

**PENGUNAAN GEOLISTRIK DENGAN VARIASI METODE
DETEKSI LAPISAN TANAH DAN KEDALAMAN TIANG
DALAM SKALA LABORATORIUM**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**RETNO WIDI ASTUTI
NIM. 125060101111006**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

repository.ub.ac.id

PENGGUNAAN GEOLISTRIK DENGAN VARIASI METODE DETEKSI LAPISAN TANAH DAN KEDALAMAN TIANG DALAM SKALA LABORATORIUM

Retno Widi Astuti, Eko Andi Suryo, Suroso

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjend Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341) 567886
Email: retnowidia48@gmail.com

ABSTRAK

Terdapat beberapa metode penyelidikan tanah di lapangan. Salah satunya adalah metode geolistrik. Dengan menggunakan metode ini akan diperlukan waktu yang lebih singkat dan biaya yang lebih murah. Penelitian ini menggunakan tanah pasir dan tanah residual sebagai bahan penelitian. Tanah model dimasukkan dalam *box fiberglass* berukuran panjang 50 cm, lebar dan tinggi 15 cm. Namun model hanya dibuat dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 12 cm. *Model test* yang dibuat antara lain 1 model horisontal, 1 model vertikal, dan 1 model tanah residual tanpa tiang kemudian dipasang 1 tiang di tengah. Masing masing model diuji dengan berbagai macam konfigurasi geolistrik antara lain konfigurasi *dipole – dipole*, *schlumberger*, dan *wenner*. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui berbagai konfigurasi geolistrik dalam mendeteksi lapisan tanah dan kedalaman tiang. Dalam penelitian ini digunakan $R_c = 90\%$ sehingga diperoleh kadar air model 10,546 % untuk tanah pasir dan 26,56 % untuk tanah residual. Dari penelitian ini diperoleh hasil dengan berbagai macam konfigurasi geolistrik diperoleh nilai resistivitas yang berbeda pada lapisan tanah. Konfigurasi yang paling tepat digunakan pada lapisan tanah adalah konfigurasi *dipole – dipole* untuk lapisan horisontal dan konfigurasi *schlumberger* untuk lapisan vertikal. Pada penelitian deteksi kedalaman tiang, dengan konfigurasi yang digunakan menunjukkan bahwa geolistrik tidak dapat digunakan untuk mendeteksi kedalaman tiang. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai resistivitas terjadi secara keseluruhan, tidak hanya pada daerah pengaruh pemancangan tiang. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut tentang hal ini.

Kata kunci: geolistrik, resistivitas, lapisan tanah, kedalaman tiang

ABSTRACT

There are any methods of soil investigation in the field. One of them is the geo-electric method. By using this method will have required faster time and lower cost. In this research, used sand and residual that put in box fiberglass with length 50 cm, width 15 and high 15 cm. But these models made with length 50 cm, width 15 cm and high 12 cm. Model tests were made, one model of horizontal, one model of vertical, and one model of residual soil without pile and then installed one pile in the middle. Each of model tested geo-electric with configuration of dipole - dipole, schlumberger and wenner. The purpose of this research to influence each of configuration geo-electric in detection of soil layer and pile depth. This research use $R_c = 90\%$ and water content used 10.546 % for sand soil and 26.56% for

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

residual soil. The results of this research show with variation of configuration geo-electric obtained resistivity values at different soil layer. Configuration is most appropriate for soil layer is dipole – dipole configuration for horizontal layer and schlumberger configuration for vertical layer. In research of pile depth prediction, with the configuration used show that the geo-electric can not be used to pile depth prediction. This is demonstrated by the increase in the value of resistivity occurs as a whole, not only in the influence area of pile erection. So, be reuired more research on this.

Keyword: geo-electric, resistivity, soil layer, pile depth

PENDAHULUAN

Salah satu bagian struktur yang berada di bawah permukaan tanah adalah pondasi. Di era modern ini, banyak ditemukan bangunan kuno yang tidak diketahui kedalaman pondasinya. Sehingga diperlukan penyelidikan mengenai kedalaman pondasi yang belum diketahui kedalamannya. Selain itu, dalam pembuatan pondasi juga diperlukan penyelidikan tanah terlebih dahulu untuk mengetahui letak tanah keras dan kedalaman pondasi.

