



**ANALISIS JENIS TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
GEOLISTRIK RESISTIVITAS 3D DAN UJI GESER LANGSUNG  
DI PERUMAHAN ISTANA TIDAR REGENCY KECAMATAN  
SUMBERSARI KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

Oleh

**Winda Aprita Mayasari  
NIM 101810201030**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**ANALISIS JENIS TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
GEOLISTRIK RESISTIVITAS 3D DAN UJI GESER LANGSUNG  
DI PERUMAHAN ISTANA TIDAR REGENCY KECAMATAN  
SUMBERSARI KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (SI)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

oleh

**Winda Aprita Mayasari  
NIM 101810201030**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk:

1. Ibunda Sumarti dan Ayahanda Amik Samiyono yang tercinta, yang selalu menyayangiku, mendukungku, dan memberiku semangat;
2. Adikku Agung Dwi Cahyo Anggoro yang selalu memberikan motivasi dan dukungan selama ini;
3. guru-guruku yang sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi telah memberikan ilmu dan membimbingku selama ini;
4. seluruh keluarga besar di Nganjuk yang telah memberikan dukungan, motivasi dan nasehat yang sangat berguna;
5. teman-teman seperjuangan angkatan 2010 yang telah memberikan keceriaan, dorongan serta doa semala ini;
6. seluruh keluarga besar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
7. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

**MOTTO**

Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat.

(terjemahan Surat *Al-Mujadillah* ayat 11) \*)

Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) tetaplah bekerja keras (untuk urusan lain).

(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 6-7) \*)

Cobalah untuk tidak menjadi seseorang yang sukses, tetapi menjadi seseorang yang bernilai (berharga).

(*Albert Einstein*) \*\*)

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2012. *Al-Hadi: Al Qur'an Terjemah Per Kata Latin dan Kode Tajwid*. Jakarta: Penerbit Satu Warna.

\*\*) Setiawan, I. 2010. *Saripati Kata-kata Bijak Kata Motivasi Para Pemikir Top Inspirasional Dunia*. Yogyakarta: Diva Press.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Winda Aprita Mayasari

NIM : 101810201030

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Analisis Jenis Tanah dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 3D dan Uji Geser Langsung di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2015

Yang menyatakan,

Winda Aprita Mayasari

NIM 101810201030

**SKRIPSI**

**ANALISIS JENIS TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
GEOLISTRIK RESISTIVITAS 3D DAN UJI GESER LANGSUNG  
DI PERUMAHAN ISTANA TIDAR REGENCY KECAMATAN  
SUMBERSARI KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Winda Aprita Mayasari  
NIM 101810201030

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si., M.Si.



**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “*Analisis Jenis Tanah dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 3D dan Uji Geser Langsung di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember*” telah diuji dan disahkan pada:

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.  
NIP 19700327 199702 2 001

Supriyadi, S.Si., M.Si.  
NIP 19820424 200604 1 003

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si.  
NIP 19691225 199903 1 001

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.  
NIP 19741215 200212 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.  
NIP 19610108 198602 1 001

## RINGKASAN

**Analisis Jenis Tanah dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 3D dan Uji Geser Langsung di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember;** Winda Aprita Mayasari, 101810201030; 2015: 55 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tanah berasal dari pelapukan batuan yang prosesnya dapat secara kimia maupun fisik dan dibedakan berdasarkan ukuran butiran partikel tanah yaitu kerikil, pasir, lanau dan lempung. Tanah mempunyai peranan penting dalam perencanaan konstruksi sebuah bangunan sipil sebagai pendukung pondasi bangunan. Oleh karena itu sebelum didirikan suatu konstruksi bangunan diperlukan pengetahuan tentang sifat-sifat dasar tanah agar dapat mendukung bangunan di atasnya, salah satunya adalah kekuatan geser tanah. Kekuatan geser tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan keruntuhan di dalam tanah, dan faktor yang mempengaruhinya yaitu jenis tanah (kohesif dan non kohesif). Di Perumahan Istana Tidar Regency masih banyak lahan kosong yang belum didirikan bangunan. Tujuan penelitian mengetahui jenis tanah di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 3D dan uji geser langsung.

Pengambilan data dengan metode geolistrik resistivitas 3D dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam permukaan bumi, dengan menggunakan 4 buah elektroda, yaitu 2 buah elektroda arus dan 2 buah elektroda potensial. Penggambaran distribusi resistivitas 3D mampu menampilkan citra penyebaran resistivitas secara vertikal maupun horisontal. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi *pole-pole*. Setelah didapatkan data resistivitas selanjutnya dilakukan inversi dengan menggunakan *software Res3Dinv* yang menghasilkan citra distribusi resistivitas dalam penampang horisontal maupun vertikal. Setelah didapatkan hasil



gambaran distribusi resistivitas geolistrik kemudian ditentukan titik pengambilan sampel tanah, tanah diambil dengan menggunakan alat pencuplik tanah, kemudian sampel tanah di uji menggunakan alat uji geser langsung. Dari data uji geser langsung didapatkan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser ( $w$ ), dari nilai tersebut akan didapatkan jenis tanah kohesif dan non kohesif.

Hasil penelitian dengan metode geolistrik didapatkan nilai resistivitas yaitu (0,32 – 223)  $\Omega\text{m}$  dan kedalaman yang dicapai adalah 17,4 meter. Pada kedalaman (0 – 1,4) meter, citra warna yang dihasilkan dominan dengan warna merah, coklat dan orange dengan nilai resistivitas (34,3 – 87,6)  $\Omega\text{m}$  jenis tanah yang dihasilkan adalah lanauan dan pasir. Pada kedalaman (1,5 – 12,3) meter, citra warna yang dihasilkan dominan dengan warna hijau muda dan hijau tua yang memiliki nilai resistivitas (2,1 – 13,5)  $\Omega\text{m}$  diduga jenis tanahnya yaitu jenis tanah lempung basah lembek, lempung lanauan, dan tanah lanauan basah lembek. Pada kedalaman (12,3 – 17,4) meter dengan nilai resistivitas (0,32 – 2,1)  $\Omega\text{m}$  diduga terdapatnya akuifer air tanah. Setelah didapatkan hasil geolistrik selanjutnya dilakukan pengambilan sampel tanah pada kedalaman (2 – 2,5) meter. Hasil jenis tanah dari data geolistrik dan uji geser langsung di titik 1 dengan nilai resistivitas (13,5 – 34,3)  $\Omega\text{m}$  dan sudut geser  $40^\circ$  yaitu lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek, tanah lanauan, pasir, pasir agak bersudut. Titik 2 dengan nilai resistivitas (5,3)  $\Omega\text{m}$  dan sudut geser  $25^\circ$  jenis tanah yang dihasilkan yaitu lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek, dan pasir lanauan. Titik 3 nilai dengan nilai resistivitas (5,3 – 13,5)  $\Omega\text{m}$  dan sudut geser  $32^\circ$  jenis tanah yang dihasilkan yaitu lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek, lempung, lanauan, pasir lanauan, pasir agak bersudut. Dari hasil geolistrik dan pengujian sampel tanah dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian didominasi dengan tanah lempung, tanah lempung lanauan, lanauan, pasir lanauan dan tanah pasir yang berarti banyak mengandung butiran halus yang disebut tanah kohesif. Tanah kohesif hanya dapat digunakan untuk keperluan konstruksi bangunan ringan dengan beban yang tidak terlalu besar, seperti bangunan satu tingkat atau dua tingkat.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Jenis Tanah dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 3D dan Uji Geser Langsung di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini telah mendapatkan bimbingan, pengarahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Nurul Priyantari, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Supriyadi S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam membantu dan membimbing penulis dari awal sampai terselesaikannya penulisan skripsi ini;
2. Dr. Artoto Arkundato S.Si., M.Si, selaku Dosen Penguji Utama dan Puguh Hiskiawan S.Si., M.Si, selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama perkuliahan;
4. bapak dan ibu dosen, serta seluruh staf di Lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, atas kerjasamanya dalam penyelesaian skripsi ini;
5. staff dan karyawan pada Kantor PT. Teguh Karya Abadi, yang sudah memberikan tempat ijin penelitian sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
6. Fauzan selaku asisten dari Universitas Brawijaya Malang yang telah membantu dalam penelitian Geofisika;

7. Oki dan Tamma selaku asisten dari Teknik Sipil Universitas Jember yang telah membantu dalam penelitian pengambilan sampel tanah dan pengujian sampel tanah di Laboratorium;
8. Lilik, Nurul, Anik, Safril, Imey, Veni, Iza, Ony, Lina, Lia, Devi, Diar, Fatma, Aisyah, Dessy, Ulya, Alit, Koko, Rohim, Bahar, Iqbal, Dedi, Haerul dan teman-teman angkatan 2010 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan kasih sayang, persahabatan, motivasi, dorongan, semangat dan membantu dalam penelitianku;
9. teman-teman kos Sindang Reret Arum, Mitha, Lia, Fiqya, Dian, Yuyun, Agustin, Emil, Ayuk, Indah dan lainnya yang selalu memberi motivasi dan semangat;
10. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, saran dan kritik<sup>\*)</sup> yang membangun dari pembaca sangat peneliti harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2015

Penulis

---

\*) kritik dan saran dapat dialamatkan di email [Wprita73@gmail.com](mailto:Wprita73@gmail.com).

