

Korelasi Sifat Geoteknik dan Resistivitas Tanah untuk Pondasi Telapak
(Studi Kasus : UKM FKM Universitas Jember)
Correlation of Geotechnical Properties and Soil Resistivity for Foot Foundations
(Case Study: UKM FKM Jember University)

Khoirul Anas¹, Arief Alihudien², Pujo Priyono³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: anassipil07@gmail.com

² Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : pujopriyono@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Universitas Jember salah satu perguruan tinggi yang semakin tahun semakin mengalami peningkatan jumlah mahasiswa yang diterima. Kebutuhan akan sarana penunjang kegiatan mahasiswa semakin meningkat, sehingga pembangunan semakin banyak. UKM FKM yang dibangun pada tahun 2024, adanya pembangunan tersebut diperlukan data struktur tanah guna perencanaan pondasi. Metode geolistrik sebagai salah satu cara mengetahui keadaan struktur bawah tanah, yang masih perlu dikorelasikan dengan data SPT dan data sondir. Perhitungan struktur UKM FKM menggunakan SAP 2000 v.22, sedangkan untuk pembebanannya menggunakan SNI 2847:2019 'Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 1726:2019 'Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktural Bangunan Gedung dan Non Gedung', dan SNI 1727:2020 'Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain'. Dengan hasil yang didapat mulai Gaya Aksial = 946,777 kN, Momen Arah X = 0,301 kN-m, dan Momen Arah y = 4,857 kN-m. Hasil dari korelasi data geolistrik dan nilai SPT sebesar 0,982. Di kedalaman 2 sampai 6 meter nilai SPT sebesar 37-53 dan nilai resistivitas sebesar 11,7-25,3 ohm, yang sudah termasuk tanah keras dengan q_a sebesar 840 kN/M yang masih mampu menahan gaya aksial, momen, dan geser dengan pondasi telapak.

Kata Kunci: Geolistrik, Geofisika, Pondasi, Struktur, Resistivitas

Abstract

Jember University is one of the universities that is experiencing an increase in the number of students it accepts every year. The need for facilities to support student activities is increasing, so there are more and more developments. UKM FKM will be built in 2024, for this construction requires soil structure data for foundation planning. The geoelectric method is one way to find out the condition of underground structures, which still needs to be correlated with SPT data and sondir data. The UKM FKM structure calculation uses SAP 2000 v.22, while for loading it uses SNI 2847:2019 'Structural Concrete Requirements for Buildings, SNI 1726:2019 'Earthquake Resistance Planning for Structural Buildings and Non-Buildings', and SNI 1727:2020 'Minimum Loads for the Design of Buildings and Other Structures'. With the results obtained starting from Axial Force = 946.777 kN, Directional Moment At a depth of 2 to 6 meters the SPT value is 37-53 and the resistivity value is 11.7-25.3 ohms, which includes hard soil with a q_a of 840 kN/M which is still able to withstand axial forces, moments and shear with the foundation palm.

Keywords: Geoelectricity, Geophysics, Foundation, Structure, Resistivity

1. PENDAHULUAN

Univesitas Jember adalah Univesitas Negeri yang terletak di Kabupaten Jember, Provensi Jawa Timur. Universitas Jember dengan jumlah mahasiswa yang meningkat setiap tahunnya dituntut untuk melengkapi sarana dan prasarana belajar mengajar, termasuk ruang kelas, laboratorium, dan gedung-gedung lainnya. Teruntuk perancangan struktur bawah atau pondasi, diperlukan data lampisan struktur tanah. Maka pengetahuan tentang struktur tanah sangat diperlukan, sehingga perlu adanya kajian terkait hal tersebut seperti pembahasan mengenai geologi tanah.

Geologi struktur merupakan salah satu cabang ilmu geologi yang merupakan jenis geologi dasar dan memiliki kajian geologi. Tujuan dari kajian geologi struktur yaitu memberikan pemahaman terhadap struktur geologi dan tektonika lempeng yang berkaitan dengan deformasi batuan. Analisis geologi struktur menggunakan analisis dinamika yang memperhitungkan energi, gaya, tegangan dan regangan. Terdapat cabang ilmu yang dipergunakan untuk mengetahui struktur tanah yaitu dengan menggunakan metode geofisika. Metode geofisika (resistivitas listrik, panas bumi, gravitasi, magnet dll) telah dikenal luas dalam karakterisasi lokasi rekayasa, salah satu diantaranya yaitu metode survei resistivitas.