Penyelidikan tanah bisa dilakukan di lapangan maupun di laboratorium. Untuk penyelidikan tanah di lapangan membutuhkan persiapan alat yang mahal dan waktu mobilisasi yang lama. Sedangkan, penyelidikan tanah di laboratorium memerlukan waktu yang lama. Sehingga diperlukan penyelidikan yang lebih cepat dan murah. Salah satu alternatifnya adalah metode geolistrik.

Sebelumnya, terdapat penelitian geolistrik yang berkaitan dengan deteksi lapisan tanah dengan konfigurasi *schlumberger* pernah dilakukan oleh Heni Dewi Saidah (2015) dan yang berkaitan dengan deteksi kedalaman tiang pernah dilakukan oleh Mohammad Sadik Khan (2011). Pada penelitian ini dilakukan penelitian pada deteksi lapisan tanah dan kedalaman tiang dengan berbagai macam konfigurasi geolistrik.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode Geolistrik

Geolistrik merupakan metode yang menginjeksikan arus listrik melalui dua buah elektroda arus dan mengukur beda potensialnya melalui dua elektrode potensial. Rumus yang digunakan dalam pengolahan data metode geolistrik adalah:

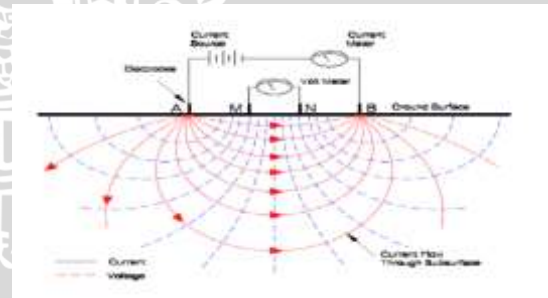
$$\rho = k \Delta V / I$$

I = arus dalam Ampere

ΔV = beda potensial dalam volt

ρ = tahanan jenis dalam Ohm meter

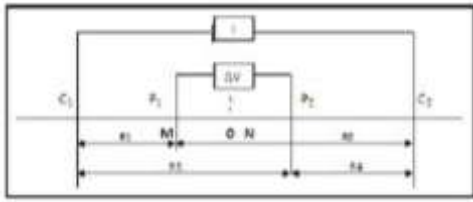
k = faktor geometri elektroda dalam meter



Gambar 1 Siklus elektrik determinasi resistivitas dan lapangan elektrik untuk stratum homogenous permukaan bawah tanah

Konfigurasi *Schlumberger*

Prinsip utama pada geolistrik konfigurasi *schlumberger* adalah dengan mengubah jarak elektroda arus tetapi tidak dengan elektroda potensial.

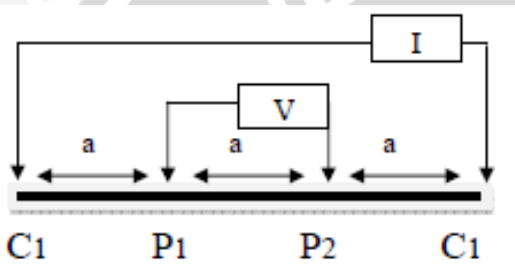


Gambar 2 Rangkaian elektroda konfigurasi *schlumberger*

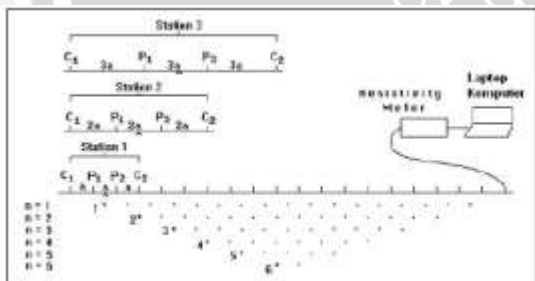
$$k = \pi \frac{AB^2 - MN^2}{4MN}$$

Konfigurasi Wenner

Konfigurasi *wenner* adalah konfigurasi geolistrik yang memiliki susunan jarak yang sama antar elektrodanya.