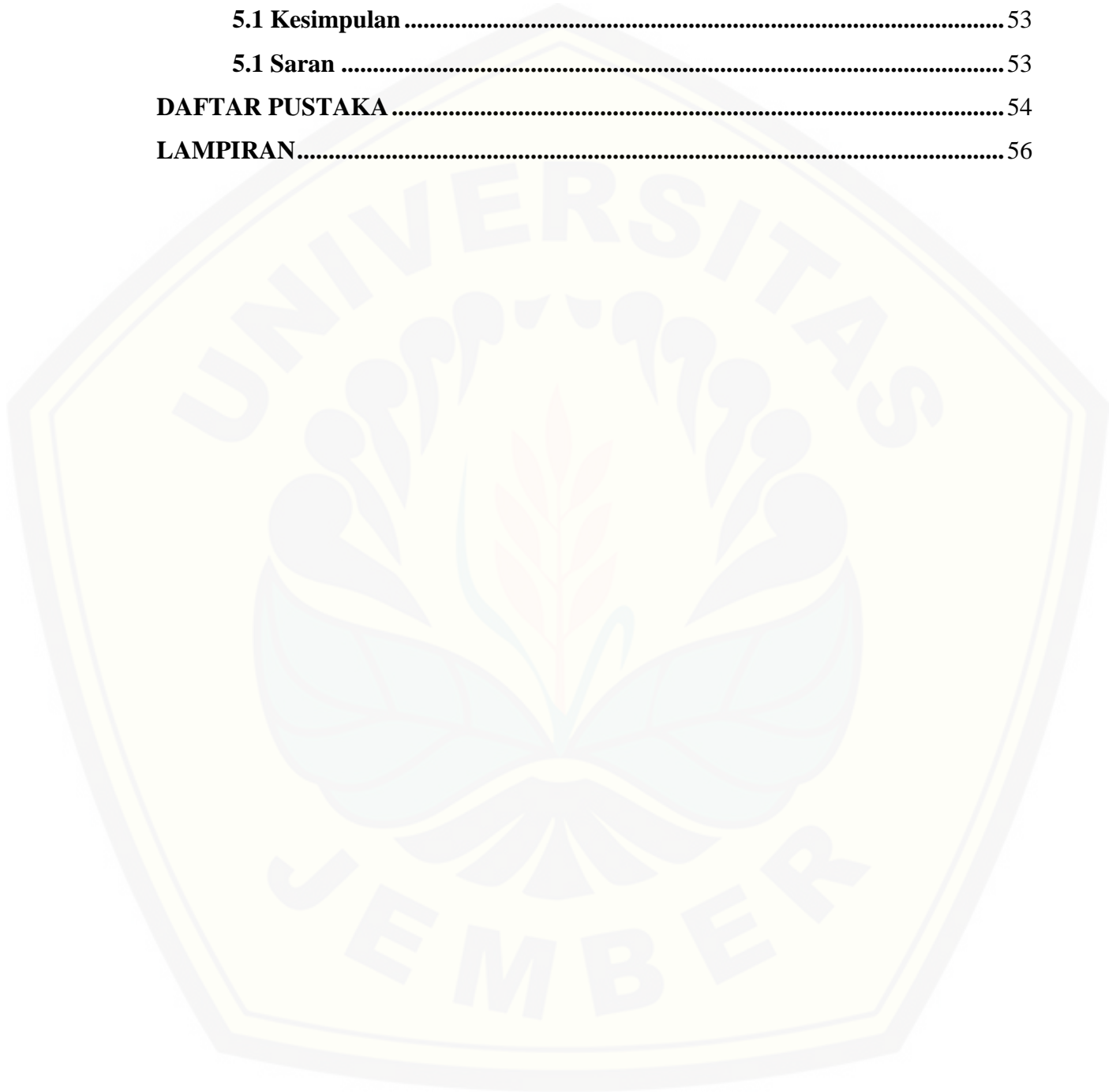
DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Batasan Masalah .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>5</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Geologi Daerah Penelitian .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Tanah.....</b>	<b>7</b>
2.2.1 Pengertian Tanah.....	7
2.2.2 Sifat-Sifat Dasar Tanah .....	7
2.2.3 Jenis-Jenis Tanah.....	8
<b>2.3 Penyebab Pergerakan Tanah.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Kekuatan Geser Tanah.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Metode Geolistrik Resistivitas .....</b>	<b>12</b>

2.6 Potensial dalam Media Homogen .....	13
2.7 Elektroda Arus Tunggal di Permukaan Bumi .....	15
2.8 Dua Elektroda Arus di Permukaan Bumi .....	16
2.9 Resistivitas Semu .....	18
2.10 Sifat Kelistrikan Batuan .....	18
2.11 Survei Resistivitas 3D .....	19
2.12 Konfigurasi <i>Pole-Pole</i> .....	20
2.13 Uji Geser Langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ) .....	21
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>25</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	25
3.1.1 Tempat Penelitian .....	25
3.1.2 Waktu Penelitian .....	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	26
3.2.1 Alat yang Digunakan untuk Penelitian Metode Geolistrik Resistivitas .....	26
3.2.2 Alat yang Digunakan untuk Pengambilan Sampel Tanah di Lapangan .....	29
3.2.3 Alat yang Digunakan untuk Uji Geser Langsung .....	30
3.3 Diagram Kerja Penelitian .....	34
3.3.1 Studi Literatur .....	35
3.3.2 Survei Lokasi Penelitian .....	35
3.3.3 Pengambilan Data Geolistrik .....	35
3.3.4 Interpretasi Data Geolistrik .....	38
3.3.5 Pengambilan Sampel Tanah .....	38
3.3.6 Uji Geser Langsung .....	38
3.3.7 Interpretasi Data Laboratorium .....	39
3.3.8 Analisis Data .....	40
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>41</b>
4.1 Hasil .....	41
4.1.1 Data Hasil Penelitian Geolistrik .....	41
4.1.2 Inversi Data Hasil Penelitian Geolistrik .....	41



4.1.3 Hasil Dari Uji Geser Langsung .....	48
<b>4.2 Pembahasan .....</b>	<b>48</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1 Saran .....</b>	<b>53</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>56</b>