Metode survei resistivitas listrik ini adalah alat yang sangat mengesankan untuk menggambarkan profil bawah permukaan tanpa mengganggu struktur tanah. Resistivitas geolistrik berpotensi digunakan sebagai metode non-destruktif untuk memperkirakan kinerja pemadatan tanah untuk tanggul jalan raya, bendungan tanah, dan berbagai bidang teknik sipil. Penyempurnaan teknis lebih lanjut diharapkan akan dapat juga digunakan untuk mendeteksi porositas tanah atau material anomali dalam tanah (Jusoh et al., 2017). Metode geolistrik resistivitas terdapat beberapa konfigurasi yaitu: schlumberger (sounding/ kedalaman), wenner (mapping/pemetaan), pole-pole (volume) dan lain-lain (Irawati dkk., 2016). Penelitian ini mengusulkan penyelesaian penyelidikan tanah dan identifikasi sifat-sifat dengan memperkenalkan resistivitas geolistrik yang berkorelasi dengan sifat-sifat tanah.

Dalam penelitian ini, sifat geoteknik menggunakan sondir dan data resistivitas tanah dihasilkan menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik mendeteksi aliran listrik di permukaan bumi untuk mengetahui sifatnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

• Penyelidikan Tanah

Bagian yang harus dipahami terlebih dahulu yaitu mengenai lapisan penyusun tanah sebenarnya di suatu lokasi serta dari ilustrasi tanah yang diambil hasilnya lalu kemudian diuji di laboratorium bermacam kedalaman tanah. Salah satunya dengan menggunakan sondir. Sedangkan metode geolistrik adalah Teknik geofisika yang digunakan untuk menyelidiki struktur bawah permukaan bumi dengan menganalisis perbedaan resistivitas atau konduktivitas listrik di dalam tanah atau batuan (Shobihah 2018). Metode geolistrik resistivitas ini memiliki dua teknik pengukuran yaitu metode geolistrik resistivitas mapping dan sounding.

• Sondir

Sondir adalah bagian dari metode survey lapangan yang diperlukan guna memperkirakan kedalaman lapis keras tanah. Kemudian hasil tes yang dilakukan ini didapatkan nilai perlawanan penetrasi konus. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas. Sedangkan hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya persatuan panjang. Nilai perlawanan penetrasi konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas dukung tanah. Tujuannya adalah untuk menentukan daya dukung tanah dan jenis pondasi yang sesuai dengan bangunan yang akan didirikan di lokasi tersebut (Ria Bela and Sianto 2022).

• Metode Geolistrik

Sifat kelistrikan batuan memiliki aplikasi penting dalam berbagai bidang, termasuk eksplorasi mineral, pemetaan air tanah, rekayasa geoteknik, pengeboran sumur, dan seismik. Pengukuran kelistrikan batuan ini dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode geofisika diantaranya seperti metode geolistrik, metode elektromagnetik, metode

polarisasi induksi, dan sebagainya. Batuan memiliki sifat homogen yang berpengaruh dalam pengukuran metode geolistrik yang berbeda, dan data geolistrik mungkin tidak sesuai dengan nilai sebenarnya (Shobihah 2018).

Pondasi dangkal biasanya digunakan pada proyek bangunan yang lebih sederhana. Pondasi ini juga dibuat tidak jauh dari permukaan tanah. Pada umumnya, kedalaman pondasi yang dibangun kurang dari 1/3 dari lebar pondasi dengan kedalaman kurang dari 3 meter. Ada beberapa jenis pondasi dangkal yaitu pondasi radt, pondasi tapak dan pondasi memanjang.

Tabel 1. Nilai Resistivitas Batuan dan Mineral

Material	Harga resistivitas semu (Ωm)
Air Permukaan	80-200
Air Tanah	30-100
Silt -lempung	10-200
Pasir	100-600
Pasir dan Kerikil	100-1000
Batu Lumpur	20-200
Batu Pasir	50-500
Konglomerat	100-500
Tufa	20-200
Kelompok Adesit	100-2000
Kelompok Granit	1000-10000
Tanah Lempung	1.5-3.0
Lempung Lanau	3.0-15
Tanah Lanau Pasiran	15-150
Batuan Dasar Lembab	150-300
Pasir Kerikil Kelanauan	300
Batuan Dasar Tak Lapu terdapat air tawar	2400
Air asin	20-200
Kelompok Chert, Slate	0.18-0.24

Sumber: Telford, 1990

Penyusunan proyek akhir ini dibutuhkan beberapa data yang nantinya menghasilkan suatu kesimpulan. Data-data yang diperoleh kemudian diolah dengan tahapan pengolahan yang sudah ditentukan menggunakan metode penelitian yang digunakan.

