Analisis Karakteristik Tanah Berdasarkan Integrasi Data Geolistrik 2D, *Induced Polarization* (IP) dan N-SPT (Studi Kasus: Institut Teknologi Sumatera)

Vivin Julianty Situmorang[1], Khansa Zahira Najmi[1], Nadira Salwa Faniya[1], Muhamad Nur Alif Hidayat[1], Endang Suci Laras Sati[1], Aisyah Maharani[1], Lim Lim Togatorop[1], Muhammad Haikal[1], Rizky Mulya[1], Rizka Aulia Shakila Rahim[1]

[1]Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

(Received: Maret 2026 / Revised: Maret 2026 / Accepted: Agustus 2026)

Email: vivin.122120014@student.itera.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik bawah permukaan tanah di area Kampus ITERA dengan mengintegrasikan metode geolistrik 2D, *Induced Polarization* (IP), dan uji *Standard Penetration Test* (N-SPT). Pengukuran geolistrik pada tiga lintasan memperlihatkan bahwa lapisan dangkal pada kedalaman 8-10 meter didominasi resistivitas rendah dan *chargeability* tinggi yang menunjukkan keberadaan lempung dan lanau jenuh air, sedangkan lapisan lebih dalam memiliki resistivitas lebih tinggi yang diinterpretasikan sebagai pasir atau tuf yang lebih padat. Integrasi dengan data N-SPT menunjukkan hubungan yang konsisten, di mana nilai N-SPT relatif rendah hingga menengah (28–31) berasosiasi dengan lapisan tanah yang lebih lunak, sedangkan nilai N-SPT yang lebih tinggi (40–60) berkaitan dengan material yang lebih padat. Perhitungan parameter Dar-Zarrouk serta estimasi daya dukung tanah memperkuat pembagian zona tanah lunak dan tanah keras yang teridentifikasi pada penampang geofisika. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi geolistrik 2D, IP, dan N-SPT mampu memberikan gambaran karakteristik tanah dan kondisi geoteknik yang lebih detail, sehingga dapat menjadi acuan dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur di kawasan ITERA.

Kata Kunci: *Geolistrik 2D, Induced Polarization, N-SPT, Resistivitas, Chargeability, Karakteristik Tanah, ITERA*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di kawasan Institut Teknologi Sumatera (ITERA) mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan bertambahnya fasilitas akademik seperti gedung laboratorium, ruang kuliah, serta sarana penelitian lainnya. Perkembangan tersebut menuntut tersedianya informasi geoteknik yang akurat guna menjamin keamanan dan keberlanjutan pembangunan. Secara geologi, wilayah ITERA berada pada Formasi Lampung (Qtl) yang tersusun atas material vulkanik muda berupa lempung tufaan, lanau, dan pasir halus. Material tersebut memiliki tingkat heterogenitas yang tinggi sehingga sifat fisik dan mekanik tanah dapat berubah secara lateral maupun vertikal. Kondisi ini menyebabkan investigasi bawah permukaan menjadi sangat penting dalam tahap perencanaan konstruksi.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi metode geofisika dan geoteknik mampu memberikan interpretasi kondisi tanah yang lebih komprehensif. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa

Electrical Resistivity Tomography (ERT) memiliki hubungan dengan nilai N-SPT dalam mengidentifikasi variasi kepadatan tanah [1]. Selain itu, Penelitian pada tanah vulkanik juga menunjukkan adanya hubungan antara resistivitas dengan parameter geoteknik seperti N-SPT dan kohesi [2]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada daerah dengan kondisi litologi yang relatif homogen.

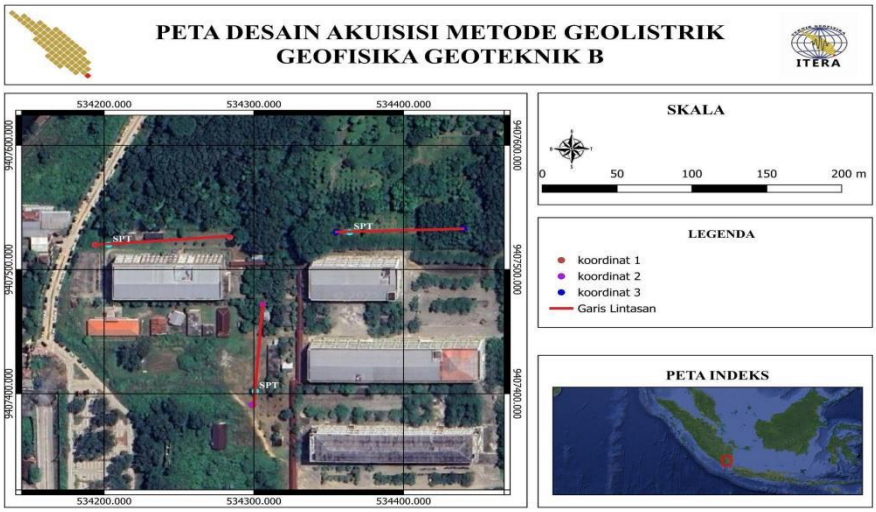
Berbeda dengan penelitian sebelumnya, wilayah ITERA tersusun oleh material vulkanik muda yang memiliki heterogenitas litologi tinggi sehingga hubungan antara parameter geofisika dan geoteknik dapat menunjukkan karakteristik yang berbeda. Hingga saat ini, penelitian yang mengkaji hubungan antara resistivitas, chargeability, dan nilai N-SPT secara terintegrasi pada Formasi Lampung masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik bawah permukaan tanah di kawasan ITERA melalui integrasi metode geolistrik resistivitas 2D, Induced Polarization (IP), dan data N-SPT.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi variasi lapisan tanah, menganalisis hubungan antara parameter resistivitas, chargeability, dan nilai N-SPT, serta menginterpretasikan kondisi geoteknik bawah permukaan secara lebih komprehensif. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang bermanfaat dalam mendukung perencanaan pembangunan infrastruktur di kawasan ITERA.