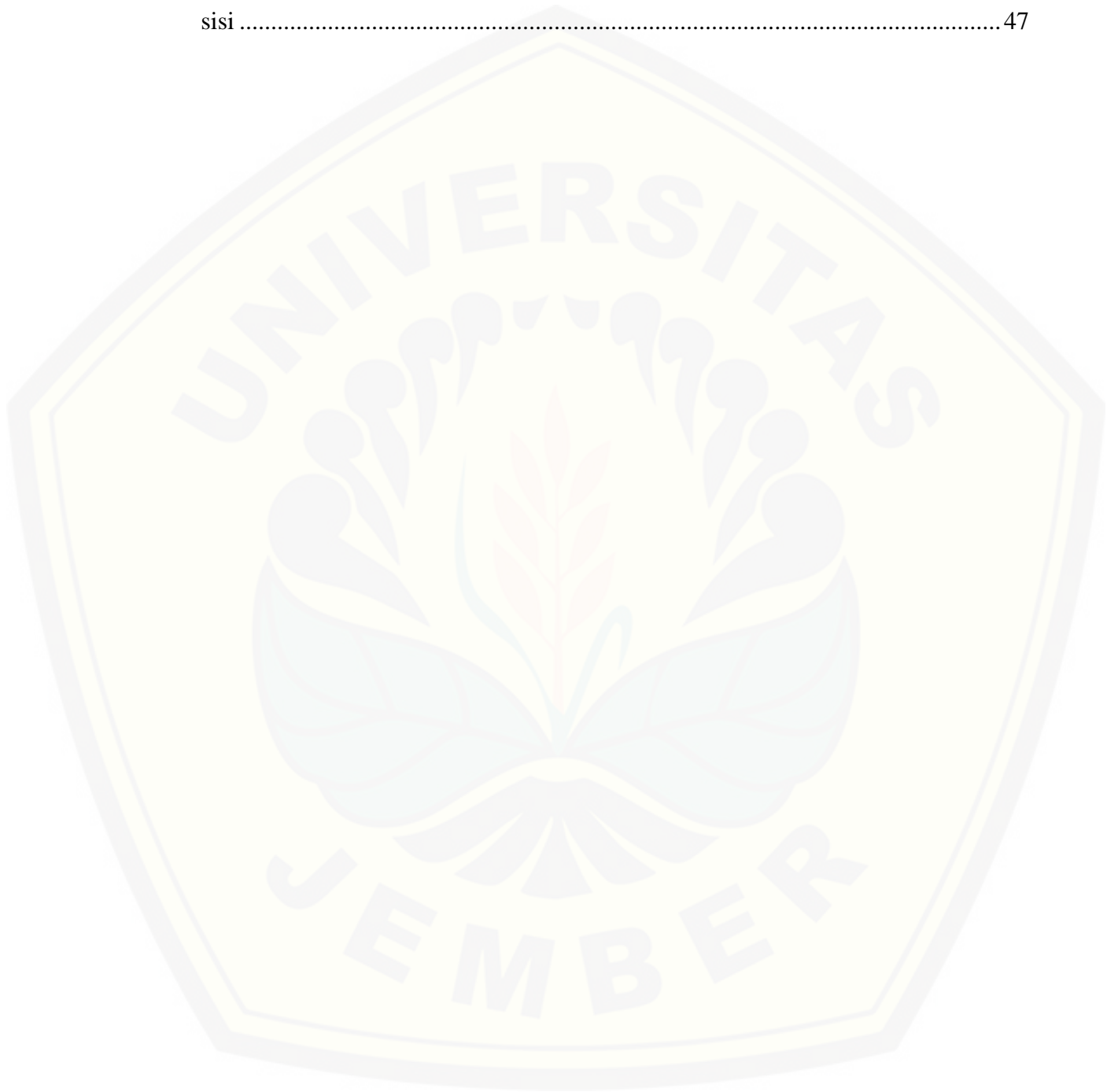




DAFTAR GAMBAR

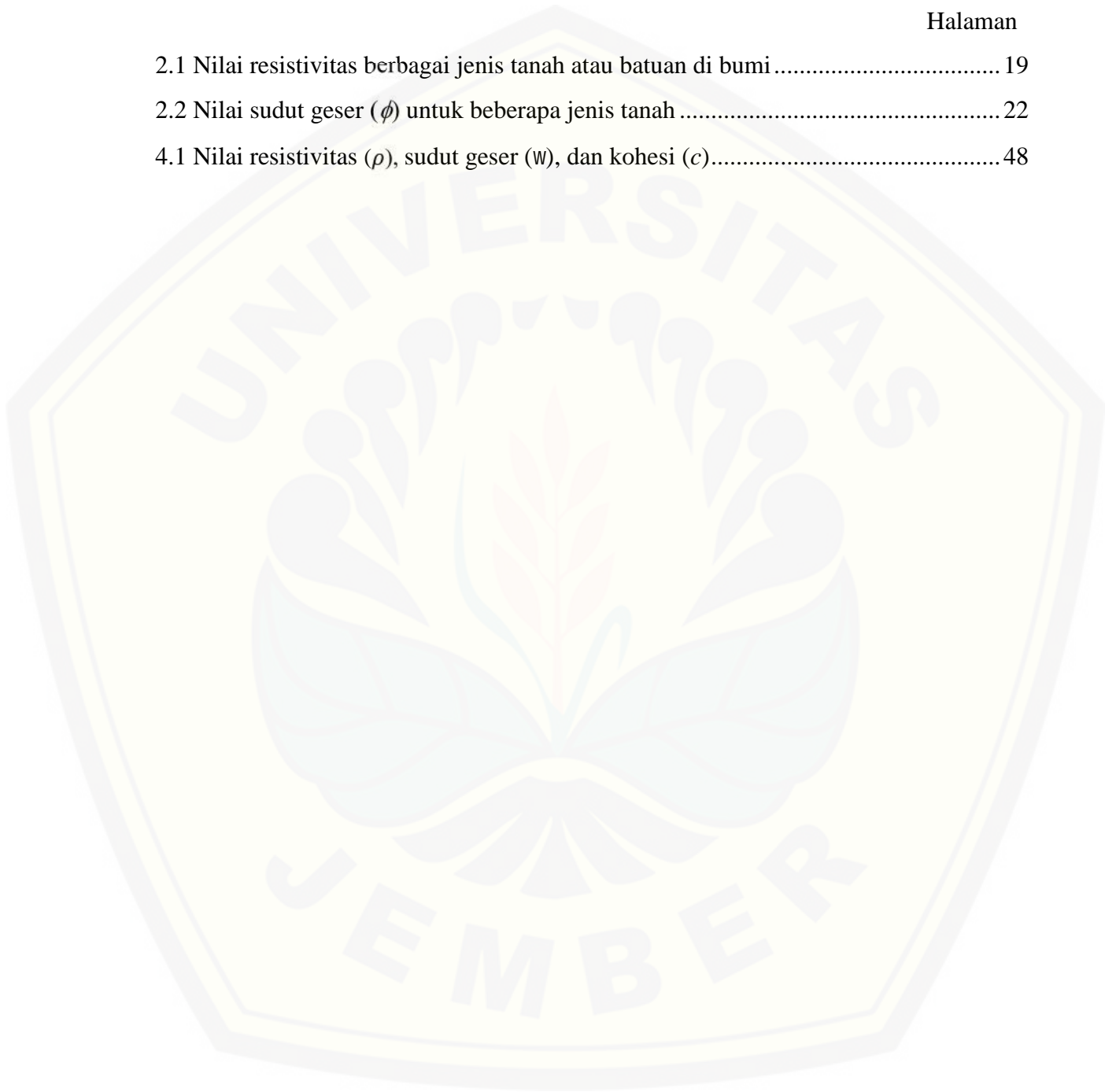
	Halaman
2.1 Peta lokasi penelitian.....	6
2.2 Kriteria kegagalan Mohr dan Coloumb.....	11
2.3 Aliran arus dan bidang ekuipotensial oleh satu titik sumber pada permukaan bumi homogen .....	16
2.4 Dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas $\rho$ .....	16
2.5 Perbedaan interpretasi pengukuran metode geolistrik resistivitas.....	20
2.6 Gambar teknik pengambilan data metode geolistrik resistivitas 3D.....	20
2.7 Konfigurasi <i>pole-pole</i> .....	21
2.8 Diagram susunan alat uji geser langsung .....	22
2.9 Alat uji geser langsung dengan cara regangan terkendali .....	24
3.1 Denah lokasi penelitian .....	25
3.2 Lintasan pengukuran pada lokasi penelitian .....	26
3.3 <i>Resistivitymeter</i> .....	27
3.4 Kabel penghubung .....	28
3.5 Elektroda .....	28
3.6 <i>GPSmap 76CSx</i> .....	28
3.7 <i>Accu</i> .....	29
3.8 Meteran .....	29
3.9 Alat pengambilan sampel tanah .....	30
3.10 Alat uji geser langsung.....	32
3.11 Alat penunjang yang digunakan untuk uji geser langsung.....	33
3.12 Skema kerja pelaksanaan penelitian.....	34
3.13 Desain pengukuran lintasan untuk pengukuran resistivitas 3D .....	37
4.1 Penampang horisontal resistivitas bawah permukaan.....	42
4.2 Penampang vertikal (bidang x-z) bawah permukaan dengan sayatan searah sumbu x penampang horisontal .....	44

4.3 Penampang vertikal (bidang $y-z$ ) bawah permukaan dengan sayatan searah sumbu $x$ penampang horisontal .....	45
4.4 Citra resistivitas bawah permukaan berbentuk kubus (3D) dilihat dari berbagai sisi .....	47



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Nilai resistivitas berbagai jenis tanah atau batuan di bumi .....	19
2.2 Nilai sudut geser ( $\phi$ ) untuk beberapa jenis tanah .....	22
4.1 Nilai resistivitas ( $\rho$ ), sudut geser ( $w$ ), dan kohesi ( $c$ ).....	48



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. URUTAN PENGAMBILAN DATA GEOLISTRIK RESISTIVITAS 3D .....	56
B. TABEL PENGAMBILAN DATA GPS.....	57
C. TABEL DATA PENGAMATAN GEOLISTRIK .....	63
D. TABEL DATA HASIL PERHITUNGAN UJI GESER LANGSUNG .....	85
E. GAMBAR PENGAMBILAN DATA GEOLISTRIK.....	91
F. GAMBAR PENGAMBILAN SAMPEL TANAH.....	94
G. GAMBAR PENGAMBILAN DATA UJI GESER LANGSUNG.....	96

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah berasal dari pelapukan batuan yang prosesnya dapat secara kimia maupun fisik. Proses fisis tanah antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air *gletsyer*, atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan. Tanah yang terjadi akibat penghancuran akan tetap mempunyai komposisi yang sama dengan batuan aslinya. Proses kimiawi pada tanah menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam, oksigen, dan karbondioksida (Craig, 1989). Tanah terdiri dari campuran butiran-butiran mineral yang mengandung bahan organik atau tanpa mengandung bahan organik. Tanah dibedakan dalam berbagai jenis berdasarkan ukuran butiran partikel tanah yaitu kerikil, pasir, lanau dan lempung (Hardiyatmo, 2010).

Menurut Hardiyatmo (2012) tanah mempunyai peranan penting dalam perencanaan konstruksi sebuah bangunan sipil, fungsinya adalah sebagai pendukung pondasi bangunan. Tanah sebagai dasar berdirinya suatu bangunan sering mengalami pergerakan tanah, khususnya pada kondisi tanah yang lunak. Tanah lunak merupakan tanah yang sebagian besar terdiri dari butiran-butiran yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Masalah pergerakan tanah terjadi karena berbagai faktor diantaranya keadaan topografi, geografi, morfologi, struktur geologi, sifat rembesan tanah dan daerah potensi gempa. Oleh karena itu sebelum didirikan suatu konstruksi bangunan diperlukan pengetahuan tentang sifat-sifat dasar tanah agar dapat mendukung bangunan di atasnya. Sifat-sifat dari tanah diantaranya adalah sifat-sifat fisik tanah dan kekuatan geser tanah.

Ditinjau dari sifat fisik tanah, tanah terdiri dua bagian yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel padat sedangkan bagian berongga terisi air dan udara. Sedangkan kekuatan geser tanah adalah kemampuan

tanah untuk menahan keruntuhan di dalam tanah. Faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah adalah jenis tanah (kohesif dan non kohesif) serta keadaan tingkat kejenuhan air pada tanah kohesif. Tanah kohesif adalah tanah yang sebagian besar terdiri dari butiran-butiran halus yang mempunyai kuat geser rendah apabila kadar air tinggi dan kuat gesernya akan berkurang bila struktur tanahnya terganggu. Kuat geser dari tanah kohesif ditentukan dari nilai kohesinya. Contoh tanah kohesif adalah lempung, lempung berlanau, lempung berpasir, dan lanau. Tanah non kohesif merupakan tanah yang banyak mengandung butiran kasar sehingga tidak mempunyai lekatan antara butir-butirnya. Tanah non kohesif merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan baik untuk dasar bangunan karena mudah dipadatkan dan mempunyai kuat geser yang tinggi. Contoh tanah non kohesif adalah pasir, kerikil, dan batuan (Hardiyatmo, 2010).