Gambar 3 Susunan elektroda konfigurasi *wenner*



Gambar 4 Skema pengukuran resistivity dengan konfigurasi *wenner*

$$k = 2\pi a$$

Konfigurasi Dipole – Dipole

Konfigurasi *dipole – dipole* adalah konfigurasi geolistrik yang memiliki jarak *a* antara kedua elektroda arusnya dan antara kedua elektroda potensialnya. Sedangkan jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial terpisah adalah *na* dan *n* adalah bilangan bulat.



Gambar 5 Konfigurasi *dipole - dipole*

$$k = \pi a n(n + 1)(n + 2)$$

Resistivitas Mineral dan Batuan

Tabel 1 Nilai Resistivitas Berbagai Jenis Tanah dan Batuan di Bumi (Roy, 1984)

| Jenis tanah atau batuan | Resistivitas (Ohm) |
|---|--------------------|
| Tanah liatungan, basah-lembek | 1,5 - 3,0 |
| Lempung leman dan tanah leman basah-lembek | 3 - 15 |
| Tanah leman, pasir | 15 - 150 |
| Batu bara bekatul/bekas tanah lembek | 150 - 300 |
| Pasir krikil bercampur leman | > 300 |
| Pasir krikil terdapat lapisan leman | 300 - 2400 |
| Batu bara bekatul berisi tanah liatung | 300 - 2400 |
| Endapan pasir dan kerikil bekatul kasar dan liatung | 2400 |
| Batu bara drier tik lapuk | 2400 |
| Air tawar | 20 - 40 |
| Air laut | 0,18 - 0,24 |

Tabel 2 Nilai Resistivitas Maksimum dan Minimum dengan Variasi Kepadatan Tanah Pasir (Muhammad Ato'urrohman, 2014)

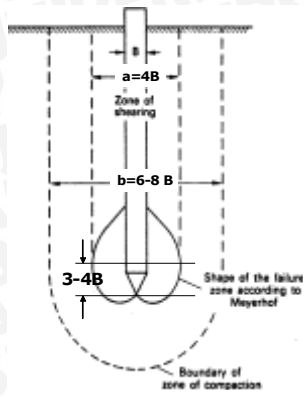
| Perobaan 1 (Kadar air (w) rencana = 5%, Kepadatan relatif (Rr) rencana = 65%, 75%, 85%) | | | | |
|--|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Parameter Model Test | Satuan | Model test 1 | Model test 2 | Model test 3 |
| γd rata - rata | gram/cm ³ | 1,385 | 1,533 | 1,616 |
| Resistivitas minimum | Ohm | 571 | 326 | 163 |
| Resistivitas maksimum | Ohm | 2274 | 2612 | 2703 |
| Perobaan 2 (Kadar air (w) rencana = 10%, Kepadatan relatif (Rr) rencana = 65%, 75%, 85%) | | | | |
| Parameter Model Test | Satuan | Model test 1 | Model test 2 | Model test 3 |
| γd rata - rata | gram/cm ³ | 1,326 | 1,512 | 1,622 |
| Resistivitas minimum | Ohm | 197 | 167 | 152 |
| Resistivitas maksimum | Ohm | 1104 | 1166 | 1292 |
| Perobaan 3 (Kadar air (w) rencana = 15%, Kepadatan relatif (Rr) rencana = 65%, 75%, 85%) | | | | |
| Parameter Model Test | Satuan | Model test 1 | Model test 2 | Model test 3 |
| γd rata - rata | gram/cm ³ | 1,406 | 1,598 | 1,690 |
| Resistivitas minimum | Ohm | 130 | 91 | 65 |
| Resistivitas maksimum | Ohm | 604 | 536 | 538 |

Pondasi Tiang

Pondasi tiang merupakan pondasi untuk struktur atau bangunan yang memiliki letak tanah keras yang sangat dalam. Pondasi ini dapat dibuat dari beberapa material, seperti kayu, beton, baja, dan komposit (gabungan). Tiang komposit dapat berupa gabungan dari kayu dan beton atau baja dan beton.



