Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat
Volume 23, Nomor 1, Februari 2026
1819-796X (p-ISSN); 2541-1713 (e-ISSN)
https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/f *Research Article*

Identifikasi Zona Lemah Penyebab Amblesan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D dan Data *Standard Penetration Test* di Wilayah Jakarta Pusat dan Selatan

M. Ilham Pratama[1)], Habib Mustofa[1)], Risky Martin Antosia[1)], Nur Hidayat[2)]

[1)] Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera
[2)] Badan Riset dan Inovasi Nasional

Email korespondensi : habibmustofa2003@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.20527/flux.v23i1.24831

Submitted: 12 Desember 2025; Revised: 18 Januari 2026**;** Accepted: 18 Januari 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi amblesan tanah di wilayah Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D dan data uji *Standard Penetration Test* (SPT). Data penelitian terdiri atas delapan lintasan geolistrik dan tiga titik bor SPT. Pengukuran geolistrik dilakukan menggunakan konfigurasi Wenner-Alpha dengan panjang lintasan 235 m dan spasi elektroda 5 m. Proses inversi menggunakan RES2DINV menghasilkan model resistivitas 0,5–200 Ωm dengan kedalaman penetrasi 35–45 m serta nilai RMSE pada masing-masing lintasan berada pada kisaran 2–7%. Korelasi resistivitas dan N-SPT dianalisis pada setiap kedalaman untuk mengidentifikasi karakter lapisan dan menentukan zona lemah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zona lemah hanya teridentifikasi pada Area A (SPT-01) di kedalaman 6–21 m, ditandai oleh resistivitas rendah (3,5–8 Ωm) dan nilai N-SPT sangat rendah (0–4), yang mengindikasikan lapisan tuf pasiran hingga material berbutir halus yang sangat lunak, jenuh air, dan berplastisitas tinggi. Sebaliknya, Area B (SPT-02 dan SPT-03) tidak menunjukkan indikasi zona lemah karena nilai N-SPT relatif tinggi dan stabil meskipun resistivitas bervariasi. Secara keseluruhan, potensi amblesan hanya terkonsentrasi pada Area A, sementara Area B berada dalam kondisi geoteknik yang stabil. Temuan ini memberikan informasi awal bagi pemerintah daerah dan masyarakat dalam mengenali wilayah rawan amblesan serta sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pembangunan yang lebih aman.
KATA KUNCI: Amblesan tanah; Geolistrik resistivitas 2D; Jakarta; Korelasi resistivitas–SPT; Standard Penetration Test (SPT).

ABSTRACT

This study aims to identify land subsidence potential in Central and South Jakarta using 2D resistivity geoelectrical methods and Standard Penetration Test (SPT) data. The dataset consists of eight 2D resistivity survey lines and three SPT boreholes. Geoelectrical measurements were conducted using the Wenner-Alpha configuration with a 235 m survey length and 5 m electrode spacing. The inversion process using RES2DINV produced resistivity models ranging from 0.5 to 200 Ωm, with penetration depths of 35–45 m and RMSE values below 7%. Correlation between resistivity and N-SPT values was analyzed at each depth interval to characterize subsurface layers and determine weak zones. Results indicate that a weak zone is present only in Area A (SPT-01) at depths of 6–21 m, marked by low resistivity (3.5–8 Ωm) and very low N-SPT values (0–4), suggesting saturated, highly plastic, and very soft sandy tuff to fine-grained materials prone to excessive consolidation. In contrast, Area B (SPT-02 and SPT-03) shows no indication of weak zones, as N-SPT values are relatively high and stable despite variations in resistivity.Overall, land subsidence potential is concentrated in Area A, while Area B remains geotechnically stable. These findings provide preliminary guidance for local authorities and communities in identifying subsidence-prone areas and supporting safer planning and development.
KEYWORDS : 2D resistivity geoelectrical; Jakarta; Land subsidence; Resistivity–SPT correlation; Standard Penetration Test (SPT)

PENDAHULUAN

Amblesan tanah (*land subsidence*) merupakan fenomena geologi berupa penurunan permukaan tanah secara vertikal yang menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan infrastruktur, khususnya di wilayah megapolitan yang berdiri di atas cekungan dengan endapan aluvial Kuarter yang tebal (Hendarto & Standing, 2019). Jakarta sebagai ibu kota Indonesia bahkan tercatat sebagai salah satu kota dengan tingkat amblesan tertinggi di dunia. Fenomena ini terutama dipengaruhi oleh proses kompaksi sedimen yang dipicu oleh ekstraksi air tanah secara berlebihan (Rosid, et al., 2021; Sutiyono, Rahman, Rendinis, & Agatha, 2024). Pengambilan air tanah berlebihan menurunkan tekanan air pori pada lapisan lempung, sehingga memicu konsolidasi sedimen dan amblesan tanah (Abidin et al., 2011; Hendarto & Standing, 2019).

Kondisi geologi cekungan Jakarta yang didominasi material aluvial berlempung menjadikan wilayah ini sangat peka terhadap proses konsolidasi dan menyebabkan dampak amblesan yang tidak seragam secara spasial (Hendarto & Standing, 2019). Pada bagian tengah-selatan cekungan, seperti Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan, keberadaan lapisan lempung tebal menyebabkan penurunan muka air tanah yang berdampak langsung pada peningkatan konsolidasi sedimen, berbeda dengan wilayah Jakarta Utara yang dipengaruhi oleh beban sedimen laut dan intrusi air laut (Abidin et al., 2011). Kondisi ini tercermin dari laju penurunan tanah yang di pengaruhi kombinasi faktor alami dan aktivitas manusia (Naufal, Sadisun, Kartiko, & Septiandi, 2024). Urgensi penelitian ini diperkuat oleh bukti kejadian amblesan permukaan, seperti insiden di ruas Jalan KH. Mas Mansyur, Tanah Abang, Jakarta Pusat, yang menunjukkan kegagalan struktural akibat kondisi bawah permukaan yang lemah (Kuncahyo, 2014).

Pemetaan zona lemah bawah permukaan memerlukan metode eksplorasi yang mampu menggambarkan variasi lateral dan vertikal secara efektif. Metode geoteknik, seperti *Standard Penetration Test* (SPT), dapat memberikan data N-value dan karakteristik geomekanika yang akurat, namun terbatas pada titik pengeboran tunggal (SM, Tahrir, Wicaksono, & Artati, 2024; Usman, Manrulu, Nurfalaq, & Rohayu, 2017). Sebagai alternatif, metode geofisika menawarkan pemetaan spasial yang cepat dan non-invasif. Geolistrik Resistivitas 2D adalah metode yang menghasilkan citra tomografi resistivitas bawah permukaan (Fadla, Nugraha, Erni, & Gunawan, 2022; Wahyudi, Azwar, & Muhardi, 2021). Prinsip kerja berdasarkan pada pengukuran nilai resistivitas batuan/tanah, yang sensitif terhadap kandungan fluida, porositas, dan litologi (Muhardi, Muliadi, & Zulfian, 2020; Uwaezuoke, Ishola, & Ayolabi, 2021). Dalam konteks amblesan, anomali resistivitas rendah (<10 Ωm) umumnya diinterpretasikan sebagai kehadiran lapisan lempung jenuh air yang berpotensi sebagai zona lemah penyebab amblesan (Manrulu, Nurfalaq, & Hamid, 2018; Zainuri & Sota, 2011).