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Metode geolistrik meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik di atas permukaan tanah yang terjadi baik secara alamiah maupun penginjeksian arus ke dalam bumi. Terdapat beberapa metode geolistrik yang sering digunakan antara lain: metode potensial diri (SP), IP (*Induced Polarization*), *magnetotelluric*, dan resistivitas (tahanan jenis) (Reynolds, 1997). Metode geolistrik yang sering digunakan adalah metode geolistrik resistivitas. Menurut Priyanto (dalam Kalmiawan, 2000) metode geolistrik resistivitas salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan bumi berdasarkan kontras resistivitasnya. Berdasarkan harga resistivitas struktur lapisan bawah permukaan bumi, dapat diketahui jenis tanahnya (Telford, *et al.*, 1990). Penelitian untuk menentukan jenis tanah berdasarkan nilai resistivitasnya pernah dilakukan oleh Permana dan Sopyan (2013) menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner. Penelitian tersebut menghasilkan data tentang berbagai jenis tanah berdasarkan nilai resistivitasnya, seperti tanah lempung dengan nilai resistivitas batuan sekitar (1,37 - 2,01)  $\Omega\text{m}$ , tanah liat dengan nilai resistivitas batumannya adalah



2,96  $\Omega\text{m}$ , tanah lempung lanauan dengan nilai resistivitas batuananya sekitar (4,34 - 6,37)  $\Omega\text{m}$ , pasir dengan nilai resistivitas batuananya sekitar 9,36  $\Omega\text{m}$ , batu tufan dengan nilai resistivitas batuananya sekitar 13,8  $\Omega\text{m}$ , batu aglomerat dengan nilai resistivitas batuan sekitar 20,2  $\Omega\text{m}$ .

Uji geser langsung (*direct shear test*) merupakan pengujian tertua dan mempunyai bentuk yang paling sederhana untuk suatu susunan uji geser. Uji geser langsung sangat cocok digunakan untuk menguji kuat geser tanah. Pada uji geser langsung sampel tanah dapat berupa lingkaran atau persegi. Dari data uji geser langsung didapatkan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser ( $w$ ), dari nilai tersebut akan didapatkan jenis tanah kohesif dan non kohesif (Muntohar, 2009). Penelitian dengan alat uji geser langsung pernah dilakukan oleh Nugroho (2011). Nugroho (2011) meneliti parameter kuat geser tanah pada campuran pasir dan lempung. Hasil penelitian Nugroho adalah semakin besar prosentasi tanah lempung semakin kecil nilai sudut geser, dan semakin besar prosentasi tanah pasir sudut geser dalam tanahnya semakin besar.

Perumahan Istana Tidar Regency terletak di Jl. Kaliurang, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember. Perumahan ini memiliki topografi berbukit dengan ketinggian yang berbeda-beda, dan masih banyak lahan kosong yang belum didirikan bangunan. Sebelum mendirikan suatu bangunan harus dipertimbangkan beban maksimum bangunan agar tidak terjadi kerusakan pada tanah pondasi dan penurunan bangunan.

Berdasarkan uraian di atas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember. Dengan menggunakan metode geolistrik maka didapatkan gambaran struktur bawah permukaan tanah berdasarkan nilai resistivitasnya, dari nilai resistivitas yang didapatkan dapat dianalisis jenis tanahnya. Dari hasil geolistrik yang berupa gambaran struktur bawah permukaan nantinya digunakan untuk penentuan titik-titik pengambilan sampel tanah yang kemudian tanah tersebut diuji di laboratorium

menggunakan uji geser langsung (*direct shear test*) untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam tanahnya, dan dari nilai kohesi dan sudut geser dalam tanahnya akan diketahui jenis tanah kohesif dan non kohesif.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana analisis penentuan jenis tanah di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 3D dan uji geser langsung?

### **1.3 Batasan Masalah**

Beberapa batasan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Akuisisi data di lapangan menggunakan metode geolistrik resistivitas 3D konfigurasi *pole-pole*.
2. Pengambilan data geolistrik dan sampel tanah dilakukan pada lahan kosong bagian selatan di Perumahan Istana Tidar Regency.
3. Jenis tanah ditentukan berdasarkan data geolistrik dan uji geser langsung.

### **1.4 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui struktur bawah permukaan di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 3D.
2. Mengetahui jenis tanah dengan menggunakan data geolistrik 3D dan uji geser langsung.

### 1.5 Manfaat

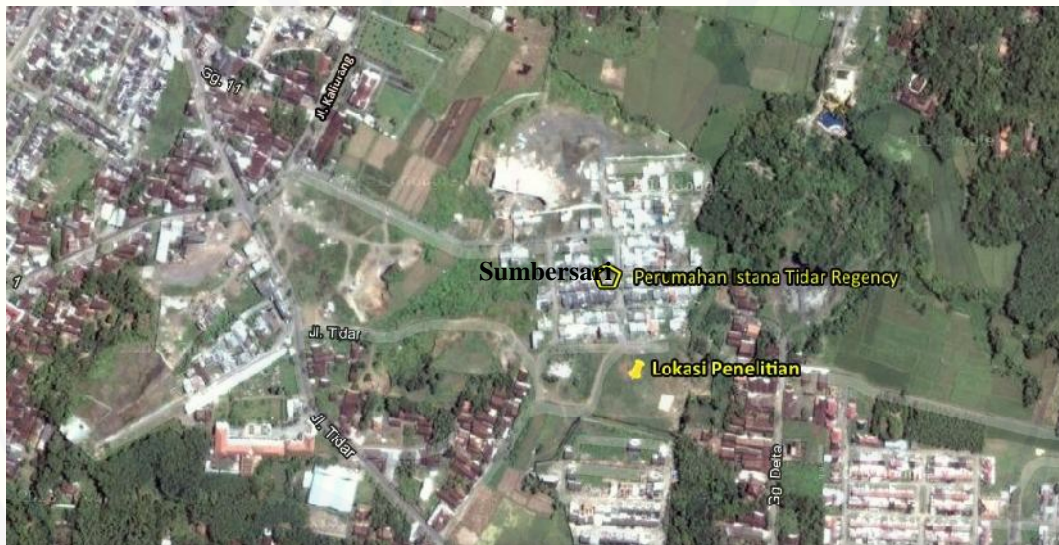
Beberapa manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi bagi PT. Teguh Karya Abadi terkait tentang struktur bawah permukaan tanah dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 3D.
2. Dapat memberikan informasi mengenai jenis tanah di Perumahan Istana Tidar Regency sehingga dapat menjadi acuan dalam perencanaan pembangunan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran lebih lanjut tentang penerapan metode geolistrik resistivitas 3D konfigurasi *pole-pole* dalam bidang geofisika khususnya mahasiswa Fisika yang akan menempuh tugas akhir.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geologi Daerah Penelitian

Secara geografis, Kota Jember memiliki luas wilayah 3.293,34 km<sup>2</sup>. Kota Jember umumnya berbentuk dataran tinggi yang subur di bagian tengah dan selatan yang dikelilingi pegunungan. Ditinjau dari segi topografi sebagian Kabupaten Jember di wilayah bagian utara merupakan daerah perbukitan dan pegunungan, sedangkan bagian selatan merupakan dataran rendah. Lokasi penelitian berada di daerah Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumpersari. Kecamatan Sumpersari terletak pada posisi 6°27'9" – 7°14'33" BT dan 7°59'6" – 8°33'56" LS dengan ketinggian ± 98 m. Luas wilayah Kecamatan Sumpersari adalah 35,52 km<sup>2</sup> (Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember, 2011).



Gambar 2.1 Peta lokasi penelitian (Sumber: googlemap.com, 2014).

Perumahan Istana Tidar Regency memiliki topografi yang berbukit, sebagian daerah perumahan sudah berdiri bangunan sebagian lagi masih kosong yang direncanakan akan didirikan bangunan. Batas-batas wilayah perumahan adalah



sebelah timur adalah wilayah berbentuk gumuk, sebelah barat dan selatan merupakan jalan raya sebelah utara daerah pemukiman penduduk.

## 2.2 Tanah

### 2.2.1 Pengertian Tanah

Tanah terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Tanah terbentuk dari pelapukan batuan, yang prosesnya dapat secara fisis maupun kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan gletsyer, atau perpecahan akibat pencairan dan pembekuan es dalam batuan. Proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya, salah satu penyebabnya yaitu air yang mengandung alkali atau asam, karbondioksida, dan oksigen. Mineral lempung terbentuk dari kelompok-kelompok partikel kristal yang dihasilkan oleh pelapukan kimiawi (Craig, 1989). Menurut Hardiyatmo (2002) tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan sipil, selain itu juga berfungsi sebagai pendukung pondasi bangunan, jadi diperlukan pengetahuan tentang sifat-sifat dasar tanah agar dapat mendukung bangunan di atasnya.

### 2.2.2 Sifat-Sifat Dasar Tanah

#### a. Sifat fisik tanah

Tanah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian rongga dan bagian padat. Bagian berongga (pori) terdiri dari air dan udara sedangkan bagian padat terdiri dari partikel-partikel padat (*solids*). Apabila tanah kering maka mempunyai ruang pori berisi udara, apabila tanah basah maka ruang pori berisi air dan apabila tanahnya jenuh air maka ruang pori berisi air (Hardiyatmo, 2002).

