rendah ($<100 \Omega\text{m}$),



Gambar 4a Penampang Resistivitas 2D Lintasan 1

Penampang resistivitas 2D pada lintasan 2 (Gambar 4b) menunjukkan nilai resistivitas yang tidak homogen. Resistivitas rendah (52,8-65,1 Ωm) tersebar pada titik pengukuran 15-28 meter dengan kedalaman permukaan sekitar 5 meter. Nilai resistivitas rendah juga terdapat pada bagian tengah titik pengukuran yang membentang secara lateral sekitar 30 meter dengan kedalaman 8 meter di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 24,9 meter. Di atas lapisan ini, terdapat lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas sedang dan tinggi. Nilai resistivitas sedang yang ditandai warna hijau (99,1-122 Ωm) membentang dari titik pengukuran 30 m hingga 125 meter dengan kedalaman yang bervariasi. Pada titik 30-55m, kedalamannya mulai 7,5 m di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 24,9 m. Lapisan batuan resistivitas tinggi (151-230 Ωm) yang ditandai warna kuning kecoklatan hingga ungu tua, membentang dari titik pengukuran 35-135 meter dengan kedalaman bervariasi. Pada titik pengukuran 95-15 m, batuan resistivitas tinggi berada pada kedalaman 2,5 meter di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 13 meter. Dari Gambar 4b, dapat dilihat lapisan batuan resistivitas rendah hingga sedang menerobos lapisan batuan resistivitas tinggi pada titik pengukuran 10-55 meter dan titik pengukuran 125 meter.

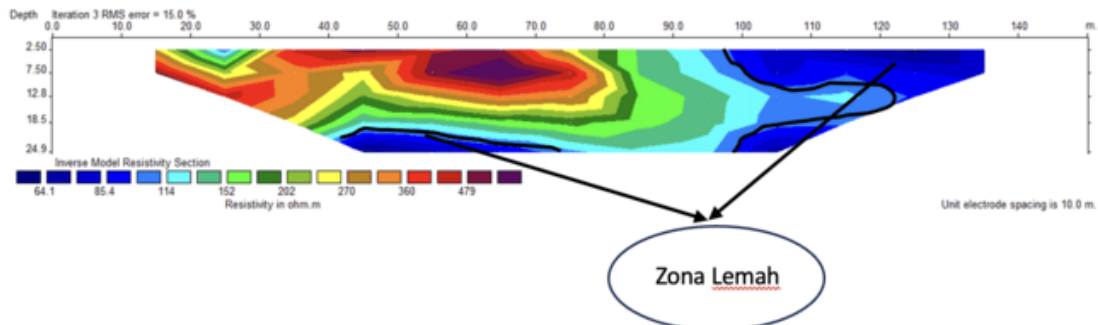


Gambar 4b Penampang Resistivitas 2D Lintasan 2

Penampang resistivitas 2D pada lintasan 3 (Gambar 4c) menunjukkan lokasi nilai resistivitas rendah pada titik pengukuran 40-70 meter, lapisan ini berada di bawah lapisan resistivitas tinggi dan sedang dengan kedalaman mulai dari 19 meter di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 24,9 meter, dan lapisan ini terhubung hingga ke titik pengukuran 90-140 meter dengan kedalaman 2,5 meter di bawah permukaan hingga kedalaman 24,9 meter. Nilai resistivitas sedang (114-202 Ωm) yang ditandai dengan warna hijau, terdapat pada titik pengukuran 20-30 m dengan kedalaman 5 meter. Lapisan resistivitas sedang juga terlihat pada titik pengukuran 40-90 meter, dengan kedalaman yang bervariasi mulai dari kedalaman 2,5 meter di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 18,5 meter. Gambar 4c menunjukkan lokasi lapisan resistivitas tinggi (270-479 Ωm) pada titik pengukuran 10-75 meter dengan kedalaman 2,5 hingga 15 meter. Lapisan resistivitas tinggi, menyusup dan memisahkan lapisan resistivitas sedang.