Meskipun kajian amblesan telah banyak dilakukan, seperti pemodelan amblesan berbasis kecepatan gelombang geser (Vs30) (Sutiyono et al., 2024) atau survei akuifer *Vertical Electrical Sounding* (VES) (Sidik et al., 2024) mayoritas fokus penelitian terdahulu berada di Jakarta Utara yang berbatasan langsung dengan laut. Kondisi ini menyisakan kekurangan data yang sangat penting, yaitu terbatasnya informasi detail terintegrasi (geolistrik-geoteknik) mengenai bentuk dan sebaran zona lemah di wilayah Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan. Kekurangan data tersebut menjadi dasar dilakukannya penelitian ini. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk memetakan sebaran dan batas zona lemah penyebab amblesan di wilayah Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan melalui integrasi metode geolistrik resistivitas 2D dan uji *Standard Penetration Test* (SPT).

Berbeda dengan penelitian amblesan tanah yang umumnya berfokus pada wilayah Jakarta Utara, studi ini mengkaji kondisi bawah permukaan Jakarta Pusat dan Selatan melalui integrasi data geolistrik resistivitas 2D dan data N-SPT. Pendekatan ini

memungkinkan interpretasi bawah permukaan dan identifikasi zona lemah dilakukan secara lebih komprehensif dengan mengaitkan parameter geofisika dan geoteknik sebagai dasar mitigasi dan perencanaan pembangunan perkotaan.

METODE PENELITIAN

Amblesan Tanah

Amblesan tanah umumnya disebabkan oleh menurunnya daya dukung tanah akibat beban tambahan di permukaan, pengurangan tekanan pori, serta proses pelapukan (Abidin et al., 2011). Amblesan tanah dipicu oleh berbagai proses geologi dan hidrologi, seperti pelarutan batuan, erosi bawah permukaan, pemampatan atau pemadatan tanah, aliran air tanah, getaran, hingga proses penyusutan (Rizqi & Yudhana, 2020).

Metode Geolistrik Resistivitas

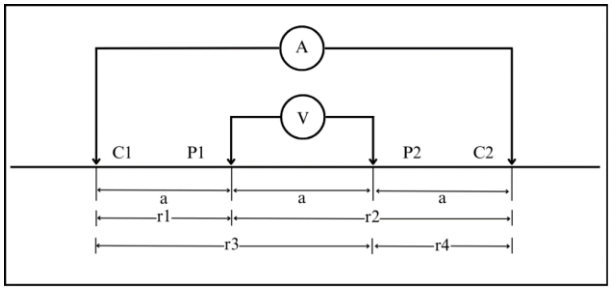
Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika aktif yang digunakan untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan dengan memanfaatkan variasi sifat tahanan jenis dari lapisan batuan. Metode ini terbukti efektif untuk mengetahui zona lemah penyebab amblesan karena dapat membedakan kontras nilai resistivitas antara lapisan batuan yang berongga dan material sekitarnya (Adriansyah, Marlinda, & Dewi, 2024; Makmur, Sehah, & Sugito 2016; Santoso, 2016).

Metode geolistrik resistivitas bekerja dengan cara menginjeksikan arus listrik (I) ke dalam tanah melalui sepasang elektroda arus kemudian dilakukan pengukuran beda potensial (ΔV) melalui sepasang elektroda potensial. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa sifat bumi adalah homogen dan isotropis. Dengan demikian nilai resistivitas yang terukur merupakan resistivitas yang sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Namun, pada kondisi sebenarnya, bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang tercatat merupakan pengaruh dari seluruh lapisan tersebut. Akibatnya, nilai resistivitas yang terukur tampak seolah-olah mewakili satu lapisan saja, terutama ketika spasi elektroda yang digunakan cukup besar. Oleh karena itu, nilai yang terukur adalah resistivitas semu (ρ_a) yang dapat dirumuskan pada Pers. (1).

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

Dengan ρ_a adalah resistivitas semu (Ωm), dan K adalah faktor geometri elektroda (m), ΔV adalah beda potensial (V), dan I adalah kuat arus (A).

Konfigurasi Wenner-Alpha merupakan salah satu konfigurasi yang umum digunakan dalam survei geolistrik 2D. Pada konfigurasi ini, jarak antar elektroda arus (C1–C2) dan elektroda potensial (P1–P2) adalah sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Elektroda arus (C) berfungsi untuk menginjeksikan arus dan elektroda potensial (P) berfungsi untuk mengukur beda potensial yang muncul.



Gambar 1. Konfigurasi Wenner-Alpha (modifikasi dari Telford dkk., 1990).

Konfigurasi Wenner-Alpha dipilih dalam penelitian ini dengan mempertimbangkan karakteristik target dan kondisi lapangan. Penelitian difokuskan pada identifikasi zona lemah dangkal serta variasi resistivitas secara vertikal di lingkungan perkotaan, sehingga diperlukan konfigurasi yang memiliki resolusi vertikal yang baik (Antosia, 2025). Keunggulan konfigurasi ini adalah ketelitian pembacaan beda potensial antara P1 dan P2 yang relatif tinggi, karena posisi elektroda potensial yang berdekatan dengan elektroda arus C1 dan C2 (Saputra, Putra, & Irawan, 2023). Selain itu, konfigurasi ini memiliki kemampuan yang baik dalam membedakan variasi resistivitas secara vertikal, sehingga efektif terhadap anomali lokal yang berada dekat dengan permukaan (Adriansyah, Marlinda, & Dewi, 2024). Faktor

geometri konfigurasi Wenner dapat dihitung dengan Pers. 2 (Telford et al., 1990).

$$K = 2\pi\left[\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)-\left(\frac{1}{r_3}-\frac{1}{r_4}\right)\right]^{-1} \quad (2.1)$$

$$K = 2\pi\left[\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{2a}\right)-\left(\frac{1}{2a}-\frac{1}{a}\right)\right]^{-1} \quad (2.2)$$

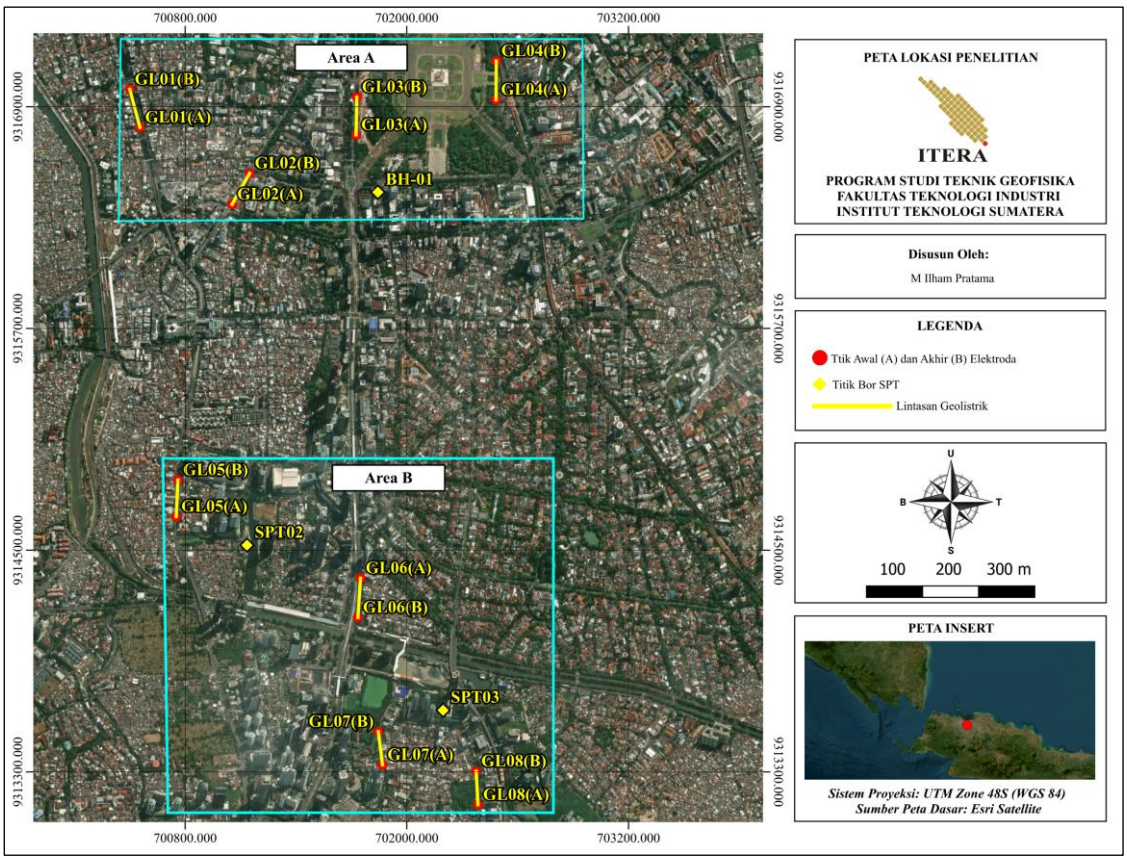
$$K = 2\pi a \quad (2.3)$$

Uji Penetrasi Standar

Uji Penetrasi Standar atau biasa dikenal sebagai *Standard Penetration Test* (SPT) merupakan metode pengujian lapangan yang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik tanah melalui pengambilan sampel dan pencatatan nilai pukulan (N-value). Sampel tanah yang diperoleh dari pengujian ini kemudian dianalisis di laboratorium guna menentukan sifat fisik maupun mekanis dari material tanah tersebut (Sari et al., 2021). Pengujian SPT bertujuan untuk mendapatkan gambaran lapisan tanah berdasarkan jenis dan warna tanah melalui pengamatan secara visual, sifat-sifat tanah dan karakteristik tanah (Jusi, 2015).

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data geolistrik resistivitas 2D dan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) yang terdiri atas delapan lintasan geolistrik dan tiga titik bor. Setiap lintasan memiliki panjang sekitar 235 m dengan spasi elektroda 5 m dan menggunakan total 48 elektroda pada konfigurasi Wenner-Alpha. Akuisisi data geolistrik dilaksanakan pada bulan Juni 2023 menggunakan alat *Automatic Resistivity System* (ARES). Proses pengolahan data selanjutnya dilakukan menggunakan perangkat lunak RES2DINV, Oasis Montaj, dan QGIS. Data resistivitas hasil inversi dikorelasikan dengan data N-SPT melalui perbandingan nilai resistivitas pada penampang 2D dan nilai N-SPT pada interval kedalaman yang sama serta lokasi yang berdekatan, sehingga korelasi dilakukan secara spasial dan vertikal.

Lokasi penelitian berada di wilayah Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan yang secara geologi termasuk dalam Formasi Kipas Aluvium. Lintasan GL1–GL4 berada di Kec. Gambir, GL5 di Kec. Tanah Abang, GL6 di Kec. Menteng, sedangkan GL7 dan GL8 berlokasi di Kec. Setia Budi. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

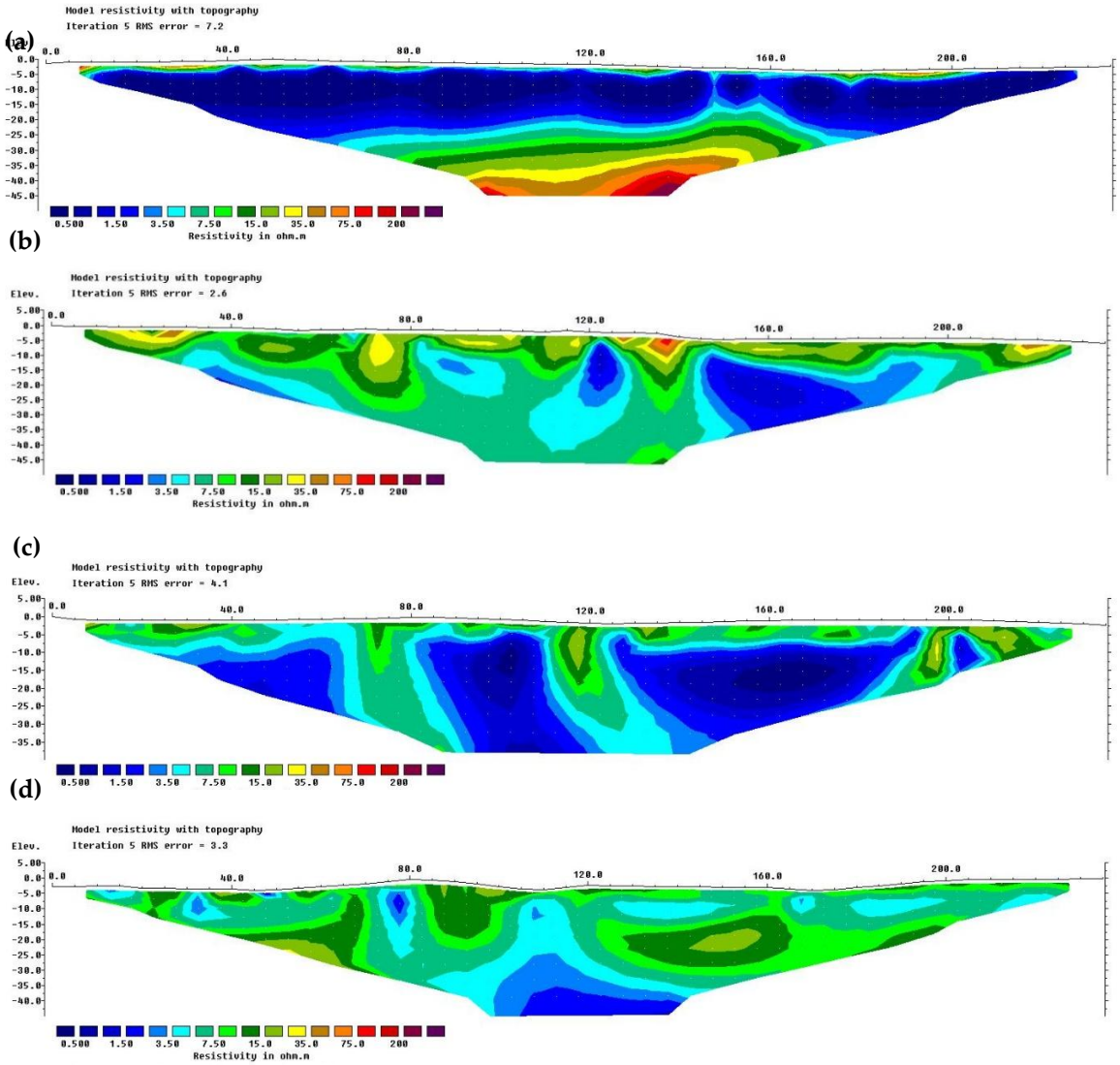
Hasil Pengolahan Data Geolistrik

Hasil penelitian menunjukkan struktur bawah permukaan berupa penampang resistivitas 2D hasil inversi menggunakan perangkat lunak RES2DINV. Penampang tersebut menampilkan variasi resistivitas dengan rentang 0,5–200 Ωm, dengan kedalaman penetrasi mencapai 35–45 m. Proses inversi dilakukan sebanyak 5 iterasi dengan nilai RMSE masing-masing lintasan sebesar 7,2% (GL1), 2,6% (GL2), 4,1% (GL3), 3,3% (GL4), 4,6% (GL5), 4,5% (GL6), 5,3% (GL7), dan 4,1% (GL8). Hasil penampang 2D tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