Pengaruh Pemancangan Tiang



Gambar 6 Daerah pengaruh pemancangan tiang

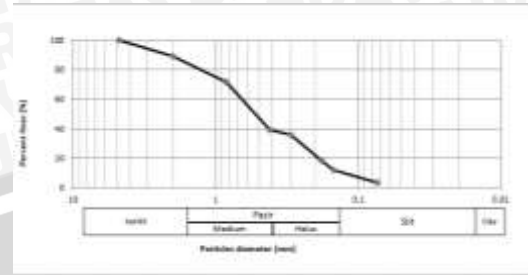
METODE

Bahan dasar model test dalam penelitian ini adalah tanah pasir dan tanah residual yang lolos ayakan no. 4. Model test dibuat dalam *box* berukuran panjang 50 cm serta lebar dan tinggi 15 cm. Namun model dibuat dengan panjang 50 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 12 cm. Total model yang dibuat adalah 3 model test. Model 1 dibuat lapisan horisontal. Model 2 dibuat lapisan vertikal. Model 3 dibuat tanah residual tanpa tiang kemudian dipasang 1 tiang di tengah. Ketiga model masing – masing diuji berbagai macam konfigurasi geolistrik. Dalam penelitian ini model hanya diuji dengan konfigurasi *dipole – dipole*, *schlumberger*, serta *wenner*. Dengan menggunakan konfigurasi *dipole – dipole* diperoleh 91 titik datum. Dengan menggunakan konfigurasi *schlumberger* diperoleh 49 titik datum. Dengan menggunakan *wenner* diperoleh 35 titik datum. Data geolistrik diolah menggunakan *Microsoft Excel*, *Notepad*, serta *Res2dinv*.

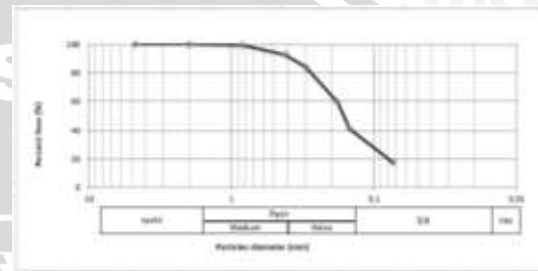
Pengujian dasar yang dilakukan pada tanah sebelum pembuatan model dan uji geolistrik antara lain adalah analisis saringan, berat jenis tanah, kepadatan standar, dan kadar air tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Gradasi Butiran Tanah



Gambar 7 Pembagian butiran tanah pasir



Gambar 8 Pembagian butiran tanah residual

Analisis *Specific Gravity*

Hasil analisis *specific gravity* ditunjukkan pada tabel berikut:

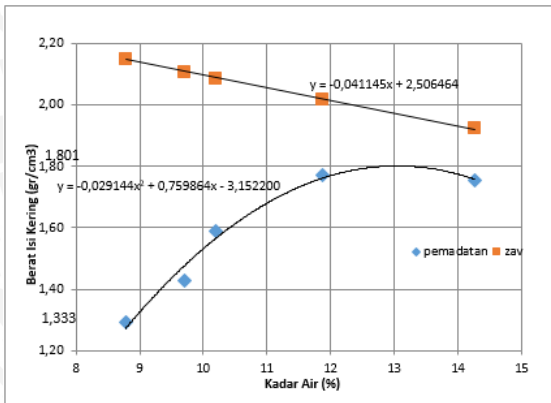
Tabel 3 Nilai Rata – Rata *Specific Gravity* Tanah Pasir

| Labu Ukur | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------------|-------|------|------|
| <i>Specific Gravity</i> | 2,615 | 2,65 | 2,68 |
| <i>Specific Gravity rata-rata</i> | 2,648 | | |

Tabel 4 Nilai Rata – Rata *Specific Gravity* Tanah Residual

| Labu Ukur | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| <i>Specific Gravity</i> | 2,539 | 2,528 | 2,539 |
| <i>Specific Gravity rata-rata</i> | 2,535 | | |

Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah



Gambar 9 Grafik pematatan standar tanah pasir



Gbr 10 Grafik pematatan standar tanah residual

Pada penelitian ini digunakan kepadatan relatif $R_c = 90\%$.

Tabel 5 Hasil Uji Pematatan Standar di Laboratorium dan Kepadatan Tanah Model dengan $R_c = 90\%$

| Jenis Tanah | Pematatan Standar | | Kepadatan Model ($R_c = 90\%$) | |
|-------------|-----------------------------|--|----------------------------------|--|
| | Kadar Air Optimum (OMC) (%) | Berat Isi Kering Model (γ_{maks}) (gr/cm ³) | Kadar Air Model (%) | Berat Isi Kering Model (γ_{maks}) (gr/cm ³) |
| Pasir | 13 | 1,801 | 10,546 | 1,62 |
| Residual | 19,72 | 1,175 | 26,56 | 1,057 |

Hasil Pemeriksaan Kadar Air dan Pematatan pada Model Test

Tabel 6 Hasil Pemeriksaan w_c , γ_d , dan R_c pada Lapisan Horizontal

| Parameter Model Test | Satuan | Lapisan Tanah 1 (Pasir) | Lapisan Tanah 2 (Residual) | Lapisan Tanah 3 (Pasir) |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Kadar air (w_c) | % | 7,74 | 26,08 | 9,79 |
| γ_d rata-rata | gram/cm ³ | 1,523 | 0,855 | 1,6 |
| Kepadatan Relatif (R_c) | % | 85 | 73 | 89 |

Tabel 7 Hasil Pemeriksaan w_c , γ_d , dan R_c pada Lapisan Vertikal

| Parameter Model Test | Satuan | Lapisan Tanah 1 (Pasir) | Lapisan Tanah 2 (Residual) | Lapisan Tanah 3 (Pasir) |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Kadar air (w_c) | % | 7,87 | 40,69 | 6,76 |
| γ_d rata-rata | gram/cm ³ | 1,544 | 1,127 | 1,565 |
| Kepadatan Relatif (R_c) | % | 86 | 96 | 87 |

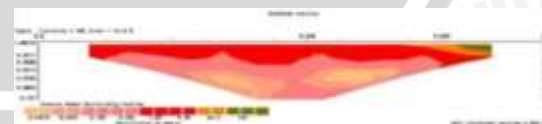
Tabel 8 Pemeriksaan w_c , γ_d , dan R_c pada Pemodelan Kedalaman 1 Tiang

| Parameter Model Test | Satuan | Lapisan Tanah Residual | |
|-----------------------------|----------------------|------------------------|-------------|
| | | Bagian Sekitar Tiang | Bagian Tepi |
| Kadar air (w_c) | % | 24,55 | 26,71 |
| γ_d rata-rata | gram/cm ³ | 0,935 | 0,928 |
| Kepadatan Relatif (R_c) | % | 88 | 88 |

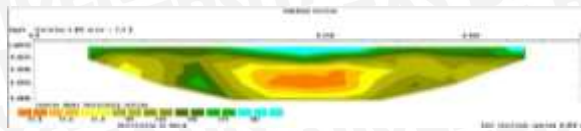
Hasil Inversi 2 Dimensi dan Interpretasi Model Test pada Lapisan Horizontal



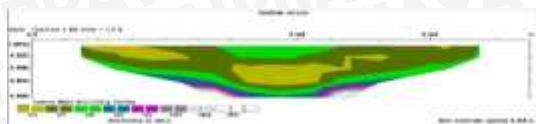
Gambar 11 Tampak depan lapisan horizontal



Gambar 12 Penampang resistivitas 2D lapisan bawah permukaan model test horizontal konfigurasi dipole – dipole



Gambar 13 Penampang resistivitas 2D lapisan bawah permukaan model test horisontal konfigurasi *schlumberger*



Gambar 14 Penampang Resistivitas 2D lapisan bawah permukaan model test horisontal konfigurasi *wenner*

Nilai RMS error pada iterasi ke 3 untuk masing – masing konfigurasi adalah sebesar 43 % untuk konfigurasi *dipole – dipole*, 2,5 % untuk konfigurasi *schlumberger*, dan 2,8 % untuk konfigurasi *wenner*.

Tabel 9 Nilai Resistivitas dan Jenis Tanah Lapisan Horizontal Konfigurasi *Dipole – Dipole*

| Lapisan | Kedalaman (m) | Resistivitas (Ωm) | Jenis Tanah |
|---------|---------------|-------------------|-------------|
| 1 | 0 – 4,08 | 0,104 – 146 | Pasiran |
| 2 | 4,08 – 8,8 | 0,00575 – 0,104 | - |
| 3 | 8,8 – 10,7 | 0,104 | Pasiran |

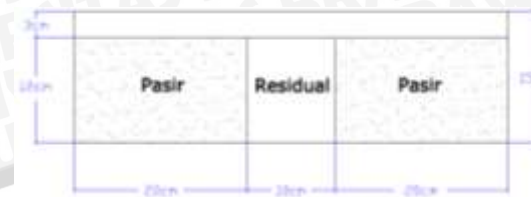
Tabel 10 Nilai Resitivitas dan Jenis Tanah Lapisan Horizontal Konfigurasi Schlumberger

| Lapisan | Kedalaman (m) | Resistivitas (Ωm) | Jenis Tanah |
|---------|---------------|-------------------|---------------------------|
| 1 | 0 – 2,3 | 140 – 382 | Pasir (SP) |
| 2 | 2,3 – 8,8 | 37- 140 | Tanah liat lempung, pasir |

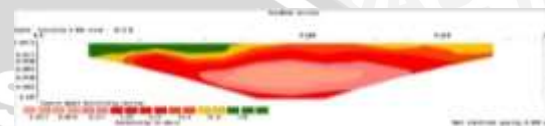
Konfigurasi *wenner* tidak perlu ditabelkan karena cukup sulit menentukan lapisan tanah horisontal

Berdasarkan ketiga konfigurasi tersebut dapat disimpulkan bahwa konfigurasi yang paling tepat menunjukkan adanya perbedaan jenis tanah secara horisontal adalah konfigurasi *dipole – dipole*. Karena dengan menggunakan konfigurasi *dipole – dipole* terlihat perbedaan nilai resistivitas pada lapisan tanah mendekati model penelitian yang dibuat serta dapat menunjukkan hasil nilai resistivitas dan jenis tanah sesuai model yang dibuat.

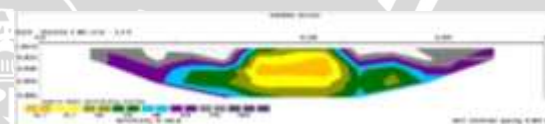
Hasil Inversi 2 Dimensi dan Interpretasi Model Test pada Lapisan Vertikal



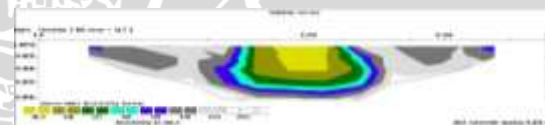
Gambar 15 Tampak depan lapisan vertikal



Gambar 16 Penampang resistivitas 2D lapisan bawah permukaan model test konfigurasi *dipole – dipole*



Gbr 17 Penampang resistivitas 2D lapisan bawah permukaan model test konfigurasi *schlumberger*

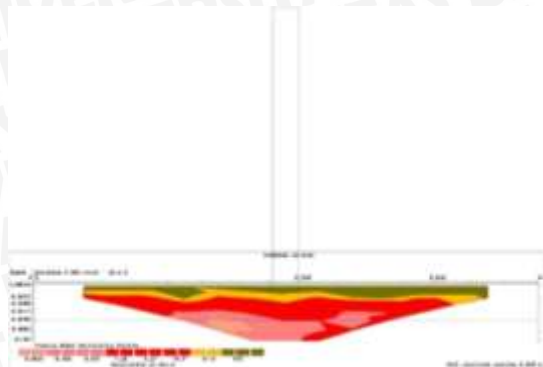


Gambar 18 Penampang resistivitas 2D lapisan bawah permukaan model test konfigurasi *wenner*

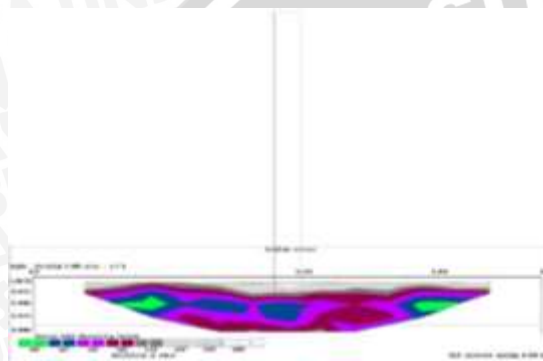
Nilai RMS error pada iterasi ke 3 untuk masing – masing konfigurasi adalah sebesar 39,3 % untuk konfigurasi *dipole – dipole*, 3,8 % untuk konfigurasi *schlumberger*, dan 10,5 % untuk konfigurasi *wenner*.

Tabel 11 Nilai Resistivitas dan Jenis Tanah Lapisan Vertikal Konfigurasi *Dipole - Dipole*

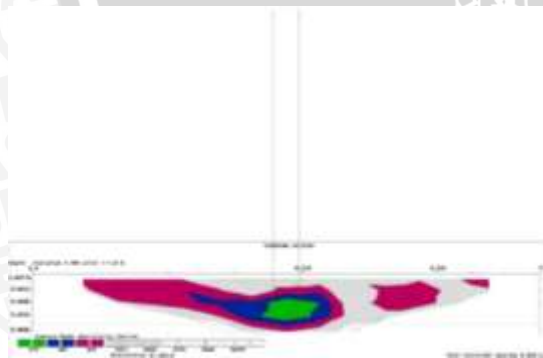
| Lapisan | Panjang Lintasan (m) | Resistivitas (Ωm) | Jenis Tanah |
|---------|----------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 4,5 – 16 | 0,351 – 319 | Pasiran |
| 2 | 16 – 29 | 0,0271 – 0,351 | - |
| 3 | 29 – 40,5 | 0,351 – 16 | Pasiran |



Gambar 24 Penampang resistivitas 2D lapisan bawah permukaan *model test* kedalaman 1 tiang konfigurasi *dipole – dipole*

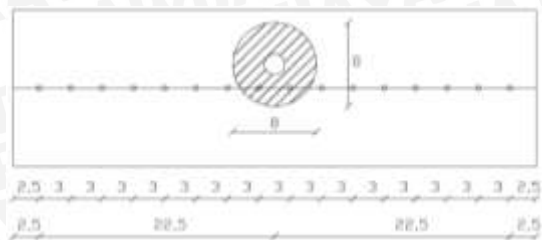


Gambar 25 Penampang resistivitas 2D lapisan bawah permukaan *model test* kedalaman 1 tiang konfigurasi schlumberger



Gambar 26 Penampang resistivitas 2D lapisan bawah permukaan *model test* kedalaman 1 tiang konfigurasi *wenner*

Nilai RMS error pada iterasi ke 3 untuk masing – masing konfigurasi adalah 23,6 % untuk koonfigurasi *dipole – dipole*, 4,1 % untuk konfigurasi *schlumberger*, dan 5,6 % untuk konfigurasi *wenner*.



Gambar 27 Tampak atas daerah pengaruh pemancangan 1 tiang



Gambar 28 Tampak depan daerah pengaruh pemancangan 1 tiang

Tabel 14 Perbandingan Nilai Resistivitas Tanpa Tiang dan Setelah Dipasang 1 Tiang Konfigurasi *Dipole - Dipole*

| Bagian | Resistivitas (Ωm) | |
|--------|-----------------------------|------------------|
| | Tanpa Tiang | Dipasang 1 Tiang |
| 1 | 0,0328 - 119 | 0,0447 - 153 |
| 2 | 0,0328 - 119 | 0,0447 - 153 |
| 3 | 0,106 - 119 | 0,143 - 153 |

Tabel 15 Perbandingan Nilai Resistivitas Tanpa Tiang dan Setelah Dipasang 1 Tiang Konfigurasi *Schlumberger*

| Bagian | Resistivitas (Ωm) | |
|--------|-----------------------------|------------------|
| | Tanpa Tiang | Dipasang 1 Tiang |
| 1 | 251 - 1707 | 336 - 3085 |
| 2 | 251 - 1707 | 461 - 3085 |
| 3 | 251 - 1707 | 336 - 3085 |