#### b. Permeabilitas dan rembesan

Permeabilitas dan rembesan adalah kemampuan tanah untuk dapat dilewati air melalui pori-porinya. Aliran air melalui pori-pori tanah sangat berguna dalam memperkirakan jumlah rembesan air di dalam tanah, menganalisis kestabilan

dari suatu bendungan tanah dan konstruksi dinding penahan tanah yang terkena gaya rembesan, dan menyelidiki permasalahan-permasalahan yang menyangkut pemompaan air untuk konstruksi di bawah tanah (Hardiyatmo, 2002).

c. Kekuatan geser tanah

Kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan keruntuhan dan longsoran di dalam tanah. Kuat geser tanah dipengaruhi oleh jenis tanah (kohesif dan non kohesif) dan keadaan tingkat kejenuhan air bagi tanah (Hardiyatmo, 2002).

### 2.2.3 Jenis-Jenis Tanah

Jenis tanah dapat ditentukan dari analisa ukuran butiran

a. Tanah kohesif

Menurut Hardiyatmo (2010) tanah kohesif adalah tanah yang banyak mengandung butiran halus. Contoh tanah kohesif adalah lempung, lempung berlanau, lempung berpasir dan lanau. Lempung adalah tanah berbutir halus yang mempunyai sifat plastis dalam kisaran kadar air tertentu dan kekuatannya tinggi bila tanahnya dalam keadaan kering udara. Lanau adalah tanah yang butiran penyusunnya berukuran diantara pasir dan lempung. Kuat geser dari tanah kohesif ditentukan dari nilai kohesinya. Tanah-tanah kohesif pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kuat geser rendah, terutama bila kadar air tinggi atau jenuh.
2. Berkurang kuat gesernya, bila kadar air bertambah.
3. Berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu.
4. Apabila basah bersifat plastis.
5. Merupakan material kedap air.
6. Menyusut bila kering dan mengembang bila basah.
7. Material yang jelek untuk tanah urug karena menghasilkan tekanan lateral yang tinggi ketika hujan.



b. Tanah non kohesif

Tanah non kohesif atau tanah granuler merupakan tanah berbutir kasar yang tidak mempunyai komponen kohesi ( $c = 0$ ), maka kuat gesernya hanya bergantung pada gesekan antar butir tanah. Tetapi apabila tanah dalam kondisi basah, tanah ini dapat mempunyai nilai kohesi yang lemah atau rendah. Contoh dari tanah non kohesif adalah pasir padat, kerikil dan batuan. Pasir adalah bahan bangunan yang banyak dipergunakan, butiran pasir hampir selalu terdiri dari satu macam zat mineral yaitu kuartz dan umumnya berukuran antara (0,0625 – 2) mm. Kerikil adalah partikel berbutir kasar, yang ukuran butirannya adalah (2 – 75) mm. Butir-butir kerikil biasanya terdiri dari pecahan-pecahan batu, tetapi kadang-kadang terdiri dari satu macam zat mineral, misalnya kuartz atau flint. Tanah non kohesif mempunyai sifat-sifat teknis yang sangat baik, sifat-sifat tanah tersebut antara lain:

1. Merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan pekerasan jalan, karena mempunyai kapasitas dukung tanah yang tinggi dan penurunan kecil, asalkan tanahnya padat.
2. Merupakan material yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah, struktur bawah tanah, karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil.
3. Tanah yang baik untuk urugan, karena mudah dipadatkan dan mempunyai kuat geser yang tinggi (Hardiyatmo, 2010).

### 2.3 Penyebab Gerakan Tanah

Gerakan tanah disebabkan oleh adanya perpindahan massa tanah atau batu pada arah mendatar, tegak atau miring dari kedudukan semula. Terjadinya gerakan tanah diakibatkan karena adanya gangguan tertentu yaitu gangguan dalam atau gangguan luar (Pangluar, 1985).

Gangguan dari dalam dan luar dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah misalnya getaran karena gempa bumi yang dapat menyebabkan massa seolah-olah

runtuh. Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (Pangluar, 1985).

Pada permukaan tanah yang tidak merata atau horisontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Apabila komponen gravitasi besar maka akan menyebabkan perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi longsor. Apabila terjadi longsor maka akan terjadi gempa bumi runtuh atau terban yang dapat mengakibatkan runtuhnya bangunan atau runtuhnya atap gua atau terowongan di bawah tanah. Analisis stabilitas tanah pada permukaan yang miring disebut dengan stabilitas lereng, yang sering dijumpai pada perancangan bangunan seperti: jalan kereta api, jalan raya, bendungan urugan tanah, dan perumahan yang letak tanahnya tidak merata (Hardiyatmo, 1994).

#### **2.4 Kekuatan Geser Tanah**

Kekuatan geser tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan keruntuhan di dalam tanah. Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis- analisis kapasitas stabilitas lereng, gaya dorong pada dinding penahan tanah, daya dukung tanah, struktur pondasi. Pondasi adalah bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi. Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Jika kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan atau keruntuhan geser dari tanah akan terjadi, hal tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi bangunan yang berada di atas pondasi tadi (Endah, 1985).

Tanah dikatakan mempunyai kuat geser rendah apabila sangat mudah tertekan, mempunyai permeabilitas yang tinggi atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan.

Tanah lempung merupakan tanah yang mempunyai kekuatan geser dan daya dukung yang rendah maka akan timbul masalah apabila jenis tanah ini menerima beban yang cukup besar (Putra, 2009).

Untuk mengetahui bagaimana kuat geser tanah menggunakan hukum geser dari Coloumb. Menurut teori Mohr-Coloumb, kondisi keruntuhan atau kegagalan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan oleh persamaan:

$$\tau = f(\sigma) \quad (2.1)$$

dimana  $\tau$  = tegangan geser pada saat terjadi keruntuhan atau kegagalan ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma$  = tegangan normal ( $\text{kN/m}^2$ )

Coloumb mendefinisikan  $f(\sigma) = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$ , maka diperoleh persamaan:

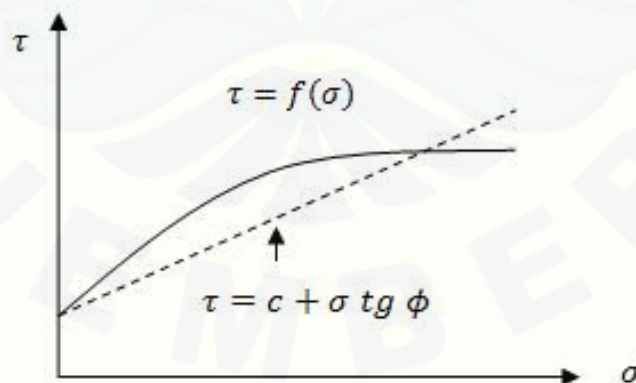
$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \quad (2.2)$$

dimana  $c$  = nilai kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma$  = tegangan normal ( $\text{kN/m}^2$ )

$\phi$  = sudut geser dalam tanah ( $^\circ$ )

Garis kegagalan yang didefinisikan dalam persamaan (2.1), digambarkan dalam kurva yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2



Gambar 2.2 Kriteria kegagalan Mohr dan Coloumb (Sumber: Hardiyatmo, 2012).

Nilai  $c$  dan  $\phi$  merupakan parameter kuat geser tanah. Dengan cara yang sama dapat dituliskan persamaan tegangan geser yang terjadi ( $\tau_d$ ) akibat beban tanah dan beban-beban yang lainnya sebagai berikut:

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \phi_d \quad (2.3)$$

dengan  $c_d$  = nilai kohesi tanah akibat pembebanan ( $\text{kN/m}^2$ )

$\phi_d$  = sudut geser dalam yang terjadi atau yang dibutuhkan oleh tanah akibat beban tanah ( $^\circ$ ).

(Hardiyatmo, 1994).

## 2.5 Metode Geolistrik Resistivitas

Salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi adalah geolistrik. Metode geolistrik meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi di atas permukaan baik secara alamiah maupun penginjeksian arus ke dalam bumi. Terdapat beberapa metode geolistrik yang sering digunakan antara lain: metode potensial diri (SP), IP (*Induced Polarization*), *magnetotelluric*, dan resistivitas (tahanan jenis) (Reynolds, 1997).

Metode geolistrik resistivitas merupakan metode geolistrik yang sifat resistivitas (tahanan jenis) listrik dari lapisan batuan di dalam bumi (Hendrajaya, 1990). Metode ini mengalirkan arus listrik yang diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus dan dengan melalui dua buah elektroda potensial dapat dilakukan pengukuran nilai beda potensialnya. Besarnya beda potensial diantara kedua elektroda potensial selain bergantung pada besarnya arus yang dialirkan ke dalam bumi, juga bergantung pada letak kedua elektroda potensial terhadap kedua elektroda arus yang digunakan dan keadaan batuan yang dilewati arus. Variasi harga resistivitas pada lapisan permukaan bumi di bawah titik ukur dapat dihitung dari pengukuran beda potensial dan arus listrik (Apparao, 1997).

Dalam metode geolistrik resistivitas dikenal banyak konfigurasi elektroda. Konfigurasi elektroda merupakan aturan-aturan penempatan elektroda dalam



geofisika yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Konfigurasi elektroda yang sering digunakan adalah konfigurasi Wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner-Schlumberger, konfigurasi Dipol-dipol, *Rectangle Line Source* dan sistem gradien 3 titik (Hendrajaya, 1990).

Berdasarkan tujuan penelitian metode geolistrik resistivitas dibagi menjadi dua macam yaitu *mapping* dan *sounding*. Metode geolistrik *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara horisontal dengan jarak elektroda yang ada dibuat tetap. Sedangkan metode geolistrik resistivitas *sounding* merupakan metode resistivitas yang bertujuan mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal dengan cara mengubah-ubah jarak elektroda mulai jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektroda sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi, kemudian akan diperoleh ketebalan dan resistivitas masing-masing lapisan batuan.