• **Pondasi Dangkal**

Pondasi dangkal biasanya digunakan pada proyek bangunan yang lebih sederhana. Pondasi ini juga dibuat tidak jauh dari permukaan tanah. Pada umumnya, kedalaman pondasi yang dibangun kurang dari 1/3 dari lebar pondasi dengan kedalaman kurang dari 3 meter. Pondasi tapak, biasanya digunakan untuk menggunakan titik individual. Pondasi tapak ini biasanya berbentuk lingkaran, persegi, maupun persegi panjang.

• **Beton Bertulang**

Beton bertulang sendiri merupakan campuran beton yang di letakan baja diantaranya dengan ukuran dan jenis berbeda-beda. Dengan harapan sebagai pegaku atau meminimalisir runtuh pada beton. Kerana beton yang tidak kuat pada letur, baja yang lebih kuat dalam tarik. Baja sendiri memiliki berbagai ukuran, pemilihan baja dilihat dari nilai efisien pada kekuatan.

Struktur beton bertulang tidak bisa homogen karena terbentuk dari dua material berbeda. Terdapat gaya-gaya yang berbeda dalam setiap penampang beton bertulang yang dapat diuraikan sehingga menjadi tegak lurus dan bersinggungan pada penampang beton bertulang yang merupakan tegangan lentur. Tegangan lentur berfungsi untuk memikul beban lentur pada penampang beton bertulang.

3. METODOLOGI

Penyusunan proyek akhir ini dibutuhkan beberapa data yang nantinya menghasilkan suatu kesimpulan. Data-data yang diperoleh kemudian diolah dengan tahapan pengolahan yang sudah ditentukan menggunakan metode penelitian yang digunakan. Metode penelitian adalah suatu pembahasan yang didalamnya terdapat langkah-langkah sistematika penelitian yang dimulai dari pengolahan data hingga kesimpulan

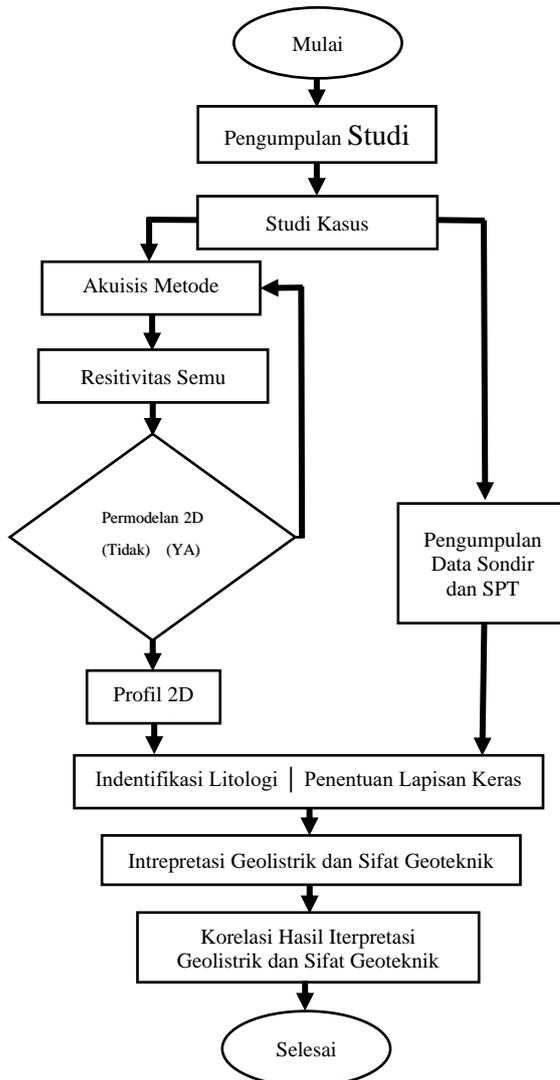
• **Lokasi Penelitian**

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juli 2023 yang berlokasi di Universitas Jember diantara Fakultas Kesehatan Masyarakat dan Fakultas Keperawatan Penelitian ini menggunakan tiga data yaitu data boring, data sondir, dan resistivitas tanah dengan metode geolistrik.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
 Sumber: Google earth

• **Diagram Alur Perencanaan**



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

Sumber. Penelitian Sendiri

Metode resistivitas geolistrik dengan menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger digunakan dalam penelitian ini,

dengan Panjang lintasan 90 meter, 12 titik elektroda dan 6 meter spasi antar elektroda.

4. PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dengan panjang lintasan 90 meter, menggunakan 15 titik elektroda dan jarak antar elektroda 6 meter.

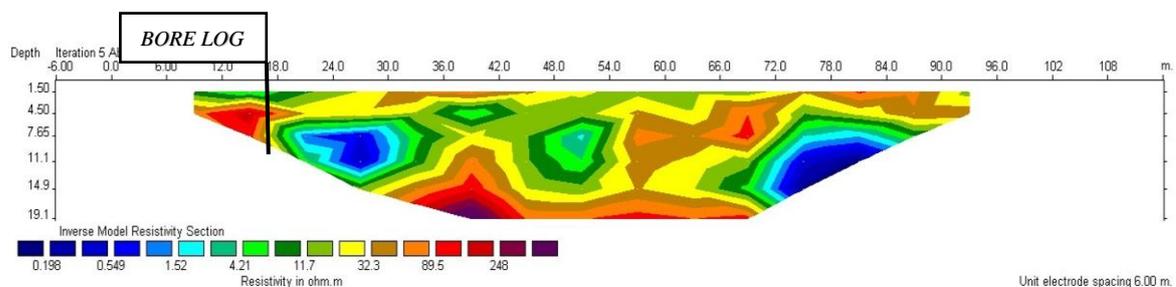
Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan kombinasi dari konfigurasi *Wenner* yang sensitif terhadap perubahan lateral dan konfigurasi *Schlumberger* yang sensitif terhadap perubahan vertikal sehingga konfigurasi ini direkomendasikan untuk penyelidikan dalam.

• **Interpretasi Data Geolistrik**

Nilai resistivitas batuan dan warna yang menghasilkan dari penampang hasil pengolahan data geolistrik menunjukkan jenis dan struktur lapisan hasil geolistrik ini. Nilai-nilai ini akan disesuaikan dengan tabel resistivitas dan data pendukung lainnya. Hasil interpretasi data ini berasal dari penafsiran kualitatif yang dilakukan untuk menafsirkan struktur geologi permukaan bawah tanah. Nilai tahanan jenis batuan dihitung dengan literatur berikut untuk menggambarkan struktur permukaan bawah tanah.

• **Interpretasi Data Sifat Geoteknik**

Hasil pengujian tanah dan pengolahan data oleh Lab. Geologi Universitas Jember sudah diketahui dan diidentifikasi tanah pada UKM FKM Universitas Jember dilakukan hingga 12 meter ke bawah. Hal ini dikarenakan pondasi dapat dilakukan dalam 12 meter, dan karena batuan lebih keras jika dilakukan lebih dalam, maka biaya akan meningkat.



Gambar 3. Model Penampang Resistivitas 2D Lintasan Geolistrik

Sumber. Perhitungan Dengan Software Geolistrik

Adapun hasil dari penelitian pengeboran tanah pada *bore log* adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Data Tanah Bore Log

No	Kedalaman (m)	Nilai Resistivitas (ohm)	N-SPT
1	10,5	1,52	14
2	12	4,61	17
3	7,4	4,61	20
4	11	1,52	20
5	2,5	11,7	37
6	4,8	25,3	53

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Beberapa cara untuk mengklasifikasikan kekerasan batuan. Nilai N-SPT pada UKM FKM Universitas Jember di bawah 14 menunjukkan bahwa batuan itu lunak; nilai N-SPT 17-37 menunjukkan bahwa batuan itu sedang; nilai N-SPT 50 menunjukkan bahwa batuan itu keras(Wesley, 2012).