Kebaruan (novelty) dalam penelitian ini terletak pada pendekatan integratif antara metode geolistrik resistivitas 2D dan Induced Polarization (IP) dengan data geoteknik N-SPT pada lingkungan geologi vulkanik muda yang heterogen. Selain itu, penelitian ini tidak hanya menganalisis distribusi parameter geofisika secara kualitatif, tetapi juga mengkaji hubungan kuantitatif antara resistivitas, chargeability, dan nilai N-SPT untuk meningkatkan akurasi interpretasi kondisi bawah permukaan. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan model interpretasi geoteknik yang lebih representatif dibandingkan metode konvensional yang hanya menggunakan satu jenis data [5].

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Lampung Selatan, pada tiga lokasi utama yaitu Laboratorium Teknik 1, Laboratorium Teknik 2, dan Gedung Kuliah Umum 1. Secara regional wilayah penelitian berada pada Formasi Lampung (Qtl) yang tersusun oleh sedimen kuarter berupa lempung, lanau, dan pasir halus dengan sisipan material tufaan. Formasi ini merupakan endapan vulkanik muda yang memiliki variasi litologi cukup tinggi sehingga berpengaruh terhadap karakteristik geoteknik tanah. Untuk gambarnya dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 1. Peta Desain Akuisisi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Tanjungkarang, wilayah kampus ITERA berada pada zona yang secara regional didominasi oleh Formasi Lampung (Qtl) [3]. Wilayah kampus Institut Teknologi Sumatera berada pada zona yang secara regional didominasi oleh Formasi Lampung (Qtl), yaitu satuan batuan sedimen-kuarter yang tersusun oleh lempung, lanau, dan pasir halus dengan sisipan material tufaan. Formasi ini menutupi sebagian besar area penelitian dan menjadi penyusun utama lapisan tanah dangkal yang berpengaruh terhadap sifat keteknikan tanah. Di bagian luar area kampus terdapat satuan batuan lain seperti Granit Branti berupa granodiorit berumur Tersier dan Sekis Way Galih sebagai batuan metamorf berumur Paleozoikum, namun kedua satuan tersebut tidak tersingkap di lokasi penelitian dan hanya berperan sebagai konteks geologi regional. Secara keseluruhan, posisi penelitian berada pada kawasan sedimen kuarter yang relatif muda, sehingga karakter resistivitas bawah permukaan sangat dipengaruhi oleh variasi kandungan lempung dan tingkat kejenuhan tanah.

Pengukuran geolistrik dilakukan menggunakan metode resistivitas 2D yang dikombinasikan dengan Induced Polarization (IP) pada tiga lintasan pengukuran. Setiap lintasan memiliki panjang 87,5 m dengan spasi elektroda 2,5 m sehingga terdapat 36 titik elektroda pada masing-masing lintasan. Akuisisi data dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial yang dihasilkan pada elektroda potensial. Nilai resistivitas semu dihitung menggunakan persamaan dasar resistivitas:

$$\rho = K(\frac{\Delta V}{I})$$

di mana ρ merupakan resistivitas semu (Ωm), K adalah faktor geometri konfigurasi elektroda, ΔV adalah beda potensial (V), dan I adalah arus listrik yang diinjeksikan (A). Data resistivitas semu kemudian diproses menggunakan metode inversi untuk memperoleh distribusi resistivitas sebenarnya pada bawah permukaan.

Selain pengukuran geolistrik, penelitian ini juga menggunakan data Standard Penetration Test (N-SPT) dari tiga titik pengeboran yang berada di sekitar lintasan pengukuran. Nilai N-SPT digunakan untuk mengetahui tingkat kepadatan tanah berdasarkan jumlah pukulan yang diperlukan untuk menembus tanah sedalam 30 cm terakhir pada proses penetrasi standar. Data N-SPT kemudian diselaraskan dengan kedalaman hasil model resistivitas sehingga memungkinkan analisis korelasi antara parameter geofisika dan parameter geoteknik.

Analisis tambahan dilakukan dengan menghitung parameter Dar-Zarrouk yaitu Transverse Resistance (T) dan Longitudinal Conductance (S) yang diperoleh dari hasil inversi resistivitas. Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi karakteristik kelistrikan lapisan tanah berdasarkan ketebalan dan nilai resistivitas masing-masing lapisan. Selanjutnya, estimasi daya dukung tanah dihitung menggunakan persamaan Terzaghi untuk memperoleh nilai daya dukung ultimit (Qult) dan daya dukung izin (Qa). Integrasi antara data resistivitas, chargeability, dan N-SPT kemudian digunakan untuk menginterpretasikan kondisi geoteknik bawah permukaan secara komprehensif.

Data penelitian dilengkapi dengan tiga titik *Standard Penetration Test* (N-SPT) yang berlokasi berdekatan dengan masing-masing lintasan, sehingga memungkinkan integrasi parameter resistivitas dan nilai N-SPT berdasarkan kedalaman yang sama. Data N-SPT disusun ulang berdasarkan interval kedalaman untuk kemudian dipadukan dengan model resistivitas melalui penyelarasan spasial dan ekstraksi nilai resistivitas di kedalaman yang bersesuaian. Hasil akhir berupa penampang resistivitas yang tervalidasi oleh nilai N-SPT, sehingga memungkinkan interpretasi kondisi bawah permukaan secara kuantitatif dan konsisten terhadap karakter tanah aktual. Karakterisasi bawah permukaan dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan terintegrasi antara metode geolistrik resistivitas 2D, *induced polarization* (IP), dan data geoteknik dari *Standard Penetration Test*

(N-SPT). Metode geolistrik 2D digunakan untuk memetakan distribusi resistivitas bawah permukaan secara lateral dan vertikal dengan menginjeksikan arus listrik searah ke dalam tanah melalui konfigurasi elektroda tertentu, di mana nilai resistivitas semu dihitung menggunakan persamaan:

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

selanjutnya diinversi untuk memperoleh penampang resistivitas sebenarnya. Metode IP diterapkan secara bersamaan untuk mengukur nilai *chargeability* yang merepresentasikan respons elektrokimia material bawah permukaan. Parameter kekuatan tanah diperoleh dari nilai N-SPT, yaitu jumlah pukulan yang diperlukan untuk menembus 30 cm terakhir penetrasi standar, yang digunakan sebagai dasar penentuan sifat mekanik tanah. Daya dukung ultimit tanah (Qult) dihitung menggunakan persamaan daya dukung Terzaghi, yaitu:

$$\mathrm{Qult} = \mathrm{cNc} + \gamma\mathrm{DfNq} + 0{,}5\gamma\mathrm{BN}\gamma \quad (2)$$

dengan:

c = kohesi tanah,

γ = berat isi tanah,

Df = kedalaman fondasi

B =lebar fondasi

Nc, Nq, dan Nγ = faktor daya dukung yang bergantung pada sudut geser dalam tanah.