## 2.6 Potensial Dalam Media Homogen

Apabila suatu medium homogen isotropis dialiri arus listrik yang searah  $I$  (karena diberi medan listrik  $E$ ), maka besarnya arus yang melalui elemen luas permukaan  $\delta A$  dengan rapat arus  $J$  ( $A/m^2$ ). Hubungan antara rapat arus  $J$  dan medan listrik  $E$  dengan Hukum Ohm adalah sebagai berikut (Telford *et al*, 1990):

$$J = \sigma \cdot E \quad (2.4)$$

Dengan:  $J$  = rapat arus

$E$  = medan listrik (V/m)

= konduktivitas medium (mhos/m)

Medan listrik merupakan medan konservatif sehingga dapat dinyatakan dalam bentuk gradien dari potensial skalar ( $V$ )

$$E = -\nabla V \quad (2.5)$$

Substitusikan persamaan (2.5) ke persamaan (2.4), maka diperoleh



$$\vec{j} = -\sigma \nabla V \quad (2.6)$$

Apabila tidak ada muatan sumber, maka  $\nabla \cdot \vec{j} = 0$  sehingga

$$\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0 \quad (2.7)$$

Dengan menggunakan teorema vektor  $\nabla \cdot (\phi A) = \nabla \phi \cdot A + \phi \nabla \cdot A$  maka didapatkan

$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \nabla^2 \cdot V = 0 \quad (2.8)$$

Karena medium dianggap homogen isotropis maka nilai konduktivitas medium konstan, sehingga suku pertama akan hilang dan akan didapatkan persamaan Laplace dalam bentuk potensial harmonik:

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.9)$$

Diasumsikan bumi bersifat homogen isotropis, maka persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\nabla^2 V = \frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV}{dr} = 0 \quad (2.10)$$

Persamaan (2.10) dikalian dengan  $r^2$  dan kemudian diintegrasikan, maka didapatkan:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (2.11)$$

dimana  $A =$  konstanta integrasi

Persamaan di atas diintegrasikan terhadap  $r$ , maka didapatkan

$$V(r) = -\frac{A}{r} + B \quad (2.12)$$

Dimana  $A$  dan  $B$  adalah konstanta yang nilainya didapatkan dengan menerapkan syarat batas yang harus dipenuhi potensial  $V(r)$ . Pada saat  $r = \infty$ , maka nilai  $V$  akan bernilai nol dan juga akan didapatkan nilai  $B = 0$ , sehingga persamaan di atas menjadi:

$$V(r) = -\frac{A}{r} \quad (2.13)$$

(Telford *et al*, 1990).

## 2.7 Elektroda Arus Tunggal di Permukaan Bumi

Apabila sebuah elektroda tunggal yang dialiri arus listrik yang diinjeksikan pada permukaan bumi yang homogen isotropis, maka akan terjadi aliran arus listrik menyebar dalam tanah secara radial dan jika udara di atasnya dianggap mempunyai konduktivitas nol, maka garis potensialnya akan berbentuk setengah bola. Elektroda tersebut terangkai dengan elektroda lain yang berada pada titik yang sangat jauh. Arus yang mengalir melalui permukaan setengah bola yang mempunyai luas  $2\pi r^2$  adalah:

$$I = 2\pi r^2 \vec{j} = -2\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = 2\pi \sigma A \quad (2.14)$$

Untuk konstanta integrasi  $A$  dalam setengah bola yaitu:

$$A = -\frac{\rho I}{2\pi} \quad (2.15)$$

Sehingga didapatkan:

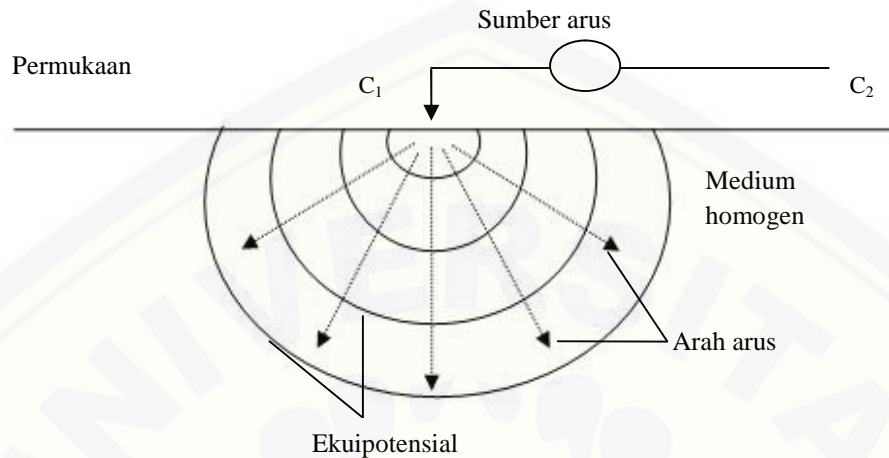
$$V = -\frac{A}{r} = \left(\frac{\rho I}{2\pi}\right) \frac{1}{r} \quad (2.16)$$

Dengan demikian harga resistivitas listrik yang diberikan oleh medium:

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.17)$$

(Telford *et al*, 1990).

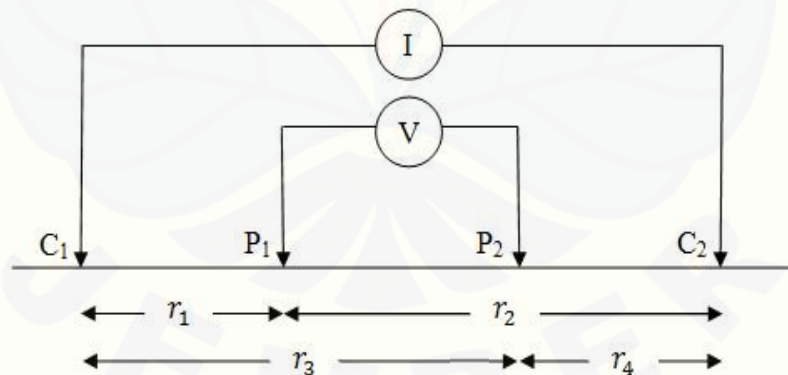
Persamaan di atas ( $\rho$ ) merupakan ekuipotensial permukaan setengah bola yang berada di bawah permukaan tanah seperti pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Aliran arus dan bidang ekuipotensial oleh satu titik sumber pada permukaan bumi homogen (Sumber: Telford *et al*, 1990).

### 2.8 Dua Elektroda Arus di Permukaan Bumi

Apabila terdapat elektroda arus  $C_1$  yang terletak pada permukaan suatu medium homogen, terangkai dengan elektroda arus  $C_2$  dan diantaranya terdapat dua elektroda potensial  $P_1$  dan  $P_2$  yang dibuat dengan jarak tertentu seperti Gambar 2.4



Gambar 2.4 Dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas  $\rho$  (Sumber: Telford *et al.*, 1990).

Pada gambar 2.4 besarnya potensial yang berada di dekat titik elektroda dapat dipengaruhi oleh kedua elektroda arus, oleh karena itu potensial  $P_1$  yang disebabkan arus di  $C_1$  adalah:

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \quad (2.18)$$

dimana

$$A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.19)$$

maka

$$V_1 = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_1} \quad (2.20)$$

potensial di titik  $P_1$  akibat pengaruh arus listrik oleh  $C_2$  adalah:

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \quad (2.21)$$

dimana

$$A_2 = \frac{I\rho}{2\pi} = -A_1 \quad (2.22)$$

maka

$$V_2 = -\left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_2} \quad (2.23)$$

Sehingga potensial total pada titik  $P_1$  oleh  $C_1$  dan  $C_2$  dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \quad (2.24)$$

Dengan cara yang sama diperoleh potensial di titik  $P_2$  yaitu:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right) \quad (2.25)$$

Sehingga didapatkan beda potensial diantara titik  $P_1$  dan  $P_2$  yaitu:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right] \quad (2.26)$$

Susunan seperti ini berkaitan dengan 4 elektroda yang terbentang secara normal digunakan dalam pekerjaan medan potensial (Telford *et al*, 1990).

## 2.9 Resistivitas Semu

Apabila kita menganggap bumi bersifat homogen isotropik, maka resistivitas yang terukur merupakan resistivitas yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan nilai resistivitasnya berbeda-beda sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Homogenitas tiap lapisan, kandungan mineral logam, kandungan air merupakan faktor yang mempengaruhi nilai resistivitas. Harga resistivitas yang terukur merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja terutama untuk spasi yang lebar. Berdasarkan persamaan (2.26) maka resistivitas semu dirumuskan dengan:

$$\rho = 2\pi \left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.27)$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.28)$$

dimana  $\rho$  = Resistivitas Semu (  $\Omega \cdot m$  )

$K$  = Faktor Geometri (m)

$V$  = Selisih Beda Potensial (volt)

$I$  = Kuat Arus (Ampere) (Telford *et al.*, 1990).