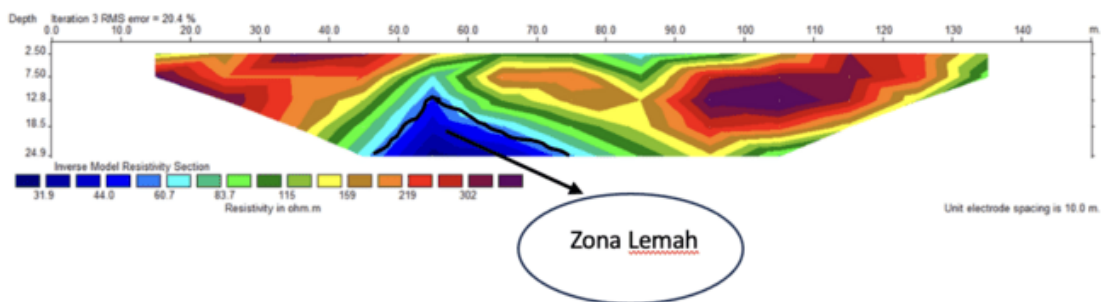
Penampang resistivitas 2D pada lintasan 4 (Gambar 4d) menunjukkan lokasi nilai resistivitas rendah (31,9-60,7 Ωm) pada titik pengukuran 45-70 meter dengan kedalaman 12,8 di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 24,9 meter. Lapisan ini terisolasi di antara batuan dengan resistivitas sedang. Nilai resistivitas sedang (83,7-115 meter) membentang selebar 50 meter dengan kedalaman bervariasi. Lapisan ini menerobos lapisan batuan resistivitas tinggi pada titik pengukuran 50-90 meter, sehingga berada pada kedalaman dangkal yaitu 2,5 meter di bawah permukaan. Batuan resistivitas tinggi (159-302 Ωm) yang ditandai dengan warna kuning kecokelatan hingga ungu tua, juga terdapat pada

lintasan 4, berdasarkan Gambar 4d dapat dilihat bahwa pada titik pengukuran 0-50 meter membentang secara lateral dengan kedalaman 2,5 meter di bawah permukaan hingga mencapai kedalaman 18,5 meter. Resistivitas tinggi juga membentang dari titik pengukuran 65-130 meter dengan kedalaman 2,5 meter-24,9 meter.

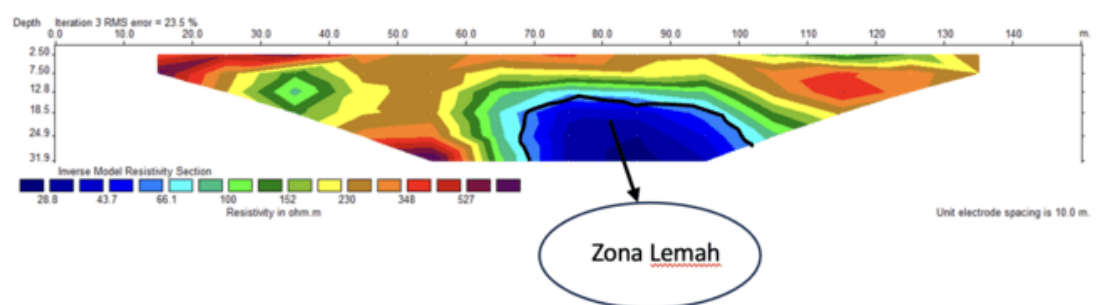


Gambar 4c Penampang Resistivitas 2D pada Lintasan 3

Penampang resistivitas 2D pada lintasan 5 (Gambar 4e) menunjukkan lokasi nilai resistivitas rendah (28,8-66,1 Ωm) yaitu pada titik pengukuran 70-100 meter dengan kedalaman 18,5 meter di bawah permukaan hingga kedalaman 31,9 meter. Lapisan resistivitas rendah terisolasi di dalam lapisan resistivitas sedang (100-152 Ωm). Lapisan resistivitas sedang juga terdapat pada titik pengukuran 30-50 meter yang berada diantara lapisan batuan resistivitas tinggi (230-527 Ωm) yang ditandai dengan warna merah. Batuan resistivitas tinggi membentang secara lateral pada lintasan 5, batuan resistivitas tinggi diidentifikasi sebagai batuan metamorf atau batuan malihan paleozoikum (Pzm) yang berumur Karbon yang terdiri dari batuan sekis, genes, dan kuarsit.