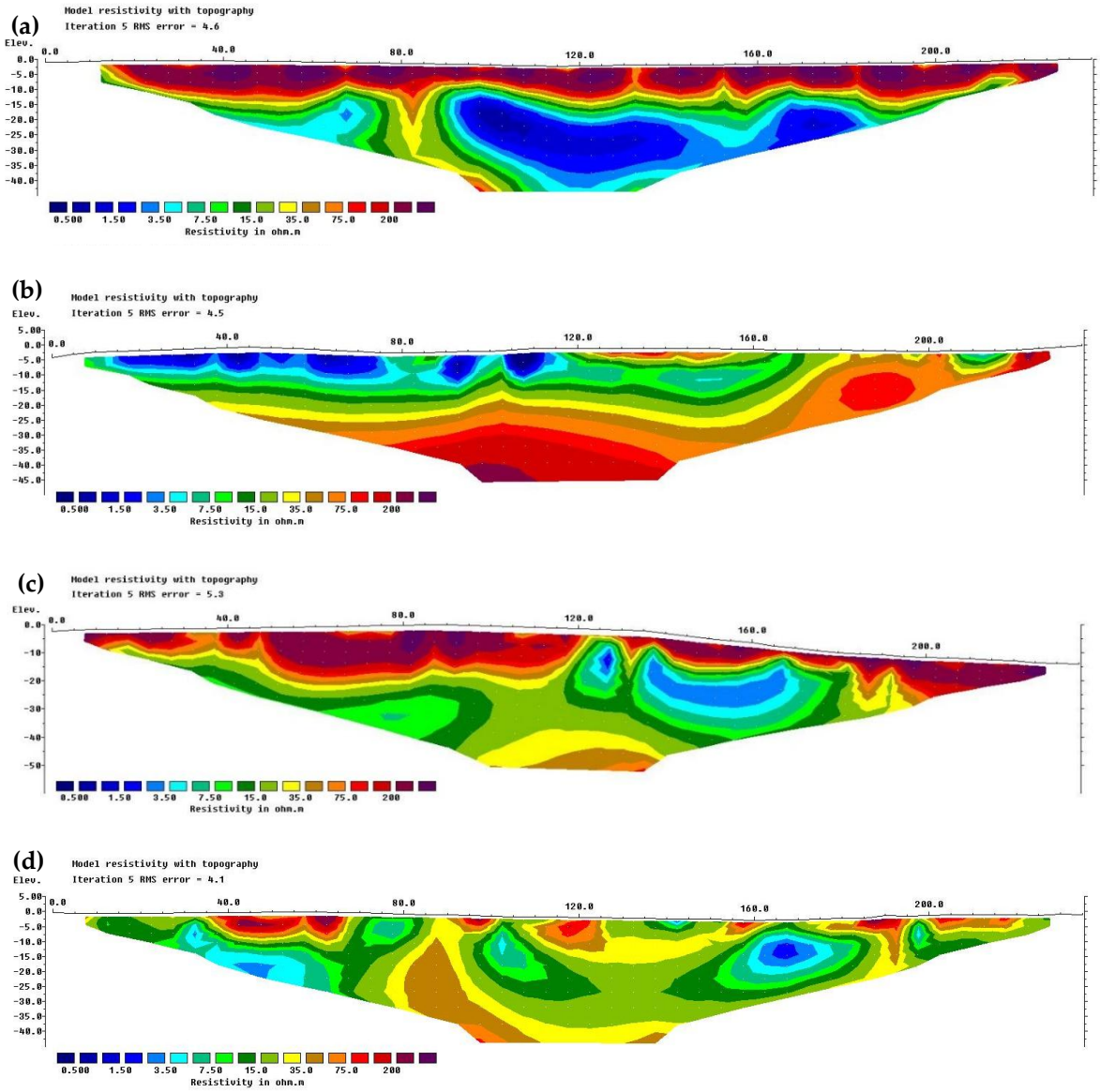
Interpretasi nilai resistivitas dalam penelitian ini dilakukan secara empiris dengan mengacu pada studi (Naryanto et al., 2020) yang memiliki kesamaan satuan geologi dengan lokasi penelitian. Secara litologi, lokasi pengukuran geolistrik berada pada satuan Kipas Aluvium berumur Pleistosen yang tersusun atas tuf halus berlapis, tuf pasiran, serta selingan tuf konglomeratan (Turkandi et al., 1992). Interpretasi dilakukan dengan membandingkan variasi resistivitas pada setiap kedalaman dengan karakteristik litologi yang umum dijumpai pada Formasi Kipas Aluvium. Tabel 1 menunjukkan nilai resistivitas setiap batuan (Naryanto et al., 2020).

Tabel 1. Nilai resistivitas batuan.

No	Resistivitas (Ωm)	Litologi
1	0 – 5	Tuf pasiran
2	5 – 30	Tuf halus-sedang
3	30 – 195	Tuf berukuran kasar
4	>195	Material urugan



Gambar 3. Profil penampang 2-D (a) GL1, (b) GL2, (c) GL3, dan (d) GL4.



Gambar 4. Profil penampang 2-D (a) GL5, (b) GL6, (c) GL7, dan (d) GL8.

Hasil Uji *Standard Penetration Test* (SPT)

Nilai N-SPT merupakan indikator utama untuk menilai kekuatan dan kekompakan tanah pada setiap kedalaman. Secara umum, nilai N-SPT rendah (0–4) mengindikasikan tanah sangat lunak dan berpotensi menjadi zona lemah. Nilai sedang (5–15) menunjukkan konsistensi medium hingga *stiff*, sedangkan nilai tinggi (>30) mengindikasikan tanah keras hingga sangat padat yang memiliki daya dukung baik. Hasil uji SPT dari tiga titik bor memberikan gambaran kondisi geoteknik bawah permukaan. Data lengkapnya ditunjukkan pada Gambar S1 dan Gambar S2.

Penentuan jenis material dan konsistensi tanah dalam penelitian ini merujuk pada log deskripsi litologi hasil uji SPT yang disusun berdasarkan observasi visual sampel tanah pada setiap interval kedalaman pemboran, sehingga merepresentasikan kondisi geoteknik aktual di lokasi penelitian.

Secara keseluruhan, SPT-01 menampilkan zona lemah pada kedalaman 6–21 m dengan nilai N-SPT (0–4), menunjukkan material sangat lunak dan jenuh air. Sebaliknya, SPT-02 dan SPT-03 didominasi nilai N-SPT tinggi pada sebagian besar kedalaman (>30), menandakan kondisi tanah yang kompak, keras, dan relatif aman dari potensi amblesan, sehingga secara geoteknik tergolong stabil.

Hasil Korelasi Resistivitas dan N-SPT

Wilayah penelitian dibagi menjadi dua area utama berdasarkan pengelompokan lintasan geolistrik dan titik bor. Area A terdiri

atas lintasan GL1–GL4 dan titik bor SPT-01, sedangkan Area B meliputi lintasan GL5–GL8 serta titik bor SPT-02 dan SPT-03. Pengelompokan ini bertujuan mempermudah analisis dan penyajian hasil agar hubungan antara pola resistivitas dan nilai N-SPT dapat diinterpretasikan secara lebih terstruktur pada setiap area. Peta lokasi lintasan dan titik bor untuk Area A dan Area B dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Korelasi nilai resistivitas dan N-SPT (01) pada Area A.