## 2.10 Sifat Kelistrikan Batuan

Batuan merupakan suatu jenis material yang mempunyai daya hantar listrik, sehingga dalam batuan akan terdapat sifat-sifat kelistrikan. Lapisan batuan dalam bumi berbeda-beda sehingga sifat kelistrikannya juga akan bervariasi. Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan itu sendiri bila dialiri arus listrik. Arus listrik dapat berasal dari alam maupun arus listrik yang sengaja diinjeksikan ke dadamnya (Rahmawati, 2009). Nilai resistivitas berbagai mineral bumi ditunjukkan pada Tabel 2.1:



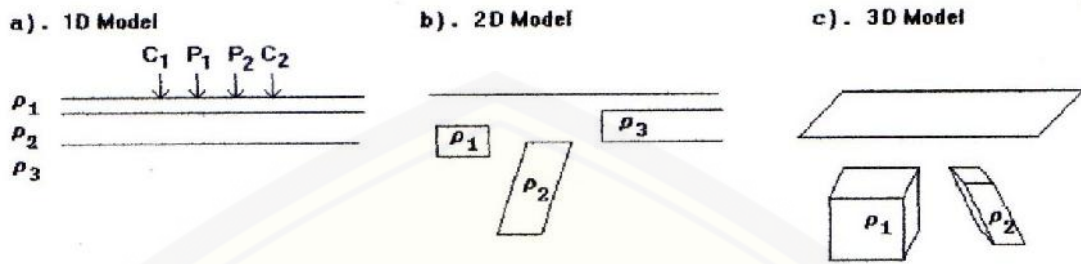
Tabel 2.1 Nilai resistivitas berbagai jenis tanah atau batuan di bumi

Jenis tanah atau batuan	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Tanah lempungan, basah-lembek	1,5 - 3,0
Lempung lanauan dan tanah lanauan basah-lembek	3 – 15
Tanah lanauan, pasiran	15 – 150
Batuan dasar berkekarberisi tanah lembab	150 – 300
Pasir kerikil bercampur lanau	$\pm$ 300
Pasir kerikil terdapat lapisan lanau	300 – 2400
Batuan dasar berkekar terisi tanah kering	300 – 2400
Endapan pasir dan kerakalan berbutir kasar dan kering	2400
Batuan dasar tak lapuk	2400
Air tawar	20 – 60
Air laut	0,18 – 0,24

Sumber: Roy, 1984.

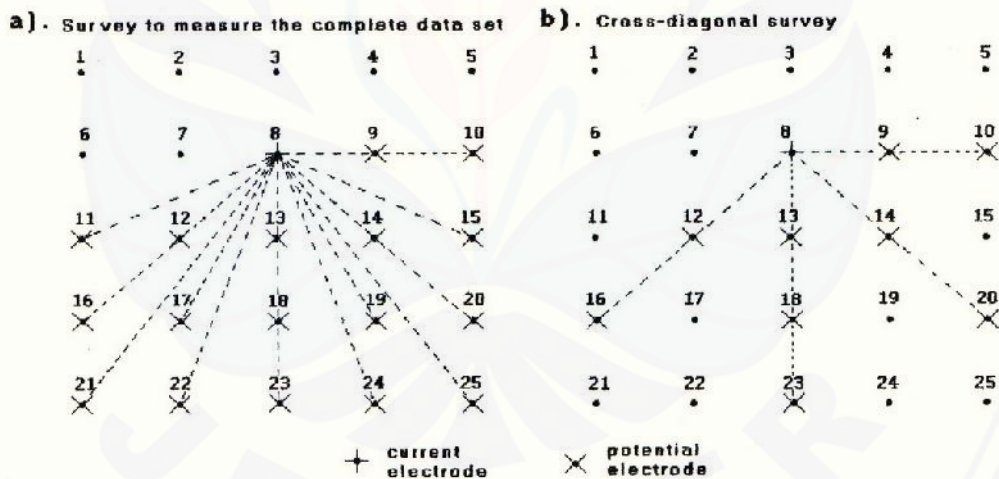
### 2.11 Survei Resistivitas 3D

Mengingat keadaan bumi sesungguhnya dalam bentuk dimensi tiga, sehingga perlu adanya suatu metode geolistrik resistivitas yang mampu memberikan penggambaran bawah permukaan dalam dimensi tiga. Metode yang digunakan untuk menggambarkan distribusi resistivitas dalam bentuk dimensi tiga yaitu metode 3D. Hasil pengolahan resistivitas 3D memberikan informasi penyebaran resistivitas bawah permukaan tidak hanya secara vertikal, namun juga penyebaran secara horizontal. Gambar 2.5 memberikan ilustrasi perbedaan penggambaran resistivitas bawah permukaan dalam bentuk dimensi satu, dimensi dua, dan dimensi tiga (Loke, 1999).



Gambar 2.5 Perbedaan interpretasi pengukuran metode geolistrik resistivitas (Sumber: Loke, 1999).

Menurut Loke (1999) terdapat dua jenis cara pengambilan data pada pengukuran metode geolistrik resistivitas 3D, yaitu : *complete data set survey* dan *cross diagonal survey*. Teknik *complete data set survey* dan *cross diagonal survey* merupakan teknik singkat sehingga waktu yang dibutuhkan lebih sedikit. Pada teknik *cross diagonal survey*, pengukuran dilakukan sepanjang sumbu x, sumbu y, dan sumbu diagonal petak lintasan. Ilustrasi kedua teknik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut:

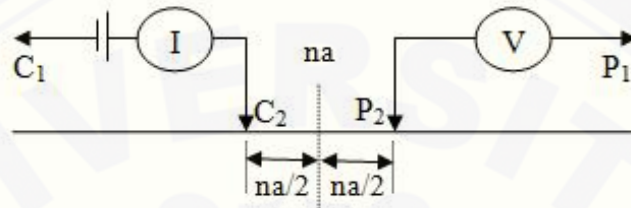


Gambar 2.6 Gambar teknik pengambilan data metode geolistrik resistivitas 3D (Sumber: Loke, 1999).

### 2.12 Konfigurasi Pole-Pole

Konfigurasi elektroda yang paling sering digunakan dalam survei metode geolistrik resistivitas 3D yaitu konfigurasi *pole-pole*. Konfigurasi *pole-pole*

memanfaatkan 2 elektroda yaitu elektroda arus ( $C_1$ ) dan elektroda potensial ( $P_1$ ). Letak  $C_1$  dan  $P_1$  serta  $C_2$  dan  $P_2$  harus dalam satu lintasan dengan maksimum deviasi  $30^\circ$  (Robain, *et al.*, 1999). Konfigurasi *pole-pole* ini diperlihatkan pada Gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2.7 Konfigurasi *pole-pole* (Sumber: Rohim, *et al.*, 2010).

Dalam pelaksanaan di lapangan, dua elektroda lainnya,  $C_2$  dan  $P_2$  diletakkan pada jarak yang jauh, yaitu sekitar 10 atau 20 kali jarak spasi antara elektroda  $C_1$  dan  $P_1$  yang sedang digunakan dalam survei tersebut.

Harga resistivitas semu yang didapat dengan konfigurasi elektroda *pole-pole* ini adalah:

$$\rho = 2faR \quad (2.29)$$

dimana:

$\rho$  : resistivitas semu (  $\Omega \cdot m$  )

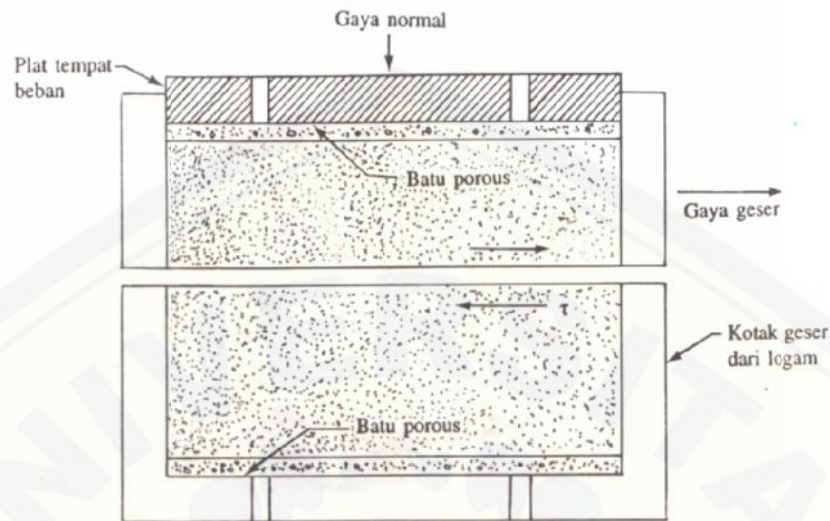
$a$  : spasi elektroda (jarak antara elektroda  $C_1$  dan  $P_1$ ) (m)

$R$  : resistivitas yang terukur langsung di lapangan (  $\Omega \cdot m$  )

Dari persamaan (2.29) tersebut suku  $2fa$  merupakan faktor geometri dari konfigurasi *pole-pole* (Loke, 1999).

### 2.13 Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Uji geser langsung merupakan pengujian tertua dan mempunyai bentuk yang paling sederhana untuk suatu susunan uji geser. Bentuk gambar diagram dari alat uji geser langsung dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Diagram susunan alat uji geser langsung (Sumber: Endah, 1985).

Tabel 2.2 Nilai sudut geser ( $w$ ) untuk beberapa jenis tanah

Tanah	$w$ ( $^{\circ}$ )	
	Lepas	Padat
Pasir, hancur (Bersudut)	32-36	35-45
Pasir (agak bersudut, subangular)	30-34	34-40
Pasir pantai (sangat bundar)	28-32	32-38
Kerikil hancur	36-40	40-50
Kerikil pada tebing	34-38	38-42
Pasir berlanau	26-35	30-36
Lanau inorganik	26-35	30-35
Lempung	20-25	20-25

Sumber: Bowles, J. E, 1984.