Gambar 4d Penampang Resistivitas 2D pada Lintasan 4



Gambar 4e Penampang Resistivitas 2D pada Lintasan 5

Berdasarkan hasil analisis data yang disesuaikan dengan nilai resistivitas batuan dan peta geologi lembar Kolaka 1:250.000, batuan penyusun pada daerah penelitian yaitu batuan metamorf formasi Mekongga atau batuan Malihan Paleozoikum (Pzm) yang berumur Karbon, yang terdiri dari sekis, genes dan kuarsit. Secara umum, diperoleh bahwa batuan yang terdapat pada setiap lintasan pengukuran di lokasi penelitian, memiliki nilai resistivitas yang beragam dari rendah hingga tinggi. Nilai resistivitas tinggi (warna kuning cokelat-ungu tua) $>200 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai batuan kuarsit yang lebih kompak/keras. Nilai Resistivitas sedang (warna hijau) $>100 \Omega\text{m}$, pada lokasi penelitian diidentifikasi sebagai batuan genes. Sedangkan nilai resistivitas rendah yang ditandai dengan warna biru tua dengan nilai resistivitas $<100 \Omega\text{m}$, diidentifikasi sebagai aluvial pasir hasil lapukan sekis. Nilai

resistivitas rendah (warna biru) pada daerah penelitian diidentifikasi sebagai zona lemah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu, bahwa zona lemah memiliki nilai resistivitas rendah (Rønning et al., 2014). Zona lemah merupakan lapisan batuan yang memiliki porositas tinggi, sehingga dapat mengandung banyak air seperti aluvial pasir. Material ini akan menjadi lemah ketika tercampur dengan air. Nilai resistivitas rendah juga diduga adanya lapisan akuifer atau air di dalam tanah (Alzahrani et al., 2022). Batuan yang mengandung banyak air bersifat konduktif, yaitu mudah menghantarkan arus listrik. Dimana, nilai konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitas. Semakin tinggi konduktivitas suatu batuan, maka semakin rendah nilai resistivitasnya begitupun sebaliknya.

IV. KESIMPULAN

Penampang resistivitas listrik 2D memberikan gambaran yang jelas tentang litologi bawah permukaan pada lokasi penelitian. Nilai resistivitas rendah ($< 100 \Omega\text{m}$) yang ditandai warna biru, terlihat pada setiap lintasan pengukuran dengan kedalaman yang bervariasi. Resistivitas rendah pada setiap lintasan diidentifikasi sebagai aluvial pasir hasil lapukan sekis, merupakan zona lemah. Pada lintasan 1, zona lemah terdapat pada titik pengukuran 50,5-80,5 m dengan kedalaman 12,8-24,9 m. Lintasan 2, zona lemah terdapat pada titik pengukuran 10,5-30 m dengan kedalaman 2,5-7,5 m dan titik pengukuran 60-90 m dengan kedalaman 8-24,9 m. Lintasan 3, zona lemah terdapat pada titik pengukuran 40-70 m dengan kedalaman 19-24,9 m dan titik pengukuran 90-140 m dengan kedalaman 2,5-24,9 m. Lintasan 4, zona lemah terdapat pada titik 40,5-70 m dengan kedalaman 12,8-24,9 m. Sedangkan pada lintasan 5, zona lemah terdapat pada titik pengukuran 70-100 m dengan kedalaman 18,5-31,9 m. Resistivitas sedang ($> 100 \Omega\text{m}$) berada di atas lapisan resistivitas rendah dan menerobos lapisan resistivitas tinggi pada setiap lintasan pengukuran, diidentifikasi sebagai batuan granit. Resistivitas tinggi ($> 200 \Omega\text{m}$), membentang disepanjang lintasan pengukuran dengan kedalaman yang bervariasi, diidentifikasi batuan kuarsit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF DAN TEKNOLOGI BERBASIS AI

GPT hanya digunakan untuk mengoreksi kesalahan tata bahasa dan tipografi. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi dan integritas publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, M., Shrestha, K., ... K. B.-J. E. S. C., & 2023, U. (2023). Comparative Study of Two Geophysical Methods to Investigate the Depth of Weak Zone: A Case Study of Kulekhani-I Hydroelectric Project Dam, Makwanpur. *Researchgate.NetM Acharya, KK Shrestha, K Bhandari, A TimilsinaJ Earth Sci Clim Change*, 2023•*researchgate.Net*, 14(December), 6–14. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000737>
- Al-Heety, A. J. R., Shanshal, Z. M., & Al-Mashhadany, A. Y. (2022). Application of Multi-Channel Analysis Surface Waves and Electrical Resistivity Tomography Methods to Identify Weak Zones at University of Mosul, Northern Iraq. *Iraqi Geological Journal*, 55(1), 47–69. <https://doi.org/10.46717/igj.55.1D.4Ms-2022-04-20>

- Al-Saady, H. A., Karim, H. H., & AL-Menshed, F. H. (2022). Comparison of Three Electrical Resistivity Arrays to Investigate Weak Zones in Soil, along a Profile Southeast Baghdad City, Iraq. *Iraqi Journal of Science*, 63(11), 4793–4798. <https://doi.org/10.24996/ijs.2022.63.11.18>
- Alzahrani, H., Abdelrahman, K., & Hazaea, S. A. (2022). Use of geoelectrical resistivity method for detecting near-surface groundwater potential zones at Riyadh city, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University - Science*, 34(7), 102253. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102253>
- Hasria, & Sara Septiana. (2024). *Geologi Dasar (Edisi Pertama)* (p. 178). deepublish, Yogyakarta.
- Marjuni, Wahyono, S. C., & Siregar, S. S. (2015). Identifikasi Litologi Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Pada Jalan Trans Kalimantan Yang Melewati Daerah Rawa Di Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. *Jurnal Fisika FLUX*, 12 No. 1(2010), 53–62.
- Minardi, S., Yudiana, R., & Alaydrus, A. T. (2020). Korelasi Hambatan Jenis dan Hambatan Konus untuk Identifikasi Zona Lemah Di Desa Sekotong Barat, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, 2(2). <https://doi.org/10.29303/jppfi.v2i2.73>
- Nazmfar, H., Saredeh, A., Eshgi, A., & Feizizadeh, B. (2019). Vulnerability evaluation of urban buildings to various earthquake intensities: a case study of the municipal zone 9 of Tehran. *Human and Ecological Risk Assessment*, 25(1–2), 455–474. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1556086>
- Rønning, J. S., Ganerød, G. V., Dalsegg, E., & Reiser, F. (2014). Resistivity mapping as a tool for identification and characterisation of weakness zones in crystalline bedrock: definition and testing of an interpretational model. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73(4), 1225–1244. <https://doi.org/10.1007/s10064-013-0555-7>
- Salman, A. M., & Al-Rahim, A. M. (2024). Integrated Geophysical Methods to Discriminate the Locations of the Subsurface Weakness Zone Areas in the State Company for Glass and Refractories at Al-Ramadi City, Iraq. *Iraqi Geological Journal*, 57(1), 266–274. <https://doi.org/10.46717/igj.57.1E.17ms-2024-5-28>
- Saputra, H., Fadhli, Z., Marwan, Safitri, R., & Syukri, M. (2024). Integrated Geophysical Analysis for Landslide Risk Mitigation: a Case Study on the Weak Zone Area of Jantho-Lamno Route, Aceh, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 26(113), 41–49. <https://doi.org/10.21660/2024.113.4184>
- Sarfat, M. R., Hasria, H., Ngkoimani, L. O., Okto, A., Arisona, A., Muliddin, M., La Hamimu, L. H., Hasan, E. S., & Haraty, S. R. (2023). Kualitas dan Kelas Batubara di Kecamatan Uluiwoi Kabupaten Kolaka Timur, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 5(3), 151–162. <https://doi.org/10.14710/jgt.5.3.2022.151-162>
- Susilo, A., Idmi, M. H., Hasan, M. F. R., Saragih, D. A., Suryo, E. A., & Agung, P. A. M. (2023). Mapping Weak Soil Zones Using Geoelectrical Resistivity for Bridge Construction in Rokan Hulu, Indonesia. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 18(5), 1103–1109. <https://doi.org/10.18280/ij dne.180511>
- Susilo, A., Juwono, A. M., Aprilia, F., Hisyam, F., Rohmah, S., & Hasan, M. F. R. (2023). Subsurface Analysis Using Microtremor and Resistivity to Determine Soil Vulnerability and Discovery of New Local Fault. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 9(9), 2286–2299. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-09-014>
- Tiyow, S., Silangen, P., & Mandang, T. (2022). Identifikasi Mekanisme Kedalaman Gempa Vulkanik Gunungapi Soputan Menggunakan Data Seismik Vulkanik Dalam Periode April-Mei 2014. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 3(1), 49–54. <https://doi.org/10.53682/fista.v3i1.171>
- Triani, Uman, R., & Sismanto. (2021). 3D Modeling of Subsurface Lawanopo Fault in Southeast Sulawesi , Indonesia Using Grablox and its Consequence to Geohazard. 53(1).