Selanjutnya, daya dukung ijin (Qall) ditentukan dengan membagi nilai Qult terhadap faktor keamanan sebesar 2,5–3 sebagai dasar penilaian keamanan struktur. Pada penelitian ini sifat kelistrikan batuan dianalisis menggunakan dua parameter turunan Dar Zarrouk, yaitu konduktansi longitudinal (S_L) dan resistansi transversal (T) . Konduktansi longitudinal digunakan untuk menggambarkan kemampuan lapisan batuan dalam menghantarkan arus listrik, sedangkan resistansi transversal menggambarkan hambatan total lapisan terhadap aliran arus. Kedua parameter tersebut dihitung untuk setiap lapisan hasil inversi geolistrik dan kemudian dimanfaatkan dalam analisis karakteristik kelistrikan serta korelasi dengan kondisi fisik bawah permukaan di daerah penelitian.

Untuk lapisan tertentu:

Konduktansi longitudinal (S_L)

$$S_L = \frac{h}{\rho} \quad (3)$$

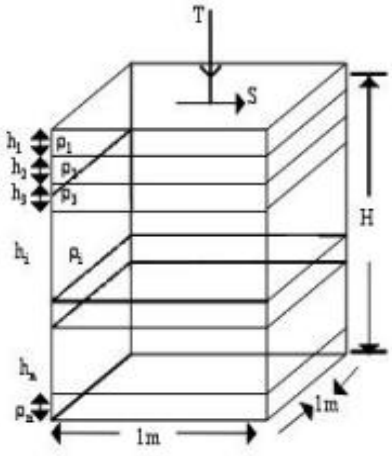
resistansi transversal (T)

$$T = h\,.\rho \quad (4)$$

Untuk n lapisan:

$$S_L = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{h_i}{\rho_i}\right) = \frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2} + \frac{h_3}{\rho_3} + \ldots \frac{h_n}{\rho_n} \quad (5)$$

$$T = \sum_{i=1}^{n}(h_i\,.\rho_i) = h_1\,.\rho_1 + h_2\,.\rho_2 + h_3\,.\rho_3 + \ldots . h_n\,.\rho_n \quad (6)$$

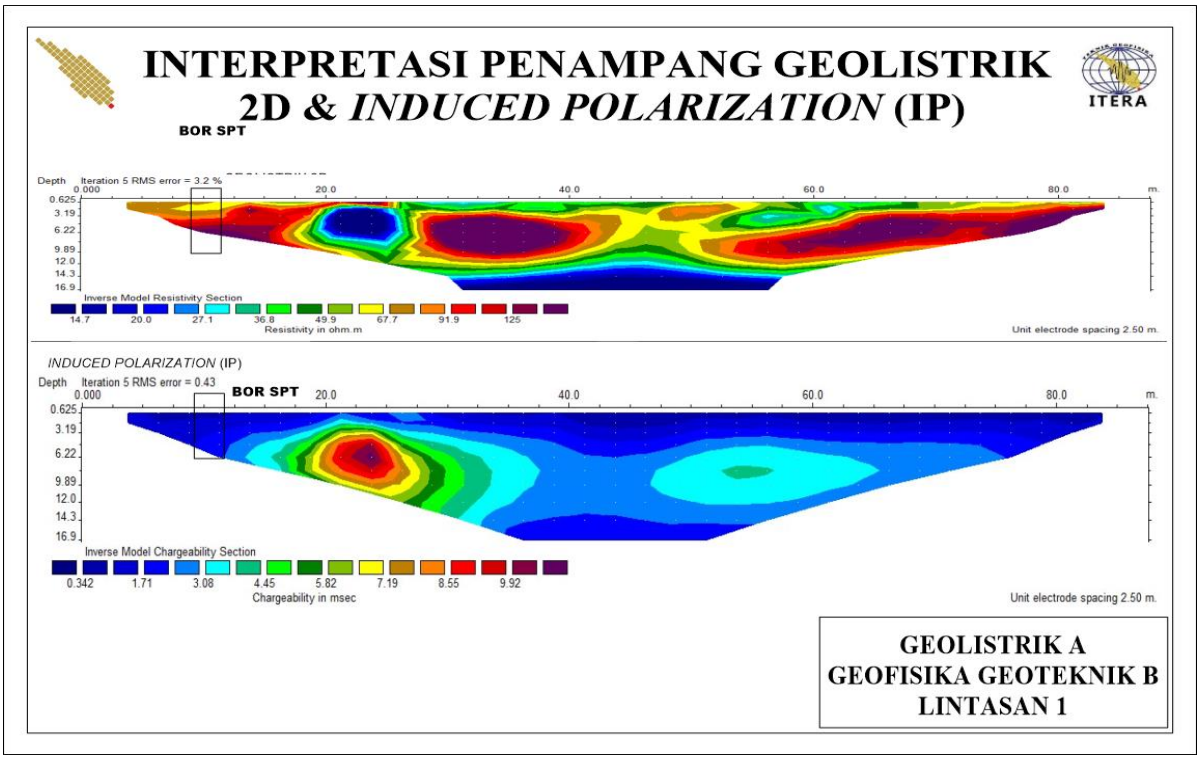


Gambar 2. Konsep anisotropi pada lapisan batuan [4]

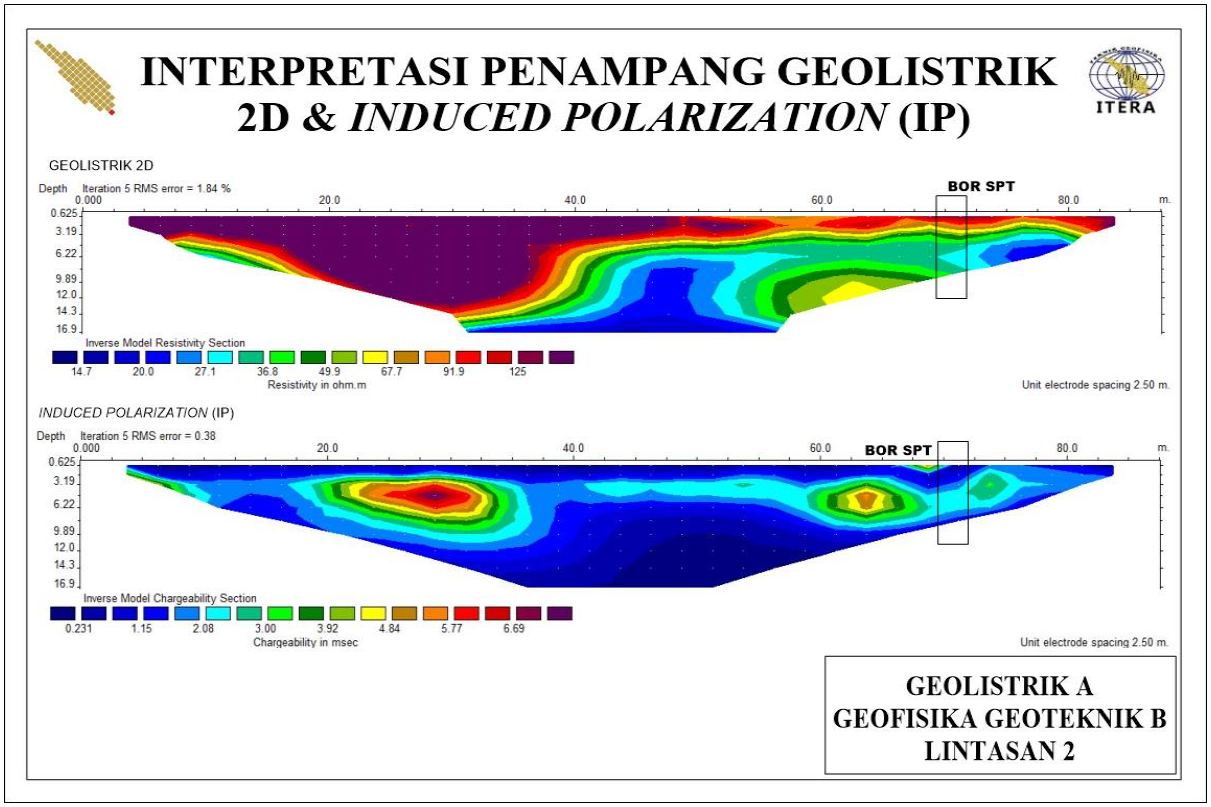
Pada Gambar 2 menjelaskan bagaimana suatu model bumi berlapis dengan nilai ρ dan h masing-masing pada tiap lapisan. Nilai tersebut nantinya akan digunakan sebagai data perhitungan untuk mendapatkan resistivitas transversal dan longitudinal untuk kemudian dapat menentukan resistivitas media. Inilah pendekatan nilai resistivitas dengan menggunakan parameter Dar Zarrouk. Di mana ρ merupakan harga resistivitas semu yang didapat pada saat akuisisi lapangan dalam satuan Ωm, h merupakan ketebalan lapisan dalam satuan meter. Parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan karakteristik kelistrikan lapisan berdasarkan nilai resistivitas dan ketebalan lapisan [4]

3. HASIL dan PEMBAHASAN

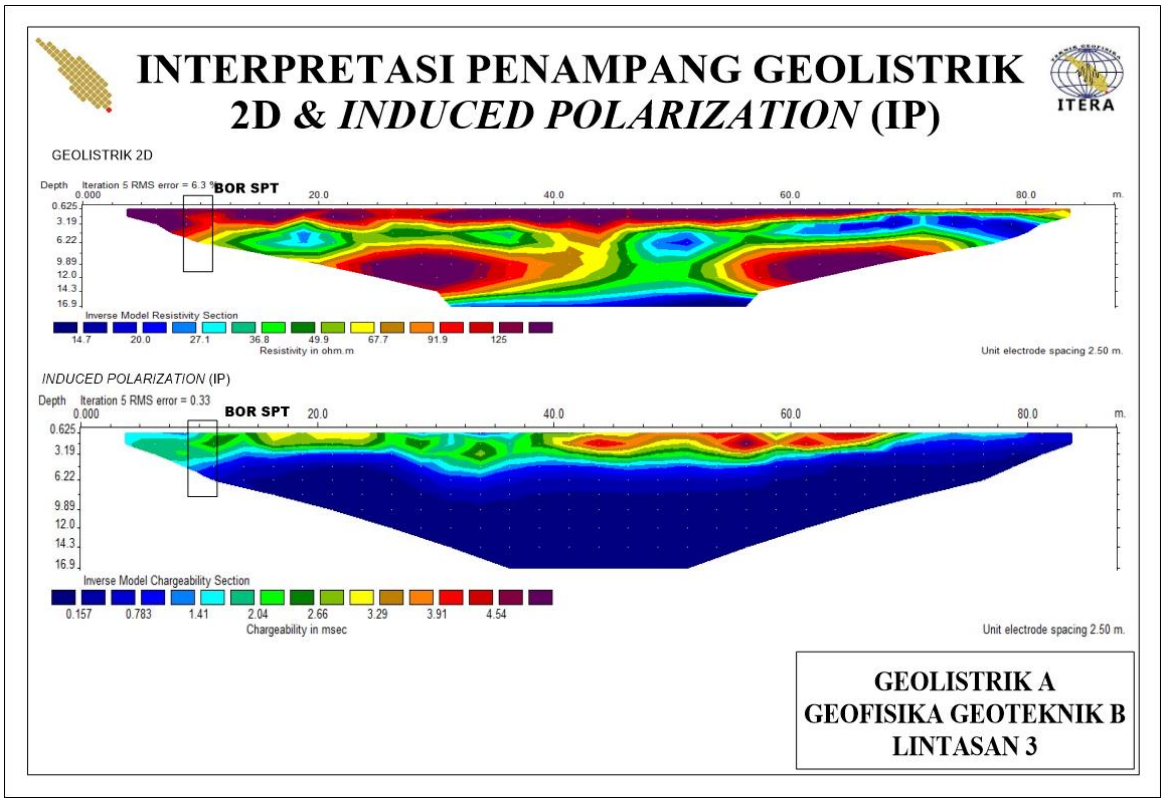
Dibawah ini akan ditambilkan beberapa Interpretasi penampang geolistrik 2D dan *Induced Polarization* (IP) pada lintasan 1, 2 dan 3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Interpretasi penampang geolistrik 2D dan *Induced Polarization* (IP) pada lintasan 1 (a), lintasan 2 (b), dan lintasan 3 (c)

Pada Gambar 3.a merupakan lintasan 1 di Laboratorium Teknik 3 penampang menunjukkan zona dangkal sampai kedalaman sekitar 8–10 m yang memiliki resistivitas rendah (<100 Ωm) disertai nilai *chargeability* tinggi. Ini mengindikasikan keberadaan lempung yang jenuh air tanah halus, konduktif, dan mudah terpolarisasi. Secara geoteknik zona ini diperkirakan lunak dan berkaitan dengan nilai N-SPT relatif rendah sehingga kurang cocok untuk pondasi dangkal tanpa perbaikan tanah. Di bawahnya lebih dari 10 m terlihat peningkatan resistivitas yang mengarah pada interpretasi pasir padat atau tuf kompak dengan *chargeability* lebih rendah lapisan ini lebih keras dan berpotensi mendukung pondasi.

Pada Gambar 3.b merupakan lintasan 2 di Gedung Kuliah Umum 1 memperlihatkan pola yang pada dasarnya sama lapisan permukaan konduktif pada kedalaman hingga 8–10 m, menunjuk pada lempung atau lanau jenuh yang berpotensi bermasalah untuk beban struktur. Data IP yang tinggi pada kedalaman tersebut memperkuat bahwa materialnya kaya fraksi halus seperti lempung sehingga punya kemampuan polarisasi besar tetapi kekuatan mekanik rendah (N-SPT rendah). Peralihan ke lapisan resistif lebih dalam menunjukkan perubahan litologi menuju material kasar/padat (pasir/tuf) yang memiliki N-SPT lebih tinggi dan lebih layak sebagai lapisan penopang.

Pada Gambar 3.c merupakan lintasan 3 di Laboratorium Teknik 1 menunjukkan konsistensi pola yang sama lapisan atas berresistivitas rendah dan *chargeability* tinggi mengindikasikan keberadaan lempung jenuh sekitar 8–10 m, lalu diikuti lapisan dengan resistivitas meningkat yang diinterpretasikan sebagai pasir padat atau tuf pada kedalaman lebih besar. Pada lintasan 3 menegaskan bahwa kondisi lahan di area kampus bersifat heterogen secara vertikal tetapi berulang: zona lunak di permukaan yang menuntut perhatian geoteknik dan zona keras di kedalaman sebagai calon lokasi pondasi. Penggunaan ERT untuk mengidentifikasi variasi kondisi bawah permukaan dan zona lemah juga telah diterapkan pada penelitian geofisika sebelumnya [7]. “Interpretasi struktur perlapisan menggunakan metode geolistrik resistivitas juga dapat digunakan untuk memperlihatkan perubahan karakteristik bawah permukaan secara vertikal [8].

Secara teoritis, nilai resistivitas bawah permukaan dipengaruhi oleh jenis material, porositas, kandungan air, dan sifat fluida pori. Material berbutir halus seperti lempung cenderung memiliki resistivitas lebih rendah karena kandungan air pori dan kontribusi konduksi ionik pada permukaan mineral. Sementara itu, material yang lebih kasar dan kompak dengan kandungan air relatif lebih rendah cenderung menunjukkan resistivitas yang lebih tinggi. Nilai chargeability yang relatif tinggi pada lapisan dangkal juga mendukung keberadaan material berbutir halus karena proses polarisasi dipengaruhi oleh interaksi ion pada permukaan mineral. Oleh karena itu, kombinasi resistivitas dan chargeability memberikan dasar interpretasi yang lebih kuat dibandingkan penggunaan resistivitas secara tunggal.

Berikut akan disajikan tabel 1 dan 2 sebagai data pendukung.

Tabel 1. Perhitungan *Transverse Resistance*, *Longitudinal Conductance* menggunakan parameter Dar-Zarrouk, daya dukung tanah (Qult), dan daya dukung izin (Qa)

	Lapisan	*Depth*	Resistivitas (ρ)	Ketebalan (h)	*Transverse Resistance* (T)	*Longitudinal Conductance* (S)	Qult	Qa	Jenis Tanah
Lintasan 1 - Pos 11.25m	1	0-0.797	72.276	0.797	57.603972	0.011027174	23.91	7.97	Kohesif
		0.797-3.19	75.632	2.393	180.987376	0.031640047	71.79	23.93	Kohesif
		3.19-6.02	72.557	2.83	205.33631	0.039003818	84.9	28.3	Kohesif
	2	6.02-6.52	65.579	0.5	32.7895	0.007624392	15	7.5	Non-kohesif
TOTAL (T) dan (S)					476.717158	0.08929543			

	Lapisan	*Depth*	Resistivitas (ρ)	Ketebalan (h)	*Transverse Resistance* (T)	*Longitudinal Conductance* (S)	Qult	Qa	Jenis Tanah
Lintasan 2 - Pos 73.75m	1	0-2.90	82.956	2.5	1	82.956	2.62	0.8733	Kohesif
		2.9-4.2	58.54	1.3	76.102	0.022207038	39	13	Kohesif
	2	4.20-6.20	44.117	2	88.234	0.045333998	60	20	Kohesif
		6.20-9.80	40.297	3.6	145.0692	0.089336675	108	36	Non-kohesif
TOTAL (T) dan (S)					310.4052	83.11287771			

	Lapisan	*Depth*	Resistivitas (ρ)	Ketebalan (h)	*Transverse Resistance* (T)	*Longitudinal Conductance* (S)	Qult	Qa	Jenis Tanah
Lintasan 3 - Pos 11.25m	1	0-1.40	136.341	1.4	190.8774	0.010268371	42	14	Kohesif
		1.40-4.10	110.146	2.7	297.3942	0.024512919	81	27	Kohesif
		4.10-6.00	83.64	1.9	158.916	0.022716404	57	19	Kohesif
		6.00-6.50	72.681	0.5	36.3405	0.006879377	15	5	Kohesif
TOTAL (T) dan (S)					683.5281	0.064377071			

Pada Tabel 1, perhitungan *Transverse Resistance* (T) dan *Longitudinal Conductance* (S) menunjukkan variasi kemampuan lapisan tanah dalam menghantarkan atau menahan arus. Nilai *Transverse Resistance* (T) tinggi pada beberapa lintasan menunjukkan lapisan dengan resistivitas tinggi dan ketebalan signifikan, yang identik dengan material padat seperti pasir atau tuf kompak. Lapisan ini berkontribusi terhadap nilai daya dukung tanah (Qult dan Qa) yang lebih besar. Nilai *Longitudinal Conductance* (S) tinggi menunjukkan lapisan konduktif seperti lempung jenuh air, yang umumnya berperan sebagai zona tanah lunak dan kurang mendukung pondasi. Nilai Qult dan Qa meningkat secara bertahap seiring bertambahnya kedalaman, mengindikasikan peningkatan kekuatan tanah. Perhitungan ini menguatkan hasil resistivitas-IP bahwa tanah keras berada di bagian yang lebih dalam. “Integrasi resistivitas dengan parameter fisis dan mekanis tanah juga telah digunakan untuk mendukung evaluasi daya dukung tanah pada penelitian sebelumnya [6].

Selanjutnya, tabel 2 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai N-SPT, resistivitas, *chargeability* dan litologi di area penelitian

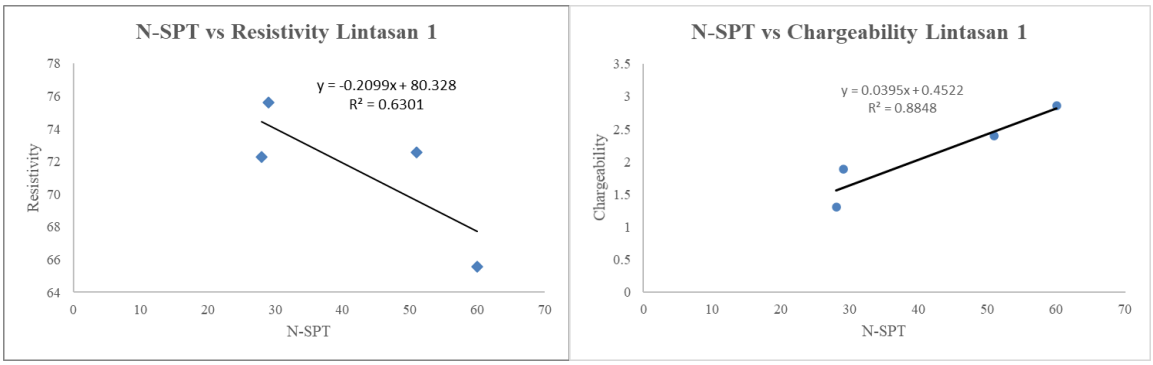
	Lapisan	Kedalaman	Ketebalan	SPT	Resistivitas	*Chargeability*	Deskripsi litologi
Lintasan 1	1	0-0.797	0.797	28	72.276	1.3	Lempung sedikit berkerikil warna merah kekuningan konsistensi tanah sangat kenyal
		0.797-3.19	2.393	29	75.632	1.885	Lempung berwarna putih sedikit kekuningan konsistensi tanah keras
		3.19-6.02	2.83	51	72.557	2.394	Lempung bernapal warna putih sedikit kekuningan konsistensi tanah keras sekali
	2	6.02-6.52	0.5	60	65.579	2.865	Batu cadas berwarna putih konsistensi tanah keras sekali
Lintasan 2	1	0-2.90	2.9	28	82.956	2.62	Lempung sedikit berkerikil warna merah kekuningan konsistensi tanah sangat kenyal
		2.9-4.2	1.3	39	58.54	1.888	Lempung berpasir warna putih keabu-abuan konsistensi tanah keras
	2	4.20-6.20	2	50	44.117	2.159	Pasir membatu warna putih konsistensi padat
		6.20-9.80	3.6	60	40.297	2.027	Pasir membatu warna putih keabuan konsistensi sangat padat
Lintasan 3	1	0-1.40	1.4	31	136.341	2.291	Lempung warna coklat keputihan konsistensi tanah sangat kenyal
		1.40-4.10	2.7	42	110.146	2.011	Lempung berpasir warna putih konsistensi tanah keras
		4.10-6.00	1.9	46	83.64	1.72	Lempung berpasir warna putih keabu-abuan konsistensi tanah keras
		6.00-6.50	0.5	55	72.681	1.442	Lempung berpasir warna abu-abu keputihan konsistensi tanah keras sekali

Berdasarkan Tabel 2 yang menyajikan nilai N-SPT, resistivitas, *chargeability*, serta deskripsi litologi pada masing-masing lintasan, terlihat adanya pola hubungan yang konsisten antara parameter geofisika dan kondisi geoteknik bawah permukaan. Secara umum, nilai N-SPT menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya kedalaman, yang menggambarkan peningkatan kekompakan dan kekuatan tanah. Pada lapisan dangkal, yang didominasi oleh lempung sangat kenyal hingga keras, nilai N-SPT relatif rendah hingga menengah (sekitar 28–31), yang sesuai dengan kondisi tanah berbutir halus dan jenuh air. Zona ini juga memiliki nilai resistivitas rendah hingga menengah (40–85 Ωm) dan *chargeability* tinggi (1.7–2.8 mV/V), yang mengindikasikan keberadaan material lempung dan lanau yang mudah terpolarisasi akibat luas permukaan internal yang besar dan kapasitas adsorpsi ion tinggi.

Pada kedalaman yang lebih dalam, litologi berubah menjadi lempung berpasir, pasir padat, hingga tuf kompak, sehingga nilai N-SPT meningkat secara signifikan (40–60). Sejalan dengan itu, nilai resistivitas juga meningkat menjadi lebih tinggi (70–136 Ωm) dan *chargeability* mengalami penurunan hingga <1.8 mV/V, menunjukkan berkurangnya kandungan lempung dan meningkatnya dominasi material berbutir kasar dengan pori yang lebih

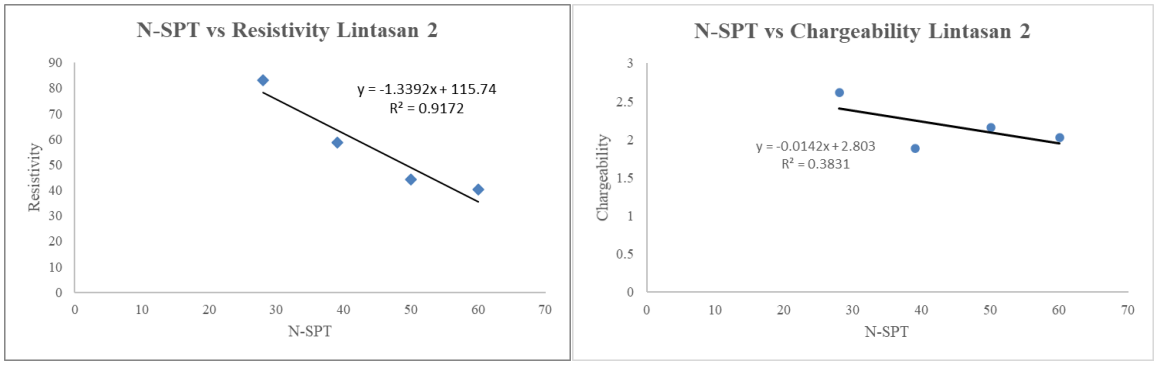
terbuka. Hubungan ini menunjukkan bahwa material kasar dan padat cenderung memiliki resistivitas tinggi karena permeabilitasnya lebih baik dan kadar air relatif lebih rendah.

Meskipun demikian, resistivitas tidak dapat digunakan sebagai indikator tunggal untuk menentukan kekuatan tanah karena nilainya juga dipengaruhi oleh kadar air dan kandungan mineral lempung. Oleh sebab itu, hubungan antara resistivitas dan N-SPT dalam penelitian ini digunakan sebagai hubungan pendukung, sedangkan N-SPT tetap menjadi kontrol geoteknik terhadap interpretasi tingkat kekompakan tanah. Integrasi dengan chargeability membantu mengurangi ambiguitas dalam membedakan material berbutir halus dan material yang lebih kasar.



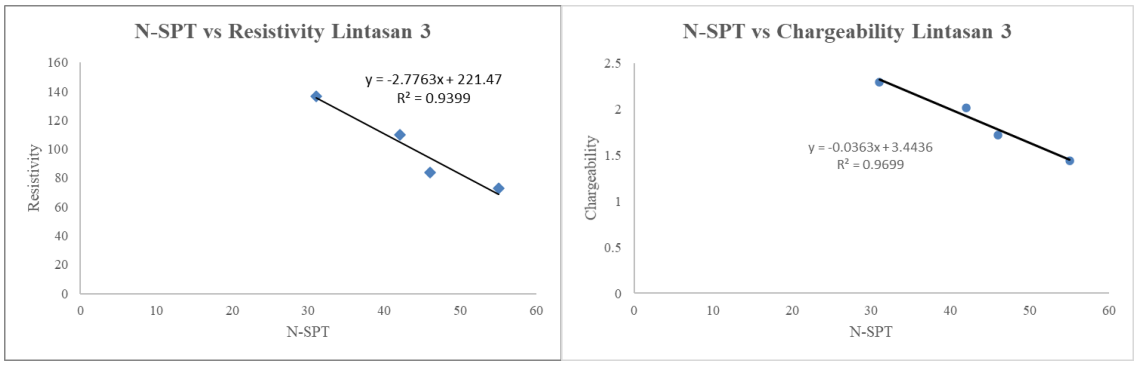
(a) (b)

Gambar 4. *Bivariate statistics* antara *resistivity* vs N-SPT (a) dan *chargeability* vs N-SPT (b) pada lintasan 1



(a) (b)

Gambar 5. *Bivariate statistics* antara *resistivity* vs N-SPT (a) dan *chargeability* vs N-SPT (b) pada lintasan 2



(a) (b)

Gambar 6. *Bivariate statistics* antara *resistivity* vs N-SPT (a) dan *chargeability* vs N-SPT (b) pada lintasan 3

Pada Gambar 4.a korelasi antara resistivitas dan N-SPT termasuk baik, karena grafik menunjukkan kecenderungan bahwa nilai N-SPT meningkat ketika resistivitas meningkat. Tanah dengan resistivitas tinggi umumnya adalah pasir padat atau tuf yang lebih keras sehingga memberikan nilai N-SPT tinggi. Sebaliknya, pada Gambar 4.b

korelasi antara *chargeability* dan N-SPT cenderung kurang baik, karena titik-titik data tidak menunjukkan tren yang jelas. Hal ini karena nilai *chargeability* tinggi biasanya muncul pada tanah berfraksi halus yaitu lempung, sedangkan nilai N-SPT pada lempung dapat sangat bervariasi tergantung kadar air. Akibatnya hubungan *chargeability* dan N-SPT menjadi tidak konsisten.

Pada Gambar 5.a korelasi resistivitas dan N-SPT menunjukkan hubungan yang baik, dengan pola peningkatan N-SPT pada resistivitas yang lebih tinggi. Ini memperlihatkan bahwa zona resistif di lintasan ini berkaitan dengan material yang lebih padat dan lebih mampu mendukung beban struktur. Sementara itu,pada Gambar 5.b hubungan *chargeability* dan N-SPT relatif lemah atau tidak baik. Sebagian data justru menunjukkan nilai *chargeability* tinggi pada N-SPT rendah dan sebagian lainnya tidak mengikuti pola tetap. Kondisi ini menjelaskan heterogenitas lapisan lempung jenuh air di lintasan 2, yang membuat *chargeability* tidak dapat dijadikan indikator langsung kekerasan tanah.

Pada Gambar 6.a, pola korelasi resistivitas dan N-SPT tetap baik dan paling konsisten dibanding dua lintasan sebelumnya. Hubungan ini menegaskan bahwa peningkatan resistivitas berhubungan dengan peningkatan kekuatan tanah (N-SPT), sesuai karakter litologi pasir padat atau tuf yang ditemukan pada kedalaman menengah. Pada Gambar 6.b korelasi *chargeability* dan N-SPT kembali kurang baik, karena nilai *chargeability* tinggi tidak selalu berhubungan dengan N-SPT rendah maupun tinggi secara konsisten. Ini terjadi karena *chargeability* lebih sensitif terhadap kandungan mineral lempung dibanding kekuatan tanah, sementara N-SPT lebih dipengaruhi kepadatan tanah, sehingga keduanya tidak mengikuti tren sederhana.

Berdasarkan ketiga lintasan, hubungan resistivitas terhadap N-SPT menunjukkan pola yang lebih konsisten dibandingkan hubungan chargeability terhadap N-SPT. Hal ini menunjukkan bahwa resistivitas dalam kondisi penelitian ini lebih sensitif terhadap perubahan material dan tingkat kekompakan tanah, sedangkan chargeability lebih merepresentasikan karakteristik polarisasi yang berkaitan dengan kandungan mineral lempung dan kondisi fluida pori. Dengan demikian, resistivitas dapat digunakan sebagai parameter utama dalam identifikasi perubahan kekompakan, sementara chargeability berperan sebagai parameter pendukung dalam interpretasi jenis material.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan dangkal hingga kedalaman ±8–10 m didominasi tanah lunak berupa lempung jenuh air dengan resistivitas <100 Ωm, *chargeability* 1,7–2,8 mV/V, dan N-SPT rendah–menengah (28–31), sedangkan lapisan lebih dalam merupakan tanah keras berupa pasir padat atau tuf dengan resistivitas 70–136 Ωm, *chargeability* <1,8 mV/V, dan N-SPT tinggi (40–60). Hubungan resistivitas dan N-SPT yang positif serta *chargeability* dan N-SPT yang negatif memperkuat pemisahan zona tanah lunak dan keras, sehingga integrasi geolistrik 2D, IP, dan N-SPT memberikan gambaran bawah permukaan yang jelas untuk mendukung penentuan pondasi dan perencanaan infrastruktur di kawasan ITERA. Integrasi ketiga parameter tersebut juga menunjukkan bahwa metode geolistrik dapat memperluas informasi spasial yang diperoleh dari pengujian N-SPT yang bersifat titik. Namun, interpretasi geofisika tetap memerlukan kontrol data geoteknik karena resistivitas dan chargeability dipengaruhi oleh kondisi material serta kandungan air bawah permukaan. Pendekatan integratif ini dapat digunakan sebagai metode pendukung dalam investigasi awal kondisi tanah untuk perencanaan infrastruktur di kawasan ITERA.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat diselesaikan berkat bantuan berbagai pihak. Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terimakasih kepada ibu Rizka, S.T., M.T. atas arahan dan bimbingan yang diberikan selama proses penelitian. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Laboratorium Teknik Geofisika ITERA dalam menyediakan peralatan. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memperluas pemahaman mengenai karakteristik tanah di wilayah penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Abd Malik, A. K., Madun, A., & Zahari, M. N. H. (2023). *Correlation of Electrical Resistivitas Tomography and Geotechnical Field Data for Soil Profile Characterization. Journal of Sustainable Underground Exploration,* 5(1), 86–95.

[2] Ismiralda, D. A., Pamungkas, H. S. R., & Irianto, S. (2023). Korelasi Kedalaman terhadap Nilai Resistivitas dan Parameter Geoteknik (N-SPT dan Kohesi) pada Tanah Vulkanik. *Jurnal Sains Informasi dan Teknologi*, 5(3), 297–306.

[3] Pusat Survei Geologi. (2010). Peta Geologi Lembar Tanjungkarang. Bandung: Pusat Survei Geologi.

[4] Fernando, R. (2021). Azimuthal resistivity sounding (ARS) untuk menghitung koefisien anisotropi di bawah permukaan di lingkungan kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA). Skripsi, Institut Teknologi Sumatera. Repository Institut Teknologi Sumatera.

[5] Itsnani, A. A., Tahrir, M., Wicaksono, H., & Artati, Y. (2024). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Survei Geolistrik dan Geoteknik Untuk Perencanaan Pembangunan Infrastruktur Areal Selatan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Jurnal Sains Infrastruktur & Lingkungan (JSIL), 9(1), 105–114.

[6] Yuspancana, B. D., Purwanto, M. S., Bahri, A. S., & Utama, W. (2024). Integrasi Data Resistivitas 2D Dengan Parameter Fisis dan Mekanis Tanah Untuk Evaluasi Daya Dukung Tanah (Studi Kasus: Ruas Jalan Kawasan JIIPE, Manyar, Gresik). Jurnal Geosaintek.

[7] Suhendra, S., Sinaga, J. E. E., Fadli, D. I., Halauddin, H., & Supiyati, S. (2024). 2D and 3D Modelling Electrical Resistivitas Tomography (ERT) of Landslide Sliding and Weak Bedding Plane Along Mountain Road North Bengkulu–Lebong, Indonesia. Geosfera Indonesia, 9(1), 29–40.

[8] Syamsuddin, E., Syamsuddin, S., Wahyuni, A., Jumatriani, J., Syakirah, S., & Illa, I. (2024). Interpretasi