Kedalaman (m)	Resistivitas (Ωm)	N-SPT (01)
1	15	5
3	10	4
6	8	0
9	7	2
13	7.5	4
17	5	0
21	3.5	1
26	3.5	7
31	35	18
36	35	17

Peta persebaran resistivitas hasil interpolasi dari empat penampang geolistrik Area A (GL1–GL4) pada berbagai kedalaman disajikan dalam Gambar 5. Interpolasi tersebut bertujuan menghasilkan visualisasi sebaran resistivitas yang kontinu guna mengestimasi dan mengorelasikan nilai resistivitas dengan data N-SPT. Langkah ini krusial karena lokasi titik bor tidak berhimpit langsung dengan lintasan geolistrik, melainkan berjarak ratusan meter hingga beberapa kilometer. Hasil pemetaan tersebut memberikan gambaran lateral mengenai sifat bawah permukaan di wilayah penelitian, sehingga korelasi antara nilai resistivitas dan N-SPT dapat dilakukan dengan lebih menyeluruh.

Pada umumnya, semakin bertambahnya kedalaman, nilai N-SPT cenderung meningkat. Pola yang sama juga terlihat pada resistivitas, di mana nilai resistivitas yang tinggi umumnya berkorelasi dengan nilai N-SPT yang tinggi, yang menunjukkan bahwa lapisan bawah permukaan semakin padat dan keras (Anas, Alihudien, & Priyono, 2024; Sepliza, Adi, & Faris, 2023). Pola ini juga terlihat pada Area A, di mana korelasi resistivitas dan N-SPT di titik SPT-01 menunjukkan hubungan yang kuat dalam mengidentifikasi zona lemah yang berpotensi menyebabkan amblesan.

Hasil korelasi antara nilai resistivitas dan data N-SPT untuk Area A ditunjukkan pada Tabel 2. Pada kedalaman 1–3 m, resistivitas berada pada rentang 10–15 Ωm dengan nilai N-SPT 4–5 menunjukkan material timbunan dengan kondisi lepas hingga kepadatan sedang (*loose–medium dense*) berplastisitas rendah, berupa tuf halus-sedang yang bercampur pasir kasar dan pasir kerikil (Naryanto et al., 2020). Perubahan signifikan mulai terlihat di kedalaman 6–21 m, di mana resistivitas menurun drastis menjadi 3,5–8 Ωm disertai nilai N-SPT yang rendah (0–4). Kondisi ini menunjukkan material yang sangat lunak, jenuh air, dan plastisitas tinggi, yang diinterpretasikan sebagai tuf pasiran atau lempung berdebu. Lapisan ini berperan sebagai zona lemah dan berpotensi menjadi penyebab amblesan karena memiliki daya dukung rendah dan rentan mengalami konsolidasi berlebih, terutama bila terdapat beban bangunan berlebih atau terjadi penurunan muka air tanah.

Kedalaman >21 m masih menunjukkan nilai resistivitas rendah sekitar 3,5 Ωm, namun nilai N-SPT meningkat menjadi 7 menunjukkan lapisan transisi dengan konsistensi mulai mengeras, kemungkinan berupa tuf pasiran atau debu berpasir yang diakibatkan oleh kompaksi tekanan overburden. Pada kedalaman 31–36 m, resistivitas meningkat hingga 35 Ωm dan N-SPT mencapai 17–18, mengindikasikan material lebih padat dan kaku, diinterpretasikan sebagai lempung atau tuf kasar.

Secara keseluruhan, korelasi resistivitas dan N-SPT menunjukkan pola yang relatif konsisten, di mana kenaikan resistivitas diikuti peningkatan nilai N-SPT. Zona lemah teridentifikasi jelas pada kedalaman 6–21 m, dengan resistivitas rendah (3,5–8 Ωm) dan N-SPT sangat rendah (0–4), yang mencerminkan material sangat lunak, jenuh air, dan tidak stabil secara geoteknik.

Tabel 3. Korelasi nilai resistivitas dan N-SPT (02) pada Area B.

Kedalaman (m)	RESISTIVITAS (ΩM)	N-SPT (02)
1	200	7
3	35	8
6	75	10
9	35	32
13	35	>60
17	15	>60
21	7.5	18
26	15	28
31	35	36
36	7.5	39
40	7.5	46

Tabel 4. Korelasi nilai resistivitas dan N-SPT (03) pada Area B.

Kedalaman (m)	RESISTIVITAS (ΩM)	N-SPT (03)
1	30	4
3	3.5	4
6	7.5	5
9	7.5	33
13	15	>50
17	35	>50
21	7.5	>50
26	7.5	>50
31	7.5	36
36	7.5	*End of Boring*
40	7.5	*End of Boring*

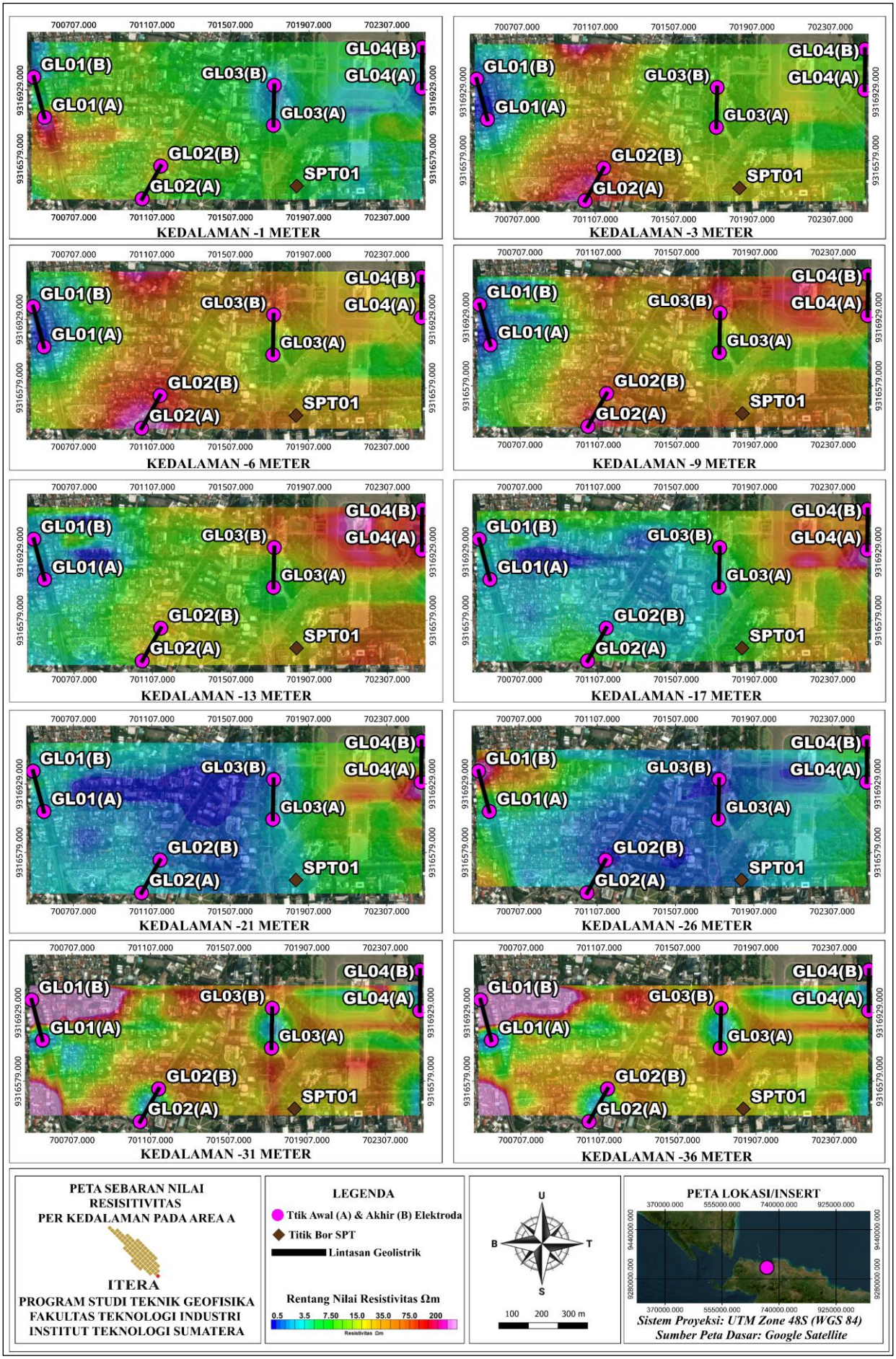
Peta persebaran resistivitas hasil interpolasi empat penampang geolistrik di Area B (GL5–GL8) disajikan pada Gambar 6. Korelasi antara nilai resistivitas dan data N-SPT pada titik SPT-02 dan SPT-03 menunjukkan ketidaksesuaian, sebagaimana juga dilaporkan pada studi sebelumnya (Ismiralda, Pamungkas, & Irianto, 2025; Puttiwongrak et al., 2023; Virman, 2013). Namun, N-SPT pada sebagian besar kedalaman tetap tinggi, sehingga tidak teridentifikasi adanya zona lemah yang berpotensi memicu amblesan tanah. Hasil korelasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Ketidaksesuaian tersebut menunjukkan bahwa resistivitas rendah tidak selalu mencerminkan kondisi tanah yang lemah secara mekanik, melainkan lebih dipengaruhi oleh litologi dan kejenuhan air tanah, khususnya dominasi material berbutir halus yang jenuh air dan bersifat konduktif. Kondisi tersebut menyebabkan variasi resistivitas meskipun lapisan tanah telah terkompaksi dengan baik dan memiliki daya dukung tinggi, sehingga nilai N-SPT tetap tinggi.

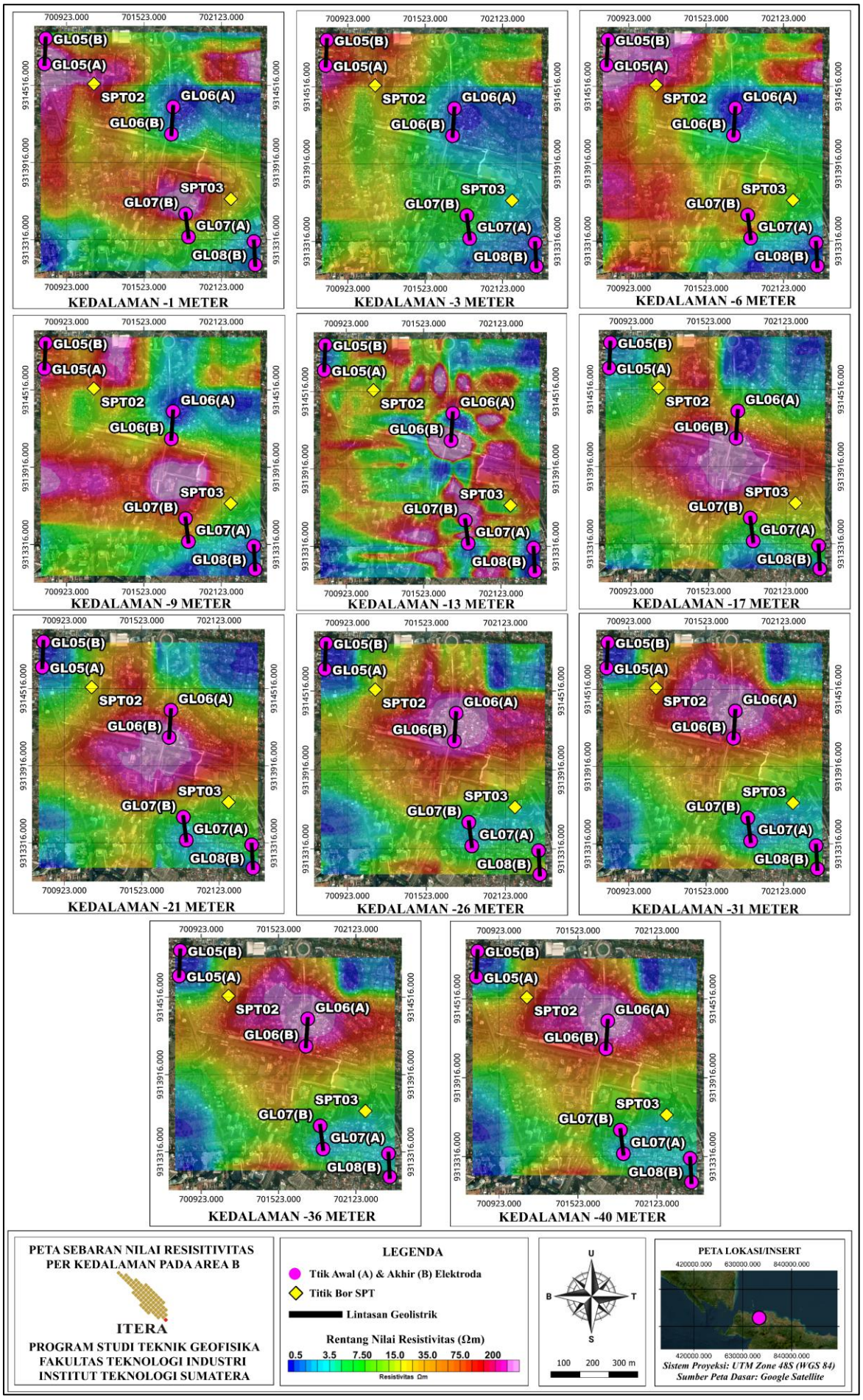
Pada titik SPT-02, nilai N-SPT tinggi mulai muncul dari kedalaman 9 m hingga 40 m. Lapisan pada rentang ini tersusun dari lempung kelanauan, lanau hingga pasir kelanauan dengan tingkat kepadatan *stiff*, *very stiff*, hingga *hard*. Beberapa ketidaksesuaian antara data N-SPT dan resistivitas, misalnya resistivitas rendah pada lapisan N-SPT tinggi lebih disebabkan oleh keberadaan material jenuh air, berbutir halus dan bersifat konduktif.

Hasil pada titik SPT-03 menunjukkan pola serupa dengan kenaikan tajam nilai N-SPT dari kedalaman 13–26 m, mencapai hingga >50, yang mengindikasikan material kaku hingga keras. Meskipun beberapa kedalaman memiliki resistivitas rendah (3,5–7,5 Ωm), kondisi tersebut berkaitan dengan kejenuhan air dan bukan indikator zona lemah. Secara mekanik, lapisan-lapisan ini tetap padat dan memiliki daya dukung tinggi, didominasi lanau, pasir kelanauan, dan tuf halus–sedang yang terkompaksi oleh tekanan *overburden*.

Secara keseluruhan, meskipun resistivitas bervariasi pada beberapa kedalaman, nilai N-SPT yang tinggi dan konsisten menunjukkan kondisi bawah permukaan yang stabil tanpa indikasi zona lemah. Perubahan resistivitas yang terjadi masih dapat diterima karena selaras dengan kondisi litologi dan tingkat kejenuhan air. Kondisi ini mengindikasikan risiko amblesan yang rendah sehingga area tersebut relatif aman untuk pengembangan infrastruktur dan dapat dimanfaatkan dalam perencanaan tata ruang perkotaan.



Gambar 5. Peta sebaran resistivitas per kedalaman pada Area A.



Gambar 6. Peta sebaran resistivitas per kedalaman pada Area B.

KESIMPULAN

Integrasi pemodelan geolistrik resistivitas 2D dan data N-SPT terbukti efektif dalam mengidentifikasi perbedaan karakteristik geoteknik bawah permukaan serta potensi amblesan tanah pada area penelitian, di mana Area A menunjukkan risiko amblesan tertinggi akibat keberadaan zona lemah, sedangkan Area B relatif stabil secara geoteknik. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan multiparameter dapat digunakan sebagai dasar penilaian awal risiko amblesan tanah dalam perencanaan dan mitigasi pembangunan wilayah perkotaan. Ke depan, penelitian lanjutan dapat dikembangkan dengan menambahkan parameter geoteknik dan geofisika lainnya serta analisis kuantitatif yang lebih mendalam, termasuk penerapan pemodelan geolistrik resistivitas 3D dan *time-lapse* guna meningkatkan akurasi dan ketepatan zonasi serta prediksi potensi amblesan tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), khususnya kepada Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, atas bimbingan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Fukuda, Y., Pohan, Y. E., & Deguchi, T. (2011). Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Natural Hazards*, *59*(3), 1753–1771. https://doi.org/10.1007/s11069-011-9866-9

Adriansyah, R., Marlinda, L., & Dewi, I. K. (2024). Identifikasi Zona Lemah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner di Kelurahan Terusan Kecamatan Maro Sebo Ilir Kabupaten Batanghari. *Journal Online of Physics*, *9*(2), 6–11.

Anas, K., Alihudien, A., & Priyono, P. (2024). Korelasi Sifat Geoteknik dan Resistivitas Tanah untuk Pondasi Telapak (Studi Kasus: UKM FKM Universitas Jember). *Jurnal Smart Teknologi*, *5*(4), 508–515.

Antosia, R. M. (2025). A Comparative Study of Vertical Geoelectrical Arrays in Delineating Shallow Subsurface Properties. *Earth Sciences Research Journal*, *29*(1), 81–88. https://doi.org/10.15446/esrj.v29n1.109067

Fadla, R., Nugraha, M. S. A., Erni, & Gunawan. (2022). Identifikasi Zona Akuifer Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Megal Kabupaten Blora. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, *19*(2), 174–181. https://doi.org/10.20527/flux.v19i2.12187

Hendarto, H., & Standing, J. R. (2019). Influence of groundwater extraction on land subsidence in Jakarta. *17th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE 2019 - Proceedings*, *2019-September*, 1–8. https://doi.org/10.32075/17ECSMGE-2019-0511

Ismiralda, D. A., Pamungkas, H. S. R., & Irianto, S. (2025). Korelasi Kedalaman terhadap Nilai Resistivitas dan Parameter Geoteknik (N-SPT dan Kohesi) pada Tanah Vulkanik dengan Analisis Regresi dan Klaster. *Jurnal Sains Dan Teknologi (JSIT)*, *5*(3), 378–390. https://doi.org/10.47233/jsit.v5i2.3667

Jusi, U. (2015). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test). *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, *1*(2), 50–82.

Kuncahyo, W. S. (2014). *Jalan Amblas di Tanah Abang*. RMOL.Id.

Makmur, S., Sehah, & Sugito. (2016). Analisis Zona Lemah (Amblesan) di Kawasan Jalan Raya Gunung Tugel Kabupaten Banyumas Berdasarkan Survei Geolistrik Konfigurasi Wenner. *Techno*, *17*(2), 111–121.

Manrulu, R. Hi., Nurfalaq, A., & Hamid, I. D. (2018). Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik

Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger Di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo. *Jurnal Fisika FLUX*, *15*(1), 6–12. http://ppjp.unlam.ac.id/journal/index.php/f/6

Muhardi, M., Muliadi, & Zulfian. (2020). Model 3D Sebaran Lindi pada Lapisan Tanah di Area TPA Batulayang Pontianak Berdasarkan Nilai Resistivitas. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, *17*(2), 73–79. https://doi.org/10.20527/flux.v17i2.7713

Naryanto, H. S., Khaerani, P., Trisnafiah, S., Shomim, A. F., Wisyanto, & Tejakusuma, I. G. (2020). Identifikasi Potensi Airtanah untuk Kebutuhan Penyediaan Air Bersih dengan Metode Geolistrik: Studi Kasus di Kawasan Geostech, Puspiptek Serpong. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, *21*(2), 204–212.

Naufal, M. A., Sadisun, I. A., Kartiko, R. D., & Septiandi, M. I. (2024). *Evaluating the Causes of Land Subsidence in Central Jakarta Using 1-Dimensional Consolidation Approach*. *11*(2), 62–72.

Puttiwongrak, A., Keo, S., Vann, S., Arpornthip, T., Suteerasak, T., & Sukontasukkul, P. (2023). Geological and Climatic Factors Affecting the Correlation between Electrical Resistivity and SPT N-Value in Sandy Soils of Phuket, Thailand. *Geosciences*, *13*(6), 1–12. https://doi.org/10.3390/geosciences13060185

Rizqi, A. H. F., & Yudhana, W. B. M. (2020). Identifikasi Keberadaan Rongga Sebagai Pemicu Amblesan (Sinkhole) Berdasarkan Data Geologi dan Geolistrik di Daerah Bedoyo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunung Kidul. *Jurnal Mineral, Energi Dan Lingkungan*, *4*(4), 32–45.

Rosid, M. S., Prastama, R. A., Yusuf, M., Daud, Y., & Riyanto, A. (2021). Monitoring of Jakarta Subsidence Applying 4D Microgravity Survey Between 2014 and 2018. *International Journal of GEOMATE*, *20*(79), 132–138. https://doi.org/10.21660/2021.79.j2031

Santoso, B. (2016). Penerapan Metode Geolistrik-2D Untuk Identifikasi Amblesan Tanah dan Longsoran di Jalan Tol Semarang-Solo KM +400 - KM 5+800. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, *1*(2), 179–186. https://doi.org/10.21009/SPEKTRA

Saputra, D., Putra, T. S., & Irwan, A. G. (2023). Analisis Lapisan Tanah Ruas Jalan dengan Metode Geolistrik Studi Kasus Desa Bikang, Bangka Selatan. *Jurnal Aspirasi Teknik Sipil*, *1*(1), 1–7. https://doi.org/10.35438/aspal.v1i1.9

Sari, U. C., Sholeh, Moh. N., Pratama, M. M. A., Aritonang, I. J., & Prasetya, F. D. (2021). Analisis Kapasitas Daya Dukung pada Ragam Pondasi Beton Bulat Menggunakan Standar Penetration Test (SPT). *PONDASI*, *26*(1), 38–47.

Sepliza, R., Adi, A. D., & Faris, F. (2023). Korelasi Hasil Uji Pendugaan Geolistrik Terhadap Hasil Standard Penetration Test. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, *2*(2), 467–478.

Sidik, F. B., Ghoni, A. A., Ulhaq, L. D., Danuputra, D. A., Aprillarosanti, P. H., Sakinah, T. I., & Pangestu, F. B. (2024). Investigasi Akuifer Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Vertical Electrical Sounding (VES) Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Randuacir, Kecamatan Argomulyo, Kota Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, *21*(3), 213–220. https://doi.org/10.20527/flux.v21i3.21156

SM, A. A. I., Tahrir, M., Wicaksono, H., & Artati, D. Y. (2024). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Survei Geolistrik dan Geoteknik untuk Perencanaan Pembangunan Infrastruktur Areal Selatan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, *9*(1), 105–114.

Sutiyono, Rahman, A. S., Rendinis, & Agatha, M. J. M. (2024). Pemodelan Amblesan Tanah di Wilayah DKI Jakarta Berdasarkan Kecepatan Gelombang

Geser Rata-Rata hingga Kedalaman 30 Meter (Vs30) USGS. *Buletin Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika*, *5*(1), 20–27.

Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Turkandi, T., Sidarto, Agustyanto, D. A., & Purbo Hadiwidjoyo, M. M. (1992). *Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu (Skala 1:100.000)*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Usman, B., Manrulu, R. H., Nurfalaq, A., & Rohayu, E. (2017). Identifikasi Akuifer Air Tanah Kota Palopo Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger. *Jurnal Fisika FLUX*, *14*(2), 65–72. http://ppjp.unlam.ac.id/journal/index.php/f/65

Uwaezuoke, Ishola, & Ayolabi. (2021). Electrical resistivity imaging and multichannel analysis of surface waves for mapping the subsurface of a Wetland Area of Lagos, Nigeria. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, *10*(1), 300–319. https://doi.org/10.1080/20909977.2021.1927427

Virman. (2013). Analisis Data Geolistrik dan Data Uji Tanah Untuk Menentukan Struktur Bawah Tanah Daerah Skyland Distrik Abepura Papua. *Jurnal Fisika*, *3*(1), 43–50.

Wahyudi, A., Azwar, A., & Muhardi. (2021). Penggunaan Metode Geolistrik Resistivitas untuk Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan Gunung Tujuh Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Fisika Unand*, *10*(1), 62–69. https://doi.org/10.25077/jfu.10.1.62-69.2021

Zainuri, A., & Sota, I. (2011). Identifikasi Daya Dukung Batuan untuk Rencana Lokasi Tempat Pembuangan Sampah di Desa Tulaa, Bone Bolango. *Jurnal Fisika Flux*, *8*(2), 126–134.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Deskripsi	Blows Per Each 45 cm N1	N2	N3	N
1	3	Material Timbunan, pasir dan kerikil, pasir kasar plastisitas rendah, lembab, kondisi lepas – padat sedang	1	2	3	5
2			10	5	6	11
3			1	2	2	4
4	7	Lempung Berdebu, plastisitas tinggi, dengan sedikit kerikil, lembab, kondisi lunak.	0	0	1	1
5			0	0	0	0
6						
7			0	0	1	1
8						
9			0	0	2	2
10						
11	1	Debu Berpasir, plastisitas tinggi, lembab, kondisi lunak.	1	1	1	2
12	5	Debu Berlempung, plastisitas tinggi, terdapat sedikit pasir, lembab, kondisi sangat lunak – lunak.	1	2	2	4
13			1	1	0	1
14			0	0	0	0
15						
16						
17	2	Debu Berpasir plastisitas tinggi, sedikit organik, lembab, kondisi sangat lunak	0	0	0	0
18			1	1	2	3
19	1	Debu Berlempung				
20	6	Debu Berlempung, plastisitas tinggi, lembab, kondisi sangat lunak.	1	1	1	2
21			0	0	1	1
22			0	0	0	0
23						
24			1	1	2	3
25			2	2	5	7
26	2,5	Debu Berpasir, plastisitas tinggi, lembab, kondisi keras sedang.	1	3	4	7
27						
28						
29	2,5	Lempung berdebu, plastisitas tinggi, kondisi lembap, dan memiliki konsistensi kaku.	4	6	10	16
30			4	9	16	25
31	9	Lempung Berdebu, plastisitas tinggi, lembab, kondisi sangat kaku.	5	7	11	18
32			4	8	9	17
33						
34			6	9	12	21
35			5	7	10	17
36			5	7	12	19
37						
38			5	7	10	17
39						
40		Debu Berpasir, plastisitas tinggi, lembab, kondisi kaku.	4	5	6	11
Kedalaman Maksimum						

Standard Penetration Test (10 20 30 40 50 60)

a

Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Deskripsi	Blows Per Each 45 cm N1	N2	N3	N
1	2	Lempung kelanauan, warna abu-abu ke coklatan konsistensi medium	3	3	4	7
2						
3	2	Lempung kelanauan, warna merah abu-abu konsistensi medium	3	4	4	8
4						
5	2	Lanau kelempungan, warna merah abu-abu konsistensi stiff	3	4	6	10
6						
7	4	Lanau, warna abu-abu gelap, kepadatan sangat keras	9	14	18	32
8						
9			11	16	22	38
10						
11	3	Lanau, warna coklat, kepadatan sangat keras	24	31	40	>60
12						
13			19	26	34	>60
14	3	Pasir kelanauan, warna coklat gelap, kepadatan sangat padat				
15			21	28	36	>60
16						
17	4	Pasir, warna hitam kecoklatan, kepadatan sangat padat	23	30	37	>60
18						
19			20	27	34	>60
20						
21	3	Lanau kelempungan, warna abu-abu gelap, kekakuan sangat kaku/liat	6	8	10	18
22						
23			7	11	15	26
24	11	Lanau kepasiran, warna abu-abu gelap, kekakukan sangat kaku hingga keras				
25			8	12	16	28
26						
27			8	12	17	29
28						
29			10	14	18	32
30						
31			11	16	20	36
32						
33			11	16	22	38
34						
35	6	Lanau, warna abu-abu, kepadatan keras	18	17	22	39
36						
37			19	18	23	41
38						
39			15	20	26	46
40						
Kedalaman Maksimum						

Standard Penetration Test (10 20 30 40 50 60)

N-SPT>50 blows/ft

N-SPT>50 blows/ft

N-SPT>50 blows/ft

N-SPT>50 blows/ft

N-SPT>50 blows/ft

b

Gambar S1. Data hasil uji SPT (a) SPT-01 dan (b) SPT-02

Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Deskripsi	Blows Per Each 45 cm				Standard Penetration Test
			N1	N2	N3	N	10 20 30 40 50 60
1	2	Lempung coklat kemerahan, lembap, kaku sedang, plastisitas tinggi	1	2	2	4	
2			2	3	4	7	
3	2	Lanau kelempungan coklat, lembap, kaku sedang, plastisitas tinggi	2	2	2	4	
4							
5	2	Lanau kelempungan coklat muda, lembap, kaku sedang, plastisitas tinggi	2	2	3	5	
6							
7	2	Lanau kelempungan coklat muda, lembap, kaku sedang, plastisitas tinggi	5	9	11	20	
8							
9	3	Lanau coklat muda, lembab, kaku tinggi, plastisasi rendah	7	12	21	33	
10							
11			15	20	22	42	
12	2	Lanau tersementasi coklat muda, lembab, keras, plastisitas rendah					
13			18	21	25	>50	
14	4	Lanau tersemenatsi coklat, lembab, keras, plastisitas rendah					N-SPT>50 blows/ft
15			20	25	3 25	50	
16							
17			23	25	-	>50	
18	3	Pasir tesementasi coklat tua, lembab, sangat padat, gradasi buruk					N-SPT>50 blows/ft
19			25	5 25	25	>50	
20							N-SPT>50 blows/ft
21	3	Pasir tersementasi coklat, lembab, sangat padat, gradasi buruk	21	26	4 28	>50	
22							N-SPT>50 blows/ft
23			17	23	27	50	
24	2	Lanau tersementasi coklat muda, lembab, keras, plastisitas rendah					
25			15	20	25	>50	
26	5	Pasir kelanauan, abu gelap, lembab hingga basah, padat, bergradasi buruk					N-SPT>50 blows/ft
27							
28			7	15	6 17	32	
29							
30			11	15	21	36	
Kedalaman Maksimum							

Gambar S2. Data hasil uji SPT-03