Tabel 16 Perbandingan Nilai Resistivitas Tanpa Tiang dan Setelah Dipasang 1 Tiang Konfigurasi *Wenner*

| Bagian | Resistivitas (Ωm) | |
|--------|-----------------------------|------------------|
| | Tanpa Tiang | Dipasang 1 Tiang |
| 1 | 654 - 1846 | 485 - 2696 |
| 2 | 654 - 1846 | 273 - 2696 |
| 3 | 654 - 1846 | 485 - 2696 |



Dari hasil diketahui nilai resistivitas cenderung meningkat setelah dipasang tiang kecuali pada konfigurasi wenner yang nilai resistivitas minimumnya cenderung menurun setelah dipasang tiang. Namun, peningkatan nilai resistivitas terjadi secara keseluruhan, tidak hanya terjadi pada daerah pengaruh pemancangan tiang. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa geolistrik tidak dapat digunakan untuk mendeteksi kedalaman tiang. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hal ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan berbagai konfigurasi geolistrik diperoleh panjang lintasan 45 cm dengan nilai resistivitas pada kedalaman 10,7 cm untuk konfigurasi *dipole – dipole* dan 8,06 cm untuk konfigurasi *schlumberger* dan wenner. Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Konfigurasi yang paling tepat digunakan pada lapisan tanah adalah konfigurasi *dipole – dipole* untuk lapisan horisontal dan konfigurasi *schlumberger* untuk lapisan vertikal. Hal ini ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang diperoleh dengan konfigurasi tersebut mendekati nilai resistivitas tanah yang dibuat pada *model test*.
2. Dengan konfigurasi yang digunakan menunjukkan bahwa geolistrik tidak dapat digunakan untuk mendeteksi kedalaman tiang. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai resistivitas terjadi secara keseluruhan, tidak hanya terjadi pada daerah pengaruh pemancangan tiang. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut tentang hal ini.

Saran

Setelah melakukan penelitian ini, ada beberapa hal yang harus diperhatikan untuk penyempurnaan penelitian yang

lebih lanjut. Hal – hal tersebut sebagai berikut:

1. Diperlukan model dengan lebar yang lebih besar agar diperoleh hasil inversi yang lebih dalam. Apabila memungkinkan penelitian dapat dilakukan di lapangan agar dapat mendeteksi lapisan tanah dan kedalaman tiang dengan menggunakan konfigurasi geolistrik yang lainnya. Karena dalam skala laboratorium dengan ukuran model yang telah dibuat hanya dapat dideteksi dengan konfigurasi *dipole – dipole*, *schlumberger*, dan *wenner*.
2. Dalam penelitian ini menggunakan geolistrik metode *mapping*, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan geolistrik metode *sounding*.
3. Dalam penelitian deteksi kedalaman tiang diperoleh peningkatan nilai resistivitas secara keseluruhan, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut tentang hal ini. Dalam penelitian selanjutnya dapat digunakan *box* yang lebih besar dan kedalaman tiang yang lebih dalam. Jika memungkinkan dapat dilakukan pada pondasi suatu struktur yang sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ato'urrohman, Muhammad. 2014. Pengaruh Kepadatan Tanah Pasir Terhadap Nilai Resistivitas/Tahanan Jenis pada Model Fisik dengan Metode ERT (Electrical Resistivity Tomography). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Das, Braja M. 1985. *Principles of Geoteknik Engineering*. Boston: PWS Publisher.
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial : 2-D and 3-D electrical imaging surveys*. <https://www.ualberta.ca/~unsworth/>

[UAclasses/223/loke_course_notes.pdf](#)
f. (diakses 13 Januari 2016).

Roy, E. 1984. *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. New York: Mcgraw Hill.

Saidah, Heni Dewi. 2015. Pengaruh Kadar Air Tanah Lempung Terhadap Nilai Resistivitas/Tahanan Jenis pada Model Fisik dengan Metode ERT (Electrical Resistivity Tomography). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