Alat uji geser langsung terdiri atas sebuah kotak logam berisi sampel tanah yang akan diuji. Kotak tersebut terbagi menjadi dua sisi dalam arah horisontal. Sampel tanah yang digunakan berbentuk penampang lingkaran atau bujur sangkar. Ukuran sampel tanah yang umumnya digunakan adalah sekitar  $(3 - 4)$  inchi<sup>2</sup>



(1935,48 – 2580,64) mm<sup>2</sup> untuk luas penampangnya dan tingginya 1 inchi (25,4 mm). Pada sampel tanah terdapat gaya normal yang didapat dengan cara menaruh suatu beban mati di atas sampel tanah tersebut. Beban mati dapat menyebabkan tekanan pada sampel tanah sampai 150 psi (1034,2 kN/m<sup>2</sup>). Gaya geser dapat diberikan dengan mendorong sisi kotak sebelah atas sampai terjadi keruntuhan geser pada tanah (Endah, 1985).

Uji geser langsung dapat dilakukan dengan cara tegangan geser terkendali, dimana penambahan gaya geser dibuat konstan dan diatur, atau dengan cara regangan-terkendali dimana kecepatan geser yang diatur. Uji tegangan-terkendali (*stress-controlled*) adalah tegangan geser yang diberikan dengan menambahkan beban mati secara bertahan, dan dengan penambahan yang sama besar setiap kali, sampai runtuh (Endah, 1985).

Pada uji regangan-terkendali (*strain-controlled*) merupakan suatu kecepatan gerak mendatar tertentu yang dilakukan pada bagian belahan atas dari pergerakan geser horisontal dan dapat diukur dengan bantuan sebuah arloji uur horisontal. Dengan membaca angka-angka pada sebuah arloji ukur di tengah sebuah pengukur beban lingkaran maka dapat diukur besarnya gaya hambatan dari tanah yang bergeser. Selama uji berlangsung diukur dapat diketahui perubahan volume dari sampel tanah. Uji regangan-terkendali mempunyai kelebihan yaitu pada pasir padat, diamati dan dicatat tahanan geser maksimum yang lebih kecil (yaitu pada titik setelah keruntuhan terjadi) dan juga tahanan geser puncak (yaitu tahanan pada saat runtuh). Pada uji tegangan-terkendali besarnya tahanan geser puncak hanya dapat diperkirakan saja, hal ini disebabkan keruntuhan yang terjadi hanya pada tingkat tegangan geser sekitar puncak antara penambahan beban sebelum runtuh sampai sesudah runtuh. Uji tegangan-terkendali lebih menyerupai keadaan sesungguhnya keruntuhan di lapangan dari pada uji regangan-terkendali (Endah, 1985). Alat uji geser langsung dengan cara regangan terkendali ditunjukkan pada gambar 2.9:





Gambar 2.9 Alat uji geser langsung dengan cara regangan terkendali  
(Sumber: Endah, 1985).

Pada pengujian geser langsung, tegangan normal dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F_n}{A} \quad (2.30)$$

Sedangkan besarnya nilai tegangan geser yang melawan pergerakan geser dapat dihitung sebagai berikut:

$$\tau = \frac{F_g}{A} \quad (2.31)$$

Keterangan persamaan (2.30) dan (2.31):

$\sigma$  = tegangan normal (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau$  = tegangan geser (kN/m<sup>2</sup>)

$F_n$  = gaya normal (N)

$F_g$  = gaya geser (N)

$A$  = luas penampang sampel tanah (m<sup>2</sup>) (Endah, 1985).

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Perumahan Istana Tidar Regency Jl. Kaliurang, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember untuk pengambilan data geolistrik dan pengambilan sampel tanah. Sampel tanah diuji menggunakan alat geser langsung di Laboratorium Geologi Sipil Program Studi Teknik Universitas Jember. Denah lokasi yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 sedangkan gambar 3.2 merupakan lintasan pengukuran pada lokasi penelitian di Perumahan Istana Tidar Regency



Keterangan:

□ = Sawah

○ = Gumuk

Gambar 3.1 Denah lokasi penelitian



Gambar 3.2 Lintasan pengukuran pada lokasi penelitian

### 3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian geolistrik dilakukan pada bulan September 2014 dan penelitian tentang uji geser langsung dilakukan pada bulan Desember 2014.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses penelitian adalah :

#### 3.2.1 Alat yang Digunakan untuk Penelitian Metode Geolistrik Resistivitas

1. *Resistivitymeter*

Digunakan untuk mengukur nilai R.

2. Elektroda arus dan elektroda potensial

Digunakan untuk menginjeksi arus ke dalam tanah dan elektroda potensial untuk menentukan besarnya beda tegangan yang ditimbulkan.

3. 4 gulung kabel  
Digunakan sebagai kabel penghubung.
4. *Accu*  
Berfungsi sebagai sumber arus.
5. *GPS (Global Positioning System) Maps 76CSx*  
Berfungsi untuk mengetahui posisi titik-titik lintasan pengukuran dan memperoleh elevasi data topografi.
6. Palu  
Digunakan untuk membantu menanam elektroda.
7. Meteran  
Digunakan untuk membantu penentuan panjang lintasan.



Gambar 3.3 Resistivimeter





Gambar 3.4 Kabel penghubung



Gambar 3.5 Elektroda



Gambar 3.6 *GPSmap 76CSx*





Gambar 3.7 Accu



Gambar 3.8 Meteran

### 3.2.2 Alat yang Digunakan untuk Pengambilan Sampel Tanah di lapangan

1. Pencuplik tanah  
Digunakan untuk mengambil sampel tanah terganggu.
2. Tabung sampel  
Digunakan untuk tempat mengambil sampel tanah tak terganggu.
3. Palu besar  
Digunakan untuk memukul tongkat besi agar masuk kedalam tanah.
4. Kantong plastik tebal  
Digunakan untuk tempat menyimpan sampel tanah.



Keterangan:

1. Pencuplik tanah
2. Tabung sampel
3. Palu besar
4. Tongkat besi

Gambar 3.9 Alat pengambilan sampel tanah

### 3.2.3 Alat dan Bahan yang Digunakan untuk Uji Geser Langsung

1. *Loading Machine*

Adalah satu set alat geser langsung.

2. Kotak geser terdiri dari 2 buah rangka

Digunakan untuk meletakkan sampel tanah dengan baik.

3. Sampel tanah

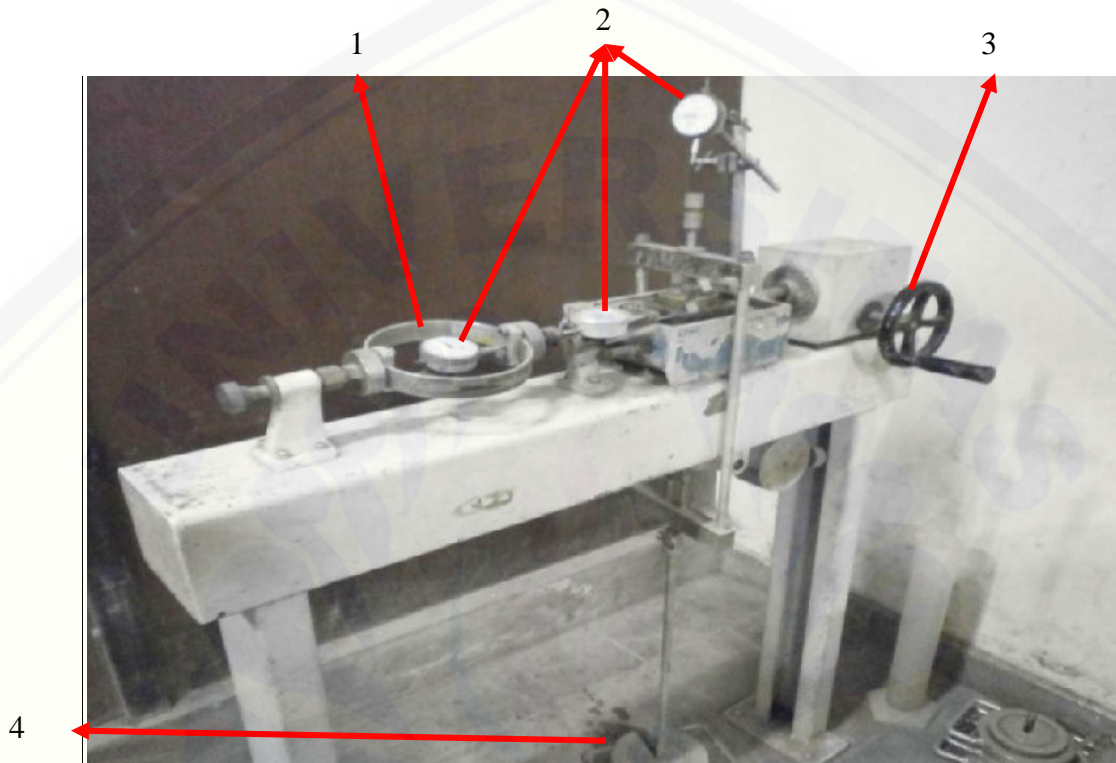
Digunakan untuk bahan yang akan di uji.

4. Batu pori

Digunakan untuk menjepit sampel tanah.

5. **Beban**  
Digunakan sebagai beban normal.
6. *Proving ring*  
Digunakan untuk mengukur gaya geser horisontal pada saat menggeser sampel tanah.
7. *Dial*  
Digunakan untuk mengukur penurunan vertikal dan horisontal.
8. *Ring*  
Digunakan untuk mencetak sampel tanah dari tabung sampel.
9. **Pisau**  
Digunakan untuk memotong sampel tanah.
10. **Stopwatch**  
Digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan dalam kegiatