

IDENTIFIKASI JENIS TANAH PADA LAHAN PEMUKIMAN BERDASARKAN INTEGRASI PENGUKURAN GEOLISTRIK 3D DAN UJI INDEKS PROPERTIES TANAH DI PERUMAHAN ISTANA TIDAR REGENCY-JEMBER

Supriyadi¹, Priyantari, N¹, Sulistyani, D.P², Mayasari, W.A²

Abstract. Geoelectrical 3D resistivity measurement and soil's index properties test has been conducted to determine soil type on settlement area Istana Tidar Regency, Jember. Resistivity measurement and soil sampling conducted at unoccupied area that have latitude (08°10'10,1" -08°10'11,9") S and longitude (113°43'40,0"- 113°43'41,1") E. Resistivity image of subsurface structure show that this settlement area was dominated by silty clay and sandysilt. To obtain more detailed information about the type of soil and its physical – mechanical properties, laboratory test done using soil's index properties test. The result of soil's index properties test show that this settlement area was dominated by silty clay have fine sand gradation and moderate plasticity.

Keywords : soil type, settlement area, geoelectrical resistivity, soil index properties test

PENDAHULUAN

Tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Dalam perencanaan konstruksi bangunan, tanah berfungsi sebagai pendukung fondasi dari bangunan (Hardiyatmo, 2002). Fondasi akan meneruskan beban akibat berat struktur bangunan secara langsung ke tanah yang terletak di bawahnya. Oleh karena itu, dalam perencanaan konstruksi bangunan diperlukan kondisi tanah stabil yang dapat diketahui

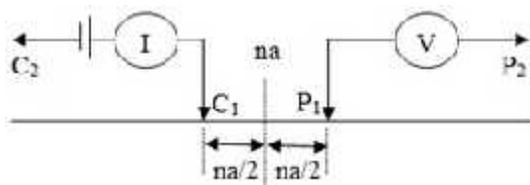
melalui jenis tanahnya beserta sifat fisik-mekanis tanah.

Salah satu metode yang dapat dipergunakan untuk memetakan struktur bawah permukaan adalah metode geolistrik resistivitas. Keadaan bumi secara lengkap dapat digambarkan dalam ruang 3D. Distribusi resistivitas struktur bawah permukaan dapat digambarkan secara lateral dan vertikal dalam bentuk 3D melalui metode geolistrik resistivitas 3D. Salah satu konfigurasi elektroda survei metode geolistrik resistivitas 3D adalah konfigurasi *pole-pole* (Gambar 1).

¹Staff Pengajar di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember

²Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember

Dalam pelaksanaan di lapangan, konfigurasi *pole-pole* memanfaatkan 2 elektroda yaitu elektroda arus (C_1) dan elektroda potensial (P_1). Sedangkan dua elektroda lainnya, C_2 dan P_2 diletakkan pada jarak yang jauh. Faktor geometri untuk metode ini adalah $2fa$ (Loke, 1999). Resistivitas semu hasil pengukuran geolistrik resistivitas 3D kemudian diinversi untuk mendapatkan resistivitas yang sebenarnya untuk setiap lapisan. Sedangkan jenis tanah dapat ditentukan berdasarkan kesesuaian citra resistivitas terhadap nilai resistivitas setiap jenis tanah pada Tabel 1 (Roy E.Hunt, 1984).



Gambar 1. Konfigurasi *pole-pole* (Rohim, dkk., 2010)

Uji indeks properties tanah perlu dilakukan pada beberapa sampel tanah untuk mengetahui jenis tanah beserta sifat fisik–mekanik tanah. Sifat fisik tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusun massa tanah yang mengindikasikan jenis dan kondisi tanah. Tanah terdiri dari tiga elemen fase yaitu: butiran padat (*solid*), air dan udara (Das, 2002). Hubungan antara volume

dan berat yang dituliskan ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$W = W_s + W_w \quad (1)$$

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a \quad (2)$$

Tabel 1. Nilai resistivitas jenis tanah

Jenis tanah (batuan)	Resistivitas (hm)
Lempung yang sangat basah dan lembek	< 1,5
Tanah lempung basah dan lembek	1,5–3,0
Lempung lanauan dan lanauan basah lembek	3,0–15
Tanah lanauan pasiran	15–150
Lempung berbatu	150 – 300
Pasir kerikil bercampur lanau	±300
Batuan dasar berisi tanah kering	300 – 2.400
Batuan dasar tak lapuk	2.400

Sumber: Roy E.Hunt, 1984

Hubungan-hubungan volume dan berat yang umum digunakan dalam mekanika tanah untuk suatu elemen tanah :

1. Kadar air

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3)$$

2. Berat volume kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (4)$$

3. Berat volume butiran padat (γ_s)

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad (5)$$

4. Berat jenis atau *specific gravity* (G_s)

$$\gamma_s = \frac{\gamma_d}{x_w} \quad (6)$$

dengan: W_s = berat butiran padat (kg)

W_w = berat air (kg)

V_s = volume butiran padat (m^3)

V_v = volume pori (m^3)

V_w = volume air di dalam pori (m^3)

V_a = volume udara di dalam pori (m^3)

γ_w = berat volume air pada suhu $4^\circ C$ (Hardiyatmo, 2010)

Tabel 2. Nilai w , x_d , x_s , dan G_s untuk berbagai jenis tanah

Macam Tanah	w(%)	$x_d(g/cm^3)$	G_s
Pasir seragam, tidak padat	32	1,43	2,65 – 2,68
Pasir seragam, padat	19	2,75	2,65 – 2,68
Pasir berbutir campuran, tidak padat	25	1,59	2,65 – 2,68
Pasir berbutir campuran, padat	16	1,86	2,65 – 2,68
Lanau angin (tanah lus)	21	1,36	2,62 – 2,68
Tanah glasial, berbutir campuran	9	2,12	-
Lempung glasial lunak	55	1,20	2,68 – 2,75
Lempung glasial kaku	37	0,60	2,68 – 2,75
Lempung lunak sedikit organik	66	1,90	2,58 – 2,65
Lempung lunak sangat organik	75	3,00	2,58 – 2,65
Lempung montmorillonit lunak	84	5,20	-

Sumber: Peck dkk., 1974 dan Hardiyatmo, 2002

Ukuran butiran tanah sangat menentukan sifat fisik tanah dan dapat digunakan dalam pengklasifikasian jenis tanah. Prinsip dari analisis ini adalah dengan menentukan prosentase berat butiran pada satu unit saringan dengan suatu ukuran diameter lubang yang sudah ditentukan (Hardiyatmo, 2002). Hasil pengujian ini berupa kategori tanah bergradasi baik (kerikil dan batu) dan gradasi sangat baik.

Tanah berbutir halus memiliki sifat plastis. Plastisitas terjadi karena adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Plastisitas juga dapat menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan

perubahan bentuk secara konstan. Indeks plastisitas (IP) merupakan selisih dari batas cair (LL) dan batas plastis (PL) (Muslikh, 1996).

$$IP = LL - PL \quad (7)$$

Indeks plastisitas untuk beberapa jenis tanah disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai indeks plastisitas tanah

IP	Sifat	Jenis tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: Terzaghi, 1943

Pengukuran geolistrik resistivitas 3D dapat memberi gambaran menyeluruh tentang struktur bawah permukaan pada lokasi penelitian. Di lain pihak, uji indeks properties tanah memberikan informasi mendetail tentang jenis tanah beserta sifat fisik-mekanik tanah. Integrasi pengukuran geolistrik resistivitas 3D dengan uji indeks properties tanah ini diharapkan dapat memberi gambaran detail jenis tanah beserta sifat fisik-mekanik tanah pada lokasi Perumahan Istana Tidar Regency.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di Perumahan Istana Tidar Regency, Jl. Kaliurang, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember. Penelitian dilakukan dengan dua tahapan yaitu pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan metode geolistrik 3D dan pengamatan di laboratorium (uji indeks properties tanah) dengan mengambil sampel tanah yang diperlukan.

a. Pengukuran Geolistrik 3D

Metode yang digunakan untuk menggambarkan distribusi resistivitas dalam bentuk dimensi tiga yaitu metode

3D. Konfigurasi yang digunakan pole-pole, teknik pengukurannya menggunakan *cross diagonal survey* dengan desain lintasan berbentuk persegi. Lokasi pengukuran terletak pada koordinat ($08^{\circ}10'10,1''$ - $08^{\circ}10'11,9''$) LS, ($113^{\circ}43'40,0''$ - $113^{\circ}43'41,1''$) BT dengan panjang sumbu x 20 m dan sumbu y 20 m dengan spasi elektroda masing-masing 2 m. Pada konfigurasi ini, elektroda arus C_1 dan potensial P_1 bersifat dinamis dalam daerah berbentuk persegi dengan spasi 2 m tersebut, sedangkan elektroda arus C_2 dan P_2 bersifat statis dan terletak di luar daerah berbentuk persegi dengan jarak tertentu.

Data yang didapatkan adalah nilai resistansi (R) dan kemudian diolah untuk mendapatkan nilai resistivitas semu pada masing-masing titik pengukuran. Resistivitas semu dapat ditentukan dari perkalian antara nilai resistansi terhadap faktor geometri konfigurasi *pole-pole*. Dari inversi 3D menggunakan program RES3DINV akan diperoleh gambar penampang resistivitas horizontal dan vertikal yang menggambarkan distribusi resistivitas bawah permukaan tanah yang diteliti

dan dari hasil tersebut akan diketahui jenis tanahnya.

b. Uji Indeks Properties Tanah

Sampel tanah untuk uji indeks properties tanah diambil dari lokasi penelitian sampai kedalaman 1,6 - 2,5 m dengan menggunakan alat pencuplik pada titik-titik berdasarkan data geolistrik 3D. Pengujian indeks properti tanah dilakukan untuk menguji sifat fisik atau indeks properties yang meliputi kadar air, berat jenis tanah, berat isi tanah, *atterberg limit*, dan analisa saringan. Data yang sudah didapatkan dari masing-masing indeks properties kemudian diolah dan dianalisa untuk menentukan jenis tanahnya. Analisa tersebut dilakukan dengan mengacu pada Tabel 2 dan 3 yang berisi nilai masing-masing indeks. Diharapkan kedua metode tersebut akan berkorelasi dan saling melengkapi sehingga bisa memberikan rekomendasi yang lebih akurat kepada pihak terkait.

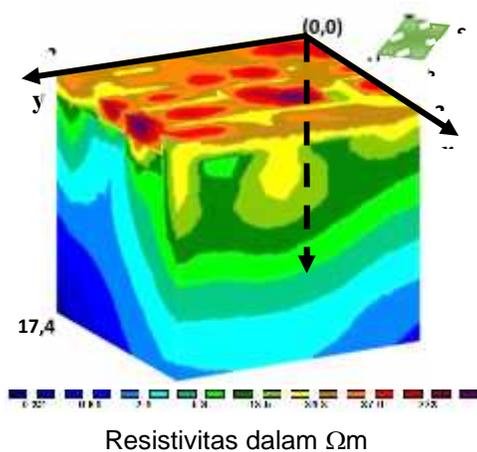
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampang distribusi resistivitas struktur bawah permukaan hasil pengukuran geolistrik resistivitas 3D konfigurasi *pole-pole* ditunjukkan pada

Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasarkan citra 3D resistivitas struktur bawah permukaan lokasi penelitian (Gambar 2), nilai resistivitas semunya antara (0,32–223) m. Gradasi citra kontur dari merah-coklat menuju ke hijau dan berakhir biru menunjukkan semakin kedalam nilai resistivitas yang didapatkan semakin kecil. Dengan mengacu pada Tabel 1 (Roy E.Hunt, 1984) bisa ditentukan jenis tanah pada kedalaman tertentu. Pada Gambar 3 terlihat pada kedalaman (0–2,5) m didapatkan nilai resistivitas (5,3–223) Ωm , lapisan ini didominasi oleh jenis tanah lempung lanauan dan lanau pasiran. Pada beberapa titik terdapat sedikit tanah lempung berbatu. Pada kedalaman (2,5–12,3) m mempunyai nilai resistivitas (2,1–13,5) Ωm dengan dominasi jenis tanah lempung dan lempung lanauan, sedangkan pada kedalaman (12,3–17,4) m dengan nilai resistivitas diantara (0,32–2,1) Ωm diduga terdapat aquifer air tanah dengan nilai resistivitas sangat kecil, yang ditunjukkan dengan citra warna biru tua dan biru muda.

Hasil pengukuran geolistrik 3D menunjukkan pada lapisan tanah dekat permukaan tanah mempunyai resistivitas relatif tinggi dengan jenis tanah lempung

lanauan dan lanau pasiran. Pada kedalaman lebih dari 3 m, resistivitas lapisan tanah semakin rendah akibat pengaruh lapisan akuifer. Jenis tanah didominasi oleh lempung lanauan, beberapa titik lapisan akuifer mulai nampak pada kedalaman sekitar 3 m, bahkan pada kedalaman sekitar 12 m keberadaan lapisan akuifer sangat dominan.



Gambar 2. Citra 3D resistivitas struktur bawah permukaan berbentuk kubus

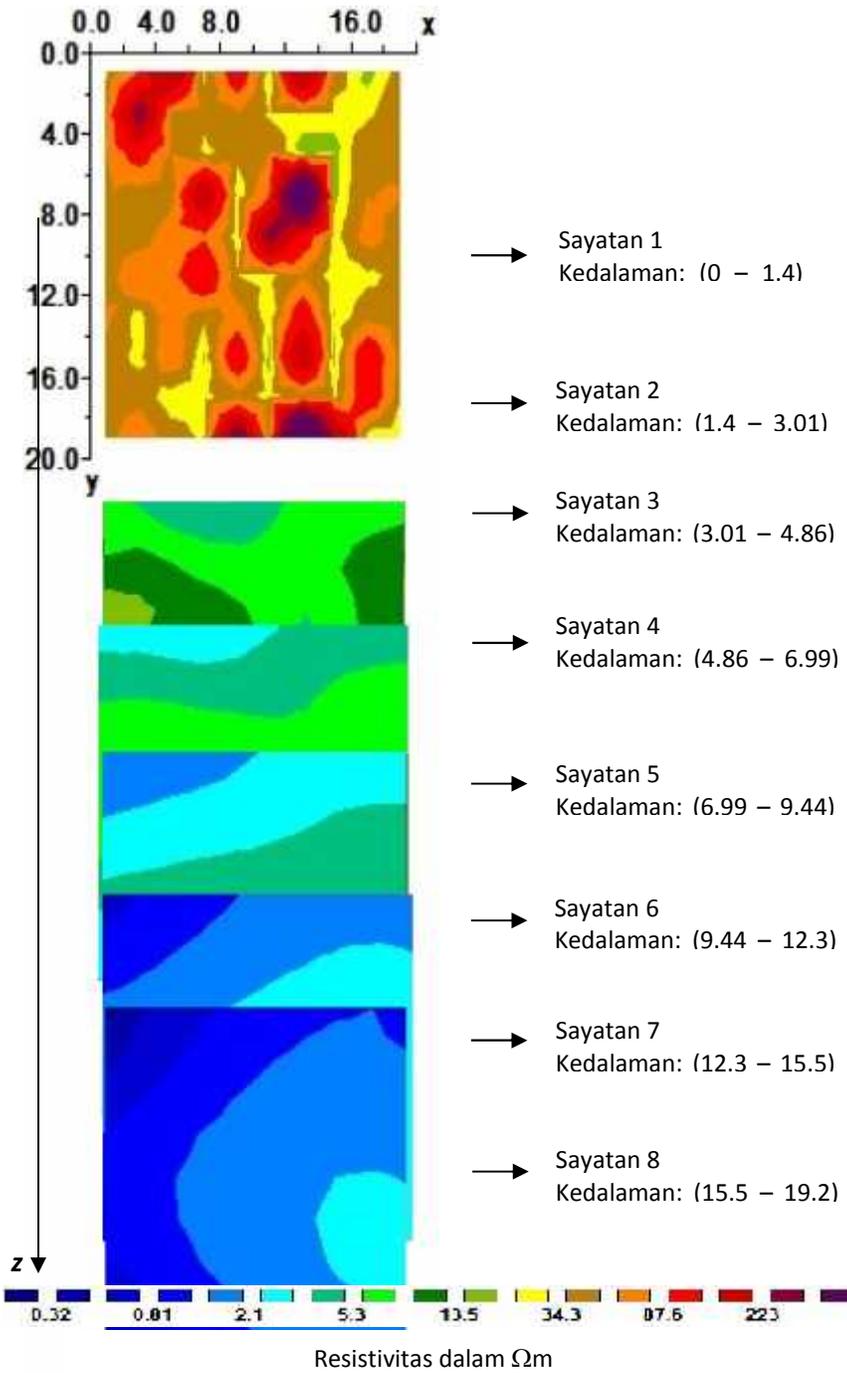
Berdasarkan citra 3D resistivitas struktur bawah permukaan lokasi penelitian (Gambar 2), nilai resistivitas semuanya antara (0,32–223) m. Gradasi citra kontur dari merah-coklat menuju ke hijau dan berakhir biru menunjukkan semakin kedalam nilai resistivitas yang didapatkan semakin kecil. Dengan mengacu pada Tabel 1

(Roy E.Hunt, 1984) bisa ditentukan jenis tanah pada kedalaman tertentu. Pada Gambar 3 terlihat pada kedalaman (0–2,5) m didapatkan nilai resistivitas (5,3–223) Ωm , lapisan ini didominasi oleh jenis tanah lempung lanauan dan lanau pasiran. Pada beberapa titik terdapat sedikit tanah lempung berbatu. Pada kedalaman (2,5–12,3) m mempunyai nilai resistivitas (2,1–13,5) Ωm dengan dominasi jenis tanah lempung dan lempung lanauan, sedangkan pada kedalaman (12,3–17,4) m dengan nilai resistivitas diantara (0,32–2,1) Ωm diduga terdapat akuifer air tanah dengan nilai resistivitas sangat kecil, yang ditunjukkan dengan citra warna biru tua dan biru muda.

Hasil pengukuran geolistrik 3D menunjukkan pada lapisan tanah dekat permukaan tanah mempunyai resistivitas relatif tinggi dengan jenis tanah lempung lanauan dan lanau pasiran. Pada kedalaman lebih dari 3 m, resistivitas lapisan tanah semakin rendah akibat pengaruh lapisan akuifer. Jenis tanah didominasi oleh lempung lanauan, beberapa titik lapisan akuifer mulai nampak pada kedalaman sekitar 3 m, bahkan pada kedalaman sekitar 12 m keberadaan lapisan akuifer sangat

dominan, sedangkan uji indeks properties tanah yang dilakukan meliputi uji kadar air (w), berat isi (γ_d), berat jenis (G_s), dan indek plastisitas

(IP). Sampel tanah yang diambil secara terperinci ada pada Tabel 4 dan hasilnya ada pada Tabel 5.



Gambar 3. Penampang horisontal resistivitas bawah permukaan

Tabel 4. Sampel tanah untuk uji indeks propertis tanah

Sampel tanah	Lokasi		Kedalaman (m)	Resistivitas (m)
	Latitude (LS)	Longitude (BT)		
Sampel 1	08°10'106"	113°43'405"	1,6	17,9 – 51,1
Sampel 2	08°10'105"	113°43'414"	1,6	43,5 – 69,3

Tabel 5. Hasil Uji Indeks Properties Tanah

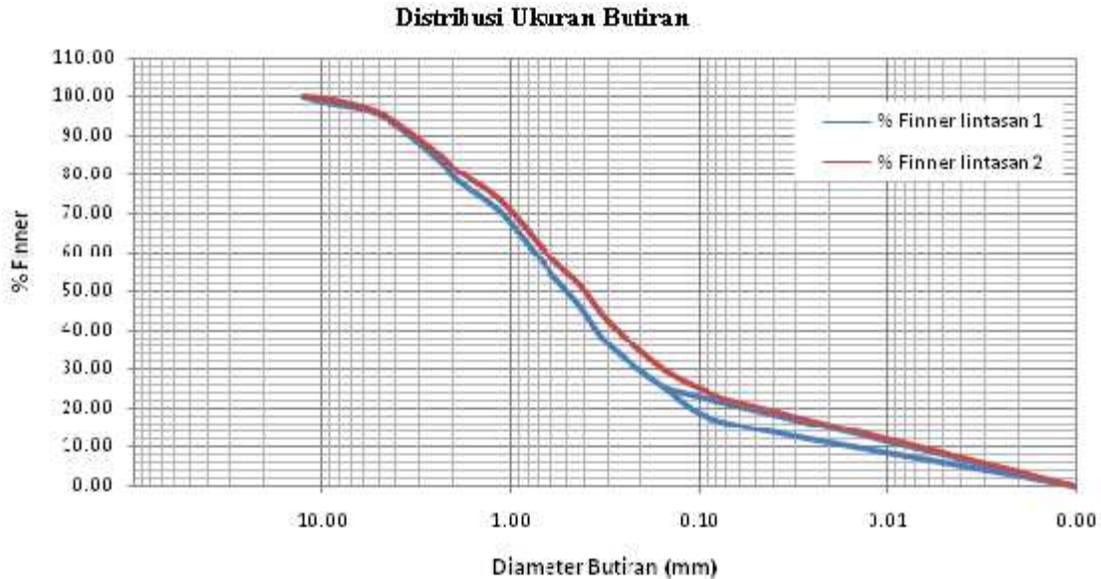
Lokasi	$(\bar{w}) \pm \Delta(w)$ (%)	$(\bar{\gamma}_a) \pm \Delta(\gamma_a)$ (gr/cm ³)	$\bar{G}_s \pm \Delta(G_s)$	IP
Sampel 1	77,24±0,04	1,21±0,01	2,69±0,01	13,08
Sampel 2	48,57±0,45	1,22±0,01	2,69±0,18	12,01

Berdasarkan pengujian indeks properties tanah pada sampel 1, menurut Tabel 3 (Peck,dkk, 1974), sampel tanah dengan nilai kadar air sebesar 77,24 % digolongkan dalam jenis tanah lempung organik sedikit lunak. Berat isi tanah dengan nilai 1,21 gr/cm³ merupakan lempung glasial lunak. Berat jenis tanah sebesar 2,69 menunjukkan tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah lempung anorganik. Indeks plastisitas sebesar 13,08 menunjukkan jenis tanah tersebut termasuk dalam lempung lanauan plastisitas sedang. Sedangkan pada sampel 2, kadar air sebesar 48% menunjukkan bahwa sampel 2 merupakan jenis lempung glasial lunak, nilai berat isi 1,22 g/cm³ menunjukkan bahwa lokasi ini merupakan tanah lempung glasial lunak. Berat jenis tanah

sebesar 2,69 menunjukkan bahwa tanah tersebut termasuk dalam jenis lempung anorganik.

Berdasarkan nilai indeks plastisitasnya, merupakan jenis tanah lempung berlanau dengan plastisitas sedang. Selain keempat sifat fisik di atas juga dilakukan analisa saringan terhadap 2 sampel tanah tersebut untuk mengetahui gradasi tanah berdasarkan ukuran butiran tanah.

Berdasarkan Gambar 4, sampel 1 dan sampel 2 merupakan tanah bergradasi baik. Distribusi penyusun sampel 1 dan sampel 2 menunjukkan bahwa pada lokasi ini tersusun dari kerikil, pasir kasar, pasir halus, lanau dan lempung yang merata dengan dominasi terbesar adalah pasir halus (*fine sand*) tetapi dengan prosentase berbeda.



Coarsa Agregat	Coarse Sand	Fine Sand	Silt	Clay
		Soil Binder		

Gambar 4. Grafik analisa saringan masing – masing sampel tanah

Uji indeks properties tanah pada sampel 1 dan 2 menunjukkan bahwa dominasi penyusun tanah pada lokasi ini adalah lempung lanauan. Hal ini diperkuat dengan data analisa gradasi tanah, sampel 1 dan 2 mempunyai nilai koefisien gradasi yang hampir sama dengan dominasi penyusun berupa pasir halus. Untuk kedalaman sampai 2,5 m, citra bawah permukaan hasil pengukuran geolistrik 3D menunjukkan bahwa lapisan tanah didominasi oleh tanah lempung lanauan dan lanau pasiran sehingga berkorelasi dengan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan. Hasil penelitian ini dapat dipergunakan untuk merekomendasi pengembang guna

menentukan kontruksi bangunan perumahan, yaitu bangunan ringan satu lantai hingga dua lantai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik resistivitas 3D dan uji indeks properties tanah, jenis tanah pada lokasi Perumahan Istana Tidar Regency didominasi oleh tanah lempung lanauan dan lanau pasiran. Jenis-jenis tanah tersebut mempunyai gradasi pasir halus, plastisitas sedang dan kohesi kecil sehingga hanya mampu menahan beban untuk kontruksi rumah satu lantai. Kedua pengukuran tersebut dapat saling melengkapi dimana uji laboratorium

memberikan informasi mendetail tentang jenis tanah beserta sifat fisik mekaniknya, sedangkan pengukuran geolistrik dapat dilakukan secara cepat pada lokasi yang luas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada PT Teguh Karya Abadi selaku pengembang Perumahan Istana Tidar Regency yang telah menyediakan lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. 2002. *Principles of Geotechnical Engineering edisi kelima*. USA: Brooks/Cole
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I edisi ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H. C. 2010. *Analisis dan Perancangan FONDASI bagian 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H.C. 2012 *Mekanika Tanah 1 edisi 6*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Enginering Studies*. Malaysia. Penang
- Muslihk. 1996. *Teknik Fondasi edisi kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Peck, R., Hanson, W., dan Thornburn, T. 1974. *Foundation Engineering second edition*. England: John Wiley & Sons, Inc
- Rohim, M. N., Subagio, H., & Hidayah, N. 2010. *Aplikasi Metode Geolistrik Sounding dengan Konfigurasi Pole-Pole Untuk Mengukur Resistivitas Bawah Permukaan Tanah dan Mengetahui Struktur Tanah*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Roy, E. Hunt 1984. *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. Mcgraw Hill, New York.
- Terzaghi, K. 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. New York: John Willey and Sons
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press