

IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS DI DESA BENTAYAN, KECAMATAN TUNGKAL ILIR, KABUPATEN MUSI BANYUASIN SUMATERA SELATAN

Lusitania¹, Muhammad Agni Gustama^{1*}, Eddy Ibrahim¹, Sri Desdita Komari¹, Aisyah Minzikrina Masbar Rus¹, Putri Dwi Afifah¹, dan Nyimas Ulfatry Utami¹

¹Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author e-mail: agnigustama@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK: Penelitian geolistrik tahanan jenis (resistivitas) dilaksanakan di Desa Bentayan, Kecamatan Tungal Ilir, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan serta menilai potensi akuifer dangkal. Akuisisi data dilakukan pada enam lintasan (1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c) sepanjang ± 128 m menggunakan konfigurasi Wenner–Schlumberger. Data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak RES2DINV untuk memperoleh penampang resistivitas dua dimensi. Korelasi pengukuran geolistrik dengan kondisi geologi berada pada formasi muaraenim dan endapan rawa. Hasil interpretasi menunjukkan daerah penelitian didominasi oleh material jenuh air berupa lapisan lempung dan lempung berpasir dengan resistivitas rendah hingga sedang (± 5 – $25 \Omega m$). Pada kedalaman 15–35 m terdapat selang-seling batubara muda dan lanau keras dengan resistivitas 60–200 Ωm yang berperan sebagai lapisan kompak (aquitard). Berdasarkan analisis terdapat indikasi keberadaan bidang gelincir dan tekanan air pori lateral yang berpotensi memengaruhi kestabilan pondasi akibat adanya dua lintasan (1a dan 2a) sejajar dengan lokasi tiang dermaga.

Kata Kunci: geolistrik, tahanan jenis, resistivitas 2D, akuifer dangkal, Musi Banyuasin

ABSTRACT: Geoelectrical resistivity investigation was undertaken in Bentayan Village, Tungal Ilir District, Musi Banyuasin Regency, South Sumatra Province, to delineate subsurface structures and assess the potential of shallow aquifers. Data were acquired along six survey lines (1a, 1b, 1c, 2a, 2b, and 2c), each approximately 128 m in length, employing the Wenner–Schlumberger electrode configuration. The datasets were processed using RES2DINV software to produce two-dimensional resistivity profiles. Integration of the geoelectric results with regional geological information indicates that the site is predominantly associated with the Muaraenim Formation and adjacent peatland deposits. Interpretation of the resistivity sections reveals that the subsurface is chiefly composed of water-saturated clay and sandy-clay strata exhibiting low to moderate resistivity values (approximately 5–25 Ωm). At depths between 15 m and 35 m, alternating layers of young coal and consolidated silt with resistivity values of 60–200 Ωm function as compact aquitards. Detailed analysis of survey lines 1a and 2a, which are spatially aligned with a tilted pier pile, suggests the presence of a potential slip plane and lateral pore-water pressure that may compromise foundation stability.

Keywords: geoelectrical survey, resistivity, 2D inversion, shallow aquifer, Musi Banyuasin.

1 Pendahuluan

Tanah rawa umumnya memiliki kadar air tinggi, indeks plastisitas besar, dan daya dukung rendah sehingga rentan mengalami penurunan diferensial dan kegagalan pondasi (Huat et al., 2005; Long, 2001), [1,2]. Pada beberapa kasus, menurut Indrawan et al., 2019 dan Bozzano et al., 2018 bahwa lapisan lempung jenuh air terbukti berperan

sebagai zona lemah yang memicu pergeseran lateral ketika dibebani struktur, terutama pada area pelabuhan dan delta sungai [3,4]. Metode geolistrik resistivitas banyak digunakan untuk mendeteksi zona jenuh air, bidang gelincir, dan ketidakmenerusan litologi yang berpengaruh terhadap kestabilan struktur menurut Souplos et al., 2007 dan Dahlin & Zhou, 2004 [5,6]. Kondisi tanah rawa yang jenuh air seringkali menjadi

penyebab berkurangnya daya dukung tanah dan meningkatnya risiko deformasi konstruksi. Studi geoteknik menunjukkan bahwa ketidakmenerusan litologi dan tingginya tekanan air pori dapat memicu instabilitas struktur, sebagaimana diungkapkan dalam penelitian kestabilan lereng yang berdekatan dengan jalan umum oleh Lusitania et al. (2025), [7] yang menegaskan bahwa karakter bawah permukaan berperan penting dalam menjaga keamanan infrastruktur.