Hasil penelitian data tanah pada bore log tersebut menunjukkan bahwa kondisi di daerah titik didominasi oleh struktur sedang dan keras. Ini dapat dilihat dari titik pengeboran bore log pada kedalaman 2 17-53. Pada kedalaman 2,5, 7,4, 11 dan 12 meter merupakan struktur sedang karena nilai N-

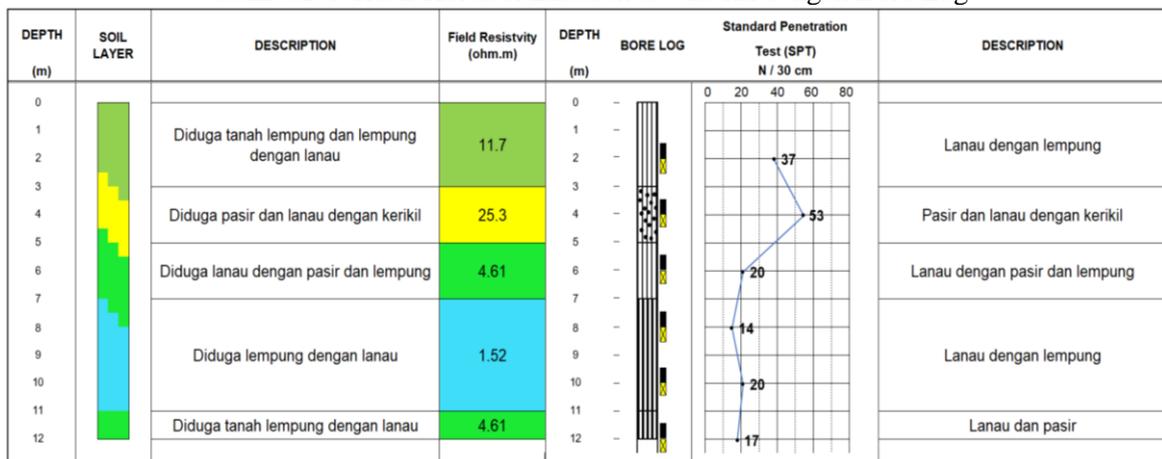
SPT adalah 17-37. sampai 12 meter karena nilai N-SPT adalah Struktur lapisan bawah permukaan yang dapat diidentifikasi pada struktur sedang dapat diidentifikasi adalah pasir dan lanau dengan lempung.

• **Hasil Korelasi**

Korelasi Hasil Penampang 2D Lintasan Geolistrik dengan *Bore Log* menunjukan dominasi warna hijau muda sampai hijau tua dan kuning muda sampai kuning tua. Hal itu menunjukan nilai restivitas melebihi < 4.21, yang berarti wilayah UKM FKM Universitas Jember tergolong memiliki tanah sedang hingga keras.

Dari kedalaman 2 hingga 6 meter, lapisan tersebut menghasilkan resistivitas 11,7–25,3 ohm meter dengan N-SPT 37-53, seperti yang ditunjukkan dalam hasil Tabel. Nilai-nilai ini diduga merupakan hasil dari struktur berupa lempung, lanau, lanau dengan pasir. Kedalaman 6 hingga 12 meter lapisan tersebut memperoleh nilai resistivitas cukup rendah sekitar 1,52-4,61 ohm meter dengan N-SPT sekitar 14-20, diduga nilai tersebut mewakili struktur tanah lanau dengan pasir, lanau dengan lempung.

Gambar 4. Hasil Korelasi Lintasan Geolistrik dengan Bore Log

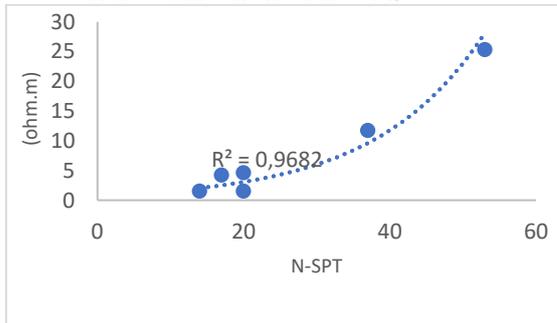


Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Data penyelidikan tanah dilakukan di lapangan dan di laboratorium. Penyelidikan di lapangan berupas pengujian SPT dan sondir, sedangkan untuk pengujian di laboratorium dilakukan pengujian geser, kadar air, berat jenis, dan lain-lain. Dan

diketahui bahwa tanah keras pada kedalaman 1,6 meter dengan dengan tahanan ujung konus atau qc sebesar 240. Yang bisa diartikan bahwa pada kedalaman 1,6 sudah ditemukan tanah keras.

• **Resistivitas Tanah dan N-SPT**



Gambar 3. Grafik Resistivitas Tanah dan N-SPT

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Diperoleh nilai N-SPT dengan metode gelombang permukaan. Dari Gambar 3 terlihat hubungan linier sedang antara resistivitas tanah dengan nilai N-SPT ($R^2 = 0,9682$). Resistivitas tanah meningkat dengan meningkatnya nilai N-SPT dan sebaliknya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kapasitas kekuatan yang lebih tinggi.

Setelah didapat hasil perbandingan diatas, dapat disimulasikan perbandingan Resistivitas Tanah dan Daya Dukung Tanah pada kedalaman 2 meter dengan jarak 12 meter pertitik. Dengan acuan grafik Terzaghi & Peck (1974) untuk penentuan daya ijin dari data SPT

Tabel 4. Daya Dukung Ijin Dari 5 Nilai SPT

Nilai Resistivitas	Nilai N	Jarak Antar SPT (m)	Daya Dukung Ijin
25.3	53	20	720
11.7	32	36	490
11.7	31	48	480
25.3	48	60	670
32.3	60	72	840

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Diketahui bahwa nilai SPT tertinggi pada jarak 72 m dengan kedalaman 2 – 7 meter dengan nilai N sebesar 60 tumbukan yang bisa di ketahui daya dukung ijin tanah berdasarkan tabel Terzaghi & Peck (1974) sebesar $q_a = 840 \text{ kN/m}^2$. Sehingga tanah keras berada pada kedalaman 2-7 meter dengan nilai resistivitas sebesar 3,23 ohm.



Gambar 4. Grafik Daya Dukung Ijin

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

• **Perhitungan Struktur**

Data Tanah

Kedalaman fondasi, Df = 2.75 M
 Berat volume tanah, $\gamma = 15.26 \text{ kN/m}^3$
 Sudut gesek dalam $\phi = 28.55^\circ$
 Kohesi, c = 99.32 kPa

Tahanan konus rata-rata (Hasul Uji Sondir) $q_c = 10.56 \text{ kg/cm}^2$

Dimensi Fondasi

Lebar fondasi arah x, Bx = 1.20 m
 Lebar fondasi arah y, By = 1.20 m
 Tebal fondasi, h = 0.40 m
 Lebar kolom arah x, bx = 0.20 m
 Lebar kolom arah y, by = 0.40 m
 Posisi kolom dalam = 40

Bahan Konstruksi

Kuat tekan beton, $f_c' = 22.07 \text{ MPa}$
 Kuat leleh tulangan, $f_y = 420 \text{ MPa}$
 Berat beton bertulang, $g_c = 24 \text{ kN/m}^3$

Beban Rencana Fondasi

Gaya aksial akibat

beban terfaktor, $P_u = 946.77 \text{ kN}$

Momen arah x akibat

beban terfaktor, $M_{ux} = 0.301 \text{ kNm}$

Momen arah y akibat

beban terfaktor, $M_{uy} = 4.857 \text{ kNm}$

Daya dukung ijin, $Q_a = 840 \text{ kN/m}^2$

Tegangan tanah maksimum yang terjadi pada dasar fondasi :

$$Q_{max} = P_u / A + M_{ux} / W_x + M_{uy} / W_y + q = 720.850 \text{ kN/m}^2$$

$q_{max} < q_a \dots \dots \dots$ AMAN (OK)

Tegangan tanah minimum yang terjadi pada dasar fondasi :

$$Q_{min} = P_u / A - M_{ux} / W_x - M_{uy} / W_y + q = 685.030 \text{ kN/m}^2$$

$q_{min} > 0 \dots \dots$ tak terjadi teg. tarik (OK)

5. Kesimpulan Dan Saran

• Kesimpulan

Adapun hasil pembahasan dari penelitian ini memiliki kesimpulan sebagai berikut.

1. Sebaran resistivitas dan konduktivitas bawah tanah UKM FKM Universitas Jember menggunakan metode geolistrik konfigurasi Warner-Schlumberger menunjukkan angka hambatan yang beragam pada setiap jarak kedalaman. Nilai resistivitas terendah berada pada kedalaman 2,5-4,8 meter dengan nilai sebesar 25.3 ohm. Sedangkan nilai resistivitas terendah berada pada kedalaman 7.4-10.5 dengan nilai resistivitas sebesar 1.52.
2. Hasil korelasi resistivitas tanah dengan sifat geoteknik diperoleh hubungan linier sedang antara resistivitas tanah dengan nilai N-SPT sebesar $R^2 = 0,9682$, Dari kedalaman 2 hingga 6 meter, lapisan tersebut menghasilkan resistivitas 11,7–25,3 ohm meter dengan N-SPT 37-53, nilai ini diduga merupakan hasil dari struktur berupa lempung, lanau, lanau dengan pasir. Kedalaman 6 hingga 12 meter lapisan tersebut memperoleh nilai resistivitas cukup rendah yaitu sekitar 14-20 ohm meter dengan N-SPT sekitar 14-20 pukulan, diduga nilai tersebut mewakili struktur tanah lanau dengan pasir, lanau dengan lempung.
3. Berdasarkan hasil perhitungan dan evaluasi terkait daya dukung yang dihitung menggunakan grafik Terzaghi & Peck (1974) dengan daya dukung ijin atau q_a sebesar = 840 kN/M masih mampu menahan gaya Aksial sebesar 956,777 kN dan Momen Arah X sebesar = 0,301 kN-m dan momen arah Y sebesar = 4,857kN-m. Dari data tanah yang didapatkan berupa data N-SPT serta data beban yang sudah di input pada aplikasi SAP2000 v.22 dapat dilihat bahwa jenis tanah, dimensi pondasi, nilai N-SPT serta beban yang ada di atasnya sangat berpengaruh terhadap hasil daya dukung pondasi yang sudah digunakan.

• Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil kesimpulan adalah sebagai berikut.

1. Hasil geolistrik di UKM FKM Universitas Jember dapat dijadikan acuan untuk penelitian di daerah lain juga dapat dijadikan sebagai literatur, Namun demikian, penelitian ini dapat ditingkatkan dengan memilih lokasi penelitian yang bervariasi, periode pengamatan dan pencatatan data yang lebih lama untuk tujuan menghasilkan korelasi yang lebih akurat.
2. Penelitian yang telah dilaksanakan masih belum terlaksana dengan sempurna, oleh karena itu dibutuhkan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan perbandingan perhitungan daya dukung ijin dan jenis pondasi yang lebih bervariasi

6. DAFTAR PUSTAKA

- As'ari As'ari, dkk. 2023. Seberapa Akuifer Di Kelurahan Watudambo Provinsi Sulawesi Utara Dengan Menggunakan Metode Eksplorasi Geolistrik Resistivitas'. *Ejournal.Unsrat.Ac.Id* 12(1).
- Rizal, Nanang Saiful 2014. Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air.
- LPPM UM Jember
- Fikriyah, Addinal. 2018. Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger, Masw (Multichannel Analysis of Surface Wave), Dan Data Mekanika Tanah Untuk Analisis Gerakan Tanah (Studi Kasus: Jembatan Cisomang, Tol Cipularang Km 100 Jawa Barat).
- Ria Bela, Dkk. 2022. Penyelidikan Tanah Menggunakan Metode Uji Sondir. *Jurnal Teknik Sipil* 2(1).
- Priyono, Pujo & Rizal. 2013. Kajian potensi air tanah dengan metode geolistrik sebagai antisipasi kelangkaan air bersih wilayah perkotaan. *Jurnal Elevasi* 4 (18), 35-42.
- Shobihah, Siti. 2018. Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Dengan

Menggunakan Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Dan Data Spt (Standart Penetration Test) (Studi Kasus: Jalan Tol Manado-Bitung).

Alihudien, Arief, dkk. 2023. Analisis Perbandingan Efisiensi Biaya Dan Waktu Pada Pondasi Sumuran Dan Pondasi Tapak Pembangunan Gedung Tipikor Polda Aceh.

Jurnal.unmuhjember.ac.id.

Yahya Naufali, Muhammad. 2023. Korelasi Sifat Geoteknik Dan Resistivitas Tanah Di Jalur Gunung Gunitir Banyuwangi-Jember.

Priyono, Pujo & Muhtar. 2022. Study Redesain Dimensi Abutmen Jembatan Kironggo Bondowoso Akibat Perbedaan Periode Getar Dan Kelas Situs Tanah. <http://repository.unmuhjember.com>. Diakses pada tanggal 25 Oktober 2023.

Rizal, Nanang Saiful& Pujo Priyono. 2023. Kajian potensi air tanah dengan metode geolistrik sebagaiantisipasi kelangkaan air bersih wilayah perkotaan. Jurnal Elevasi, 2013