Ketidakstabilan tanah rawa yang terjadi di Desa Bentayan, atau di area PT. OFN Port Site Bentayan, menunjukan pentingnya studi bawah permukaan. Pada area tersebut terdapat tiang dermaga yang miring, dan berpotensi membahayakan keselamatan pekerja terutama warga sekitar yang sedang sedang bekerja. Berdasarkan kondisi geologi regional dan indikasi awal kemiringan tiang dermaga dikarena adanya zona resistivitas rendah tersusun atas lempung jenuh air dan lempung pasir, yang berperan sebagai zona lemah. Hal ini mengakibatkan tidak mampu menopang beban struktur.

Dengan demikian, diperlukan identifikasi struktur bawah permukaan dengan melakukan pengukuran geolistrik di PT. OFN Port Site Bentayan, melalui kegiatan pengabdian Masyarakat. Kegiatan ini bertujuan memberikan gambaran kondisi bawah permukaan pada tiang dermaga yang miring, sehingga dapat memperbaiki perencanaan pembangunan konstruksi di daerah tersebut.

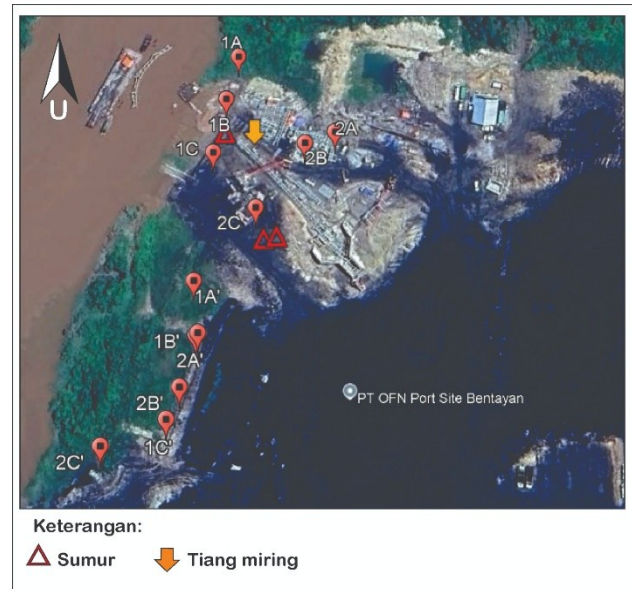
2 Metodologi dan Pelaksanaan

2.1 Lokasi

Kegiatan pengabdian dilakukan di PT. OFN Port Site Bentayan yang berlokasi di Karang Agung, Kecamatan Lalan, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatra Selatan. Gambar 2.1 menunjukan denah letak enam *line* penampang hasil pengukuran geolistrik 2D di PT. OFN Port Site Bentayan. Enam lintasan geolistrik dibagi menjadi sub lintasan 1 dan sub lintasan 2 karena jarak lintasan cukup berdekatan. Lintasan 1 meliputi lintasan 1a, 1b dan 1c yang menghadap ke arah utara-selatan 185° S, (X: 398233 Y: 9732366 sampai X: 398209 Y: 9732193) dengan panjang lintasan 128 meter. Lintasan 2 terdiri dari lintasan 2a, 2b dan 2c memiliki arah orientasi timur laut-barat daya, 208° SW (X: 398280 Y: 9732355 sampai X: 398180 Y: 9732182) dengan panjang lintasan 128 meter.

Mata panah warna oranye yang ditunjukan pada Gambar 2.1 merupakan letak tiang dermaga yang miring

di lokasi pengabdian. Tiang dermaga yang miring menjadi fokus utama dari pengambilan data di lapangan. Lintasan geolistrik dipilih sesuai garis kuning di Gambar 2.1. karena keterbatasan teknis membuat lokasi di dekat tiang dermaga miring tidak dapat diukur. Lintasan 1a hingga 2c dibuat sebagai alternatif karena dianggap mewakili kondisi bawah permukaan di *site*.



Gambar 2.1. Lokasi lintasan geolistrik.

2.2 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode Resistivitas adalah salah satu dari metode geolistrik yang digunakan untuk menyelidiki struktur bawah permukaan berdasarkan perbedaan resistivitas batuan. Dasar dari metode resistivitas adalah hukum ohm yaitu dengan cara mengalirkan arus kedalam bumi melalui elektroda arus dan mengukur potensialnya di permukaan bumi dengan menggunakan elektroda potensial (Telford, 1990), [8].

Metode resistivitas merupakan salah satu metode geolistrik yang bersifat aktif, yaitu memerlukan sumber yang dibuat secara buatan (artifisial). Metode ini umum dipakai untuk identifikasi endapan mineral, panas bumi, batubara serta pencarian akuifer air tanah. Rumus metode resistivitas adalah sebagai berikut:

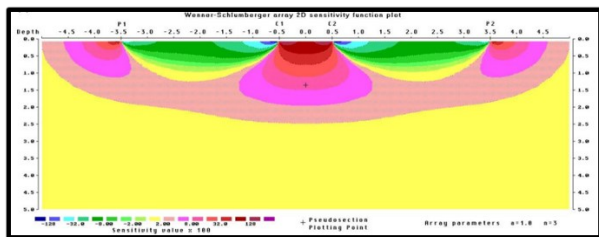
$$\rho = k \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Keterangan:

ρ = resistivitas
 k = faktor geometri
 ΔV = beda potensial
 I = kuat arus

2.3 Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Konfigurasi wenner- schlumberger adalah penggabungan antara konfigurasi geolistrik wenner dan Schlumberger (Pazdirek dan Blaha 1996), [9]. Konfigurasi Schlumberger klasik adalah konfigurasi yang paling umum dipakai untuk survey *resistivity sounding*. Konfigurasi ini dapat digunakan dalam sistem dengan elektroda yang diatur dengan jarak yang tetap. faktor “n” dari konfigurasi ini adalah rasio dari jarak antara elektroda C1-P1 (atau P2-C2) dengan spasi antara P1-P2. (Locke, 2004), [10]. Gambar 2.1. menunjukkan pola sensitivitas pembacaan konfigurasi wenner-schlumberger meningkat dari 1 (konfigurasi wenner) sampai 6 (Konfigurasi schlumberger). Area dengan nilai sensitivitas positif (warna merah hingga ungu) berada di pusat lintasan dan menjadi lebih terkonsentrasi di bawah elektroda P1-P2 ketika nilai “n” meningkat.

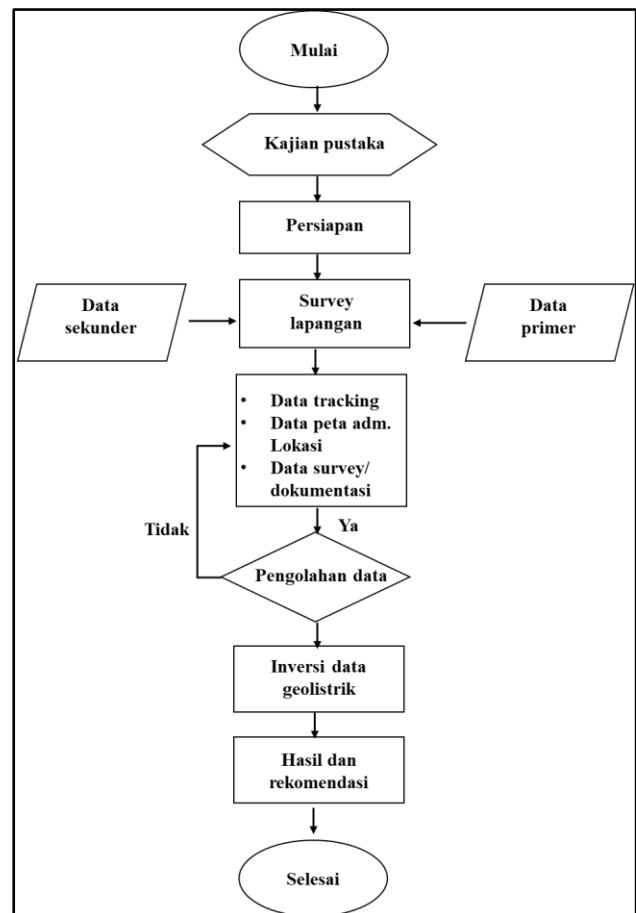


Gambar 2.1. Pola sensitivitas pembacaan konfigurasi wenner- schlumberger.

Konfigurasi ini baik untuk pemetaan secara horizontal (untuk n dengan nilai rendah) dan vertical (untuk n dengan nilai tinggi). Konfigurasi ini adalah jalan tengah untuk pemetaan secara lateral dan vertical. Kedalaman investigasi rata-rata dari konfigurasi ini lebih besar 10 % dari konfigurasi Wenner untuk jarak C1 dan C2 yang sama dengan nilai “n” lebih besar daripada 3. Kekuatan sinyal dari konfigurasi ini lebih lemah dari konfigurasi Wenner tetapi lebih besar daripada konfigurasi dipole-dipole dan kekuatan sinyalnya dua kali lebih kuat dari konfigurasi pole-dipole (Locke, 2004), [10].

2.4 Diagram Alir Kegiatan

Kegiatan pengabdian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas untuk melakukan pemetaan struktur bawah permukaan. Gambar 2.2. menunjukkan alur kegiatan pengabdian. Langkah pertama yang dilakukan adalah kajian pustaka sebagai dasar referensi interpretasi data geolistrik. Kajian pustaka berupa peta geologi regional lembar Palembang serta penelitian-penelitian terkait. Tahapan persiapan meliputi perencanaan lintasan pengukuran geolistrik berdasarkan data citra satelit.



Gambar 2.2. Diagram alir kegiatan.

Tahapan survei lapangan dilakukan dengan mengamati dan turun langsung ke lapangan untuk mencari informasi geologi maupun permukaan yang dapat mempengaruhi pembacaan data. Masukan data primer pada tahapan ini diperoleh dari hasil pengukuran Geolistrik dan pengamatan lapangan.

Tahapan pengolahan data berdasarkan data pengukuran geolistrik serta data-data tambahan lain seperti data

tracking, data peta, administrasi, serta data dokumentasi lapangan. Bila data-data tersebut dianggap sesuai dengan kaidah geologi, maka akan dilanjutkan ke tahap inversi geolistrik untuk mengembalikan data geolistrik ke kondisi geologi yang sebenarnya. Bila belum, maka perlu mencari data-data tambahan karena data tersebut tidak representatif dengan kondisi geologi yang sebenarnya.

Tahapan inversi adalah pengolahan data geolistrik menggunakan *software* RES2DINV yang bertujuan untuk mengembalikan data geolistrik dengan parameter-parameter yang sesuai dengan keadaan geologi yang sebenarnya. Hal ini disebabkan karena pengukuran data di lapangan menggunakan asumsi bahwa kondisi bawah permukaan bersifat homogen, meskipun keadaan di alam tidak ada kondisi bawah permukaan yang homogen. Tahapan setelah inversi adalah penampang geolistrik 2D dan 2.5D yang dapat digunakan untuk rekomendasi pengelolaan tambang di masa mendatang.

3 Hasil Kegiatan

3.1 Penampang Geolistrik

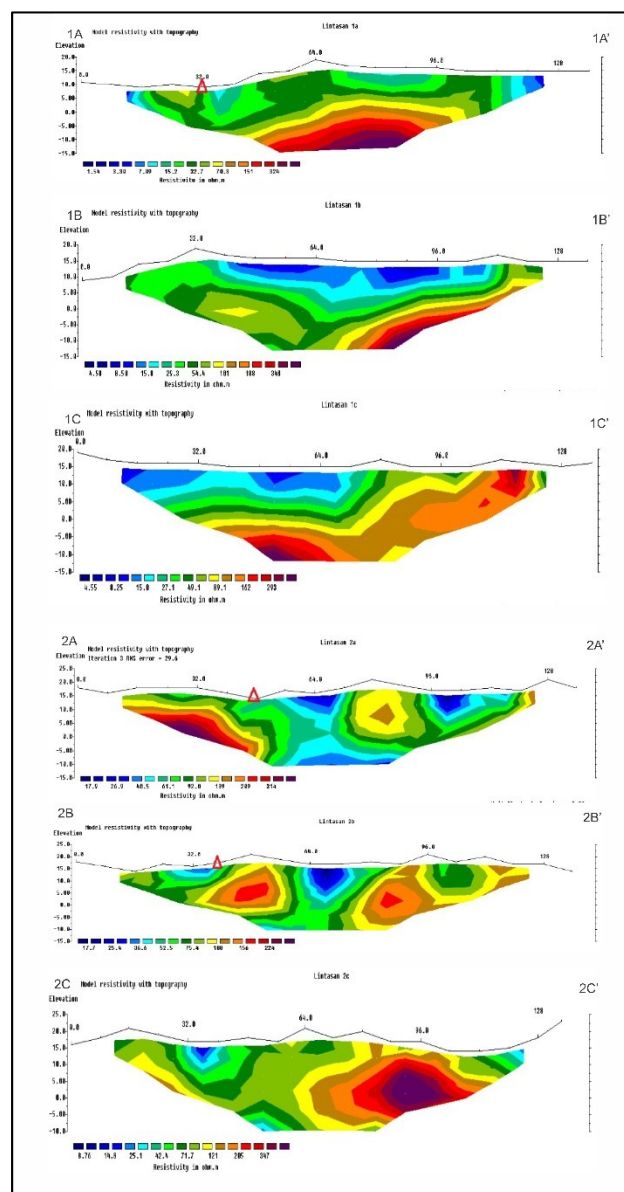
Gambar 3.1. menunjukkan penampang geolistrik lintasan 1a hingga 2c hasil pengukuran di PT. OFN Port Site Bentayan. Zona resistivitas di enam lintasan secara garis besar dibagi menjadi dua zona utama, yaitu zona nilai resistivitas tinggi (diatas 162 Ωm) dan zona resistivitas rendah (dibawah 15 Ωm).

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Palembang (Gafoer et al., 1995), [11] zona dengan nilai resistivitas tinggi diinterpretasikan sebagai lapisan yang tersusun atas perselingan batubara muda dan lanau keras. Hasil interpretasi pada enam lintasan pengukuran menunjukkan adanya dua kecenderungan pola resistivitas tinggi yang berbeda. Zona resistivitas tinggi pada lintasan 1a dan 1c memperlihatkan pola perlapisan yang relatif seragam, sedangkan pada lintasan 1b dan 2a pola resistivitas tinggi tersebut tampak mengindikasikan kemenerusan lapisan dari lintasan di sekitarnya. Adapun lintasan 2b dan 2c menunjukkan pola resistivitas tinggi yang tidak beraturan, menyerupai pola bongkah.

Sementara itu, zona dengan nilai resistivitas rendah berdasarkan interpretasi Peta Geologi Lembar Palembang (Gafoer et al., 1995), [11] tersusun atas lapisan lempung dan lempung pasir an jenuh air. Zona ini umumnya membentuk struktur menyerupai cekungan di dekat permukaan tanah dan tersebar pada seluruh lintasan pengukuran. Struktur cekungan dengan resistivitas rendah

secara umum terletak di sekitar lokasi sumur, sehingga daerah tersebut dapat diinterpretasikan sebagai lapisan akuifer dangkal.

Lintasan 1b dan 1c memiliki daerah cekungan resistivitas rendah terbesar diantara enam lintasan dengan panjang diperkirakan sekitar 72 cm. Kedua cekungan tersebut berada di atas lapisan dengan nilai resistivitas tinggi dengan ketebalan diperkirakan 15 m. Daerah dengan nilai resistivitas rendah yang terdapat di kedalaman 25 m dibawah permukaan lintasan 2a diinterpretasikan sebagai akuifer dalam. Interpretasi tersebut diperkuat dengan adanya sumur air tanah pada jarak 48 m dari lintasan 2a.



Gambar 3.1. Penampang geolistrik lintasan 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, dan 2c.

Zona resistivitas tinggi di enam lintasan tersebut berada dibawah zona resistivitas rendah yang mengindikasikan bahwa kestabilan struktur zona resistivitas rendah ditopang oleh zona resistivitas tinggi. Berdasarkan bentuk-bentuk tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa zona resistivitas tinggi menopang kestabilan struktur dari lapisan diatasnya. Pada lintasan 1a, yang sejajar dengan arah tiang dermaga, membentuk pola lapisan yang menonjang ke arah utara, dengan selisih kedalaman antara permukaan dan zona resistivitas tinggi mencapai sekitar 20 meter. Kondisi ini diduga menjadi salah satu faktor penyebab kemiringan tiang dermaga, karena struktur bawah permukaan tidak kuat untuk menopang tiang dermaga. Interpretasi ini diperkuat oleh kemungkinan bahwa zona resistivitas tinggi di bawah lintasan 1a terdiri atas batu lanau (siltstone), yaitu material yang cenderung menjadi licin ketika mengalami kontak langsung dengan air, sehingga mengurangi kemampuan lapisan tersebut dalam menopang beban struktur di atasnya.

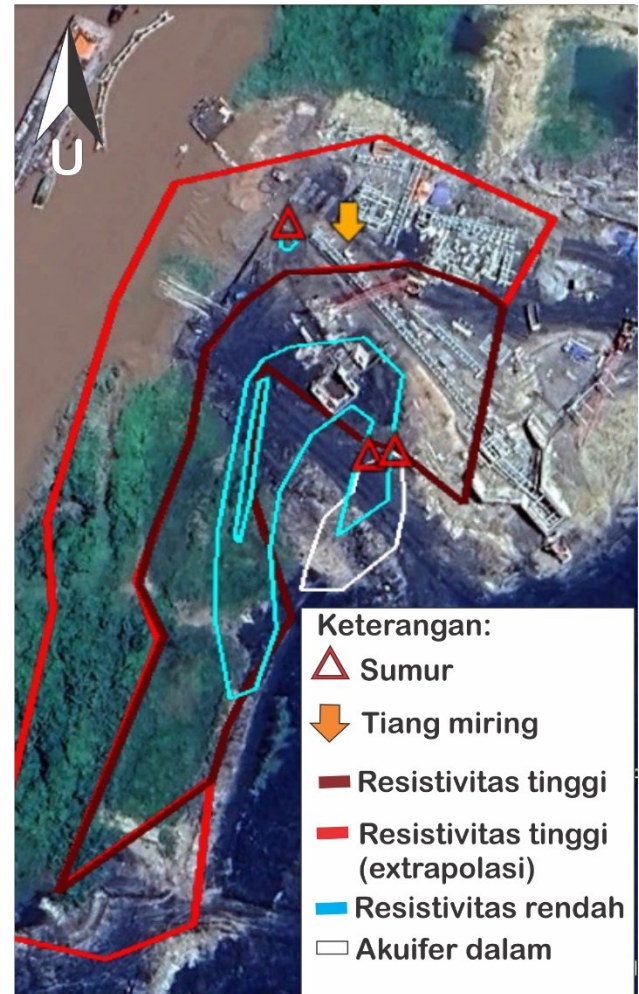
Kondisi serupa dapat ditemukan di lintasan 2a yang sama-sama sejajar dengan tiang dermaga. Struktur yang terdapat di lintasan ini adalah cekungan zona resistivitas rendah yang terdapat diatas zona resistivitas rendah di kedalaman 15 km dibawah permukaan tanah. Zona resistivitas rendah di kedalaman 15 km tersebut diinterpretasikan sebagai akuifer dalam yang dibuktikan dengan adanya sumur di lintasan 2a.

3.2 Korelasi Resistivitas Penampang Geolistrik

Gambar 3.2. menunjukan persebaran nilai resistivitas bila dikorelasikan dengan nilai resistivitas tiap lintasan. Hasil korelasi menunjukan bahwa zona resistivitas rendah di *site* membentuk struktur cekungan dan terdapat di tengah area *site*. Zona resistivitas tinggi tersebar di bagian barat hingga utara *site* dengan rincian garis merah tua menandakan korelasi berdasarkan data geolistrik, sedangkan garis merah menandakan ekstrapolasi persebaran zona resistivitas tinggi berdasarkan data geolistrik. Ekstrapolasi data dibuat karena keterbatasan pembacaan data geolistrik akibat bentuk konfigurasi.

Persebaran cekungan resistivitas rendah di *site* berkorelasi dengan zona lemah seperti berada di dekat sumur ataupun berkaitan dengan struktur akuifer dalam di lintasan 2a. Hal ini menunjukan bahwa miringnya tiang dermaga kemungkinan disebabkan karena adanya zona resistivitas rendah yang tidak ditopang oleh zona resistivitas tinggi. Kurangnya data geolistrik di antara bagian utara lintasan 1a hingga 2c menyebabkan tidak terlihatnya persebaran

zona lemah di sekitar lokasi tiang dermaga yang miring. Namun penampang geolistrik lintasan 1a dapat mengindikasikan bahwa bidang gelincir di bagian utara tidak membentuk cekungan serta jarak permukaan dengan zona resistivitas tinggi cukup dalam, sehingga struktur dibawah permukaan tidak cukup kuat untuk menyokong tiang dermaga.



Gambar 3.2. Persebaran resistivitas tinggi dan rendah.

Selaras dengan hasil kajian Mulyadi et al. (2019, [12] dan Siregar et al. (2021), [13] mengenai daerah rawa yang menemukan bahwa kombinasi lempung jenuh air di atas lapisan litologi yang lebih keras dapat membentuk bidang gelincir akibat tekanan air pori lateral. Pola serupa terlihat di lokasi pengabdian ini, terdapat cekungan resistivitas rendah di atas akuifer dangkal bertemu dengan lapisan resistivitas tinggi yang miring sehingga menciptakan kondisi yang kondusif terhadap pergeseran pondasi.

Berdasarkan hasil korelasi keenam lintasan menunjukkan bahwa kemiringan tiang dermaga dipengaruhi oleh kombinasi zona lemah berupa lempung jenuh air dengan resistivitas rendah ($5\text{--}25\ \Omega\text{m}$) yang membentuk cekungan dangkal dan dalam, serta keberadaan lapisan batubara muda dan lanau keras ber-resistivitas tinggi ($60\text{--}200\ \Omega\text{m}$) pada kedalaman $15\text{--}35\ \text{m}$ yang posisinya miring dan tidak menerus sehingga berfungsi sebagai bidang gelincir. Lintasan 1a dan 2a memperlihatkan struktur paling kritis, dengan lapisan keras yang menunjam ke utara bersentuhan langsung dengan akuifer dalam yang meningkatkan tekanan air pori lateral, menyebabkan penurunan kuatnya gaya geser dan potensi pergeseran tanah. Sementara itu, lintasan 1b, 1c, 2b, dan 2c menunjukkan variasi lokal berupa cekungan air dangkal dan fragmen lapisan keras yang tidak kontinu, mempertegas bahwa ketidakstabilan bawah permukaan dikendalikan oleh interaksi antara zona jenuh air dan lapisan batubara–lanau keras sebagai kontrol utama terbentuknya bidang gelincir di area dermaga.

4 Kesimpulan

Bidang gelincir yang mempengaruhi kemiringan tiang dermaga diakibatkan oleh lapisan dengan resistivitas tinggi (diatas $162\ \Omega\text{m}$) yang diinterpretasikan sebagai bidang gelincir. Bidang gelincir ini terdapat di bagian utara lokasi dermaga dan menunjam ke arah utara. Tiang dengan posisi miring disebabkan karena berada di zona lemah (nilai resistivitas dibawah $60\ \Omega\text{m}$) yang berbatasan dengan bidang gelincir (resistivitas tinggi) di lintasan 2A. Hal tersebut didukung dengan material bidang gelincir berupa batu lempung (apabila kontak dengan air, permukaan material akan menjadi licin) dan tekanan air pori akibat adanya reservoir air yang berada di bawah pondasi tiang dermaga yang miring.

5 Saran

Berdasarkan hasil interpretasi struktur bawah permukaan, terdapat beberapa implikasi terhadap rekayasa pondasi di area PT. OFN Port Site Bentayan:

1. Penguatan pondasi pada zona resistivitas rendah dengan menggunakan tiang pancang/bor pile) yang menembus hingga lapisan resistivitas tinggi sangat direkomendasikan.
2. Menghindari pembangunan pada cekungan resistivitas rendah

3. Mitigasi tekanan air pori, dengan adanya pemasangan sistem drainase sub-permukaan atau *relief well* untuk menurunkan tekanan air pori.
4. Reorientasi arah pondasi dermaga, sebaiknya diarahkan pada zona dengan resistivitas tinggi yang lebih stabil, sesuai hasil lintasan 1a.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam kegiatan pengabdian, terutama warga Desa Bentayan dan PT OFN Port Site Bentayan di Kecamatan Tungkal Ilir, Sumatera Selatan.

Daftar Pustaka

- [1] Huat, B. B. K., Maail, S., & Mohamed, T. A. (2005). Effect of chemical stabilizers on the engineering properties of tropical peat soils. *American Journal of Applied Sciences*, 2(7), 1113–1117.
- [2] Long, M. (2001). Consolidation and settlement behavior of organic soils. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Geotechnical Engineering*, 149(3), 151–162.
- [3] Indrawan, I. G. B., Pujiyanto, A., & Widiyanti, A. (2019). Identification of soft clay and slip surfaces using geoelectrical resistivity method. *Journal of Applied Geology*, 4(2), 77–86.
- [4] Bozzano, F., Mazzanti, P., Perissin, D., Rocca, A., & Cello, G. (2018). Ground deformation and slope instability in deltaic deposits: A case study. *Engineering Geology*, 246, 269–284.
- [5] Soupios, P. M., Papazachos, C., Petridis, A., et al. (2007). Application of ERT and GPR methods for subsurface mapping in urban areas. *Journal of Applied Geophysics*, 62(1), 90–99.
- [6] Dahlin, T., & Zhou, B. (2004). A numerical comparison of 2D resistivity imaging with 10 electrode arrays. *Geophysical Prospecting*, 52(5), 379–398.
- [7] Lusitania, L., Nurohim, D., Jarwinda, J., Syahputra, H. H., & Kurniawan, A. (2025). Kajian kestabilan lereng tambang terhadap implikasinya pada infrastruktur jalan di zona kritis. *Jurnal Pertambangan*, 9(2), 73–80.
- [8] Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.

- [9] Pazdirek, O., & Blaha, V. (1996). *Examples of Resistivity Imaging Using ME-100 Resistivity Field Acquisition System*. European Association of Geoscientists & Engineers.
- [10] Loke, M. H. (2010). *2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Geotomo Software.
- [11] Gafoer, S., Burhan, G., & Purnomo, J. (1995). *Geologic Map of the Palembang Quadrangle, South Sumatera*. Geological Research and Development Centre.
- [12] Mulyadi, A., Putra, D. R., & Sari, N. P. (2019). Identifikasi zona lemah pada daerah rawa menggunakan metode geolistrik resistivitas untuk analisis potensi bidang gelincir. *Jurnal Geosains Indonesia*, 4(2), 77–86.
- [13] Siregar, H., Pratama, D., & Lubis, F. (2021). Analisis karakteristik geoteknik dan potensi gerakan tanah di wilayah rawa menggunakan integrasi uji geoteknik dan geolistrik 2D. *Jurnal Teknik Sipil & Geoteknik*, 10(3), 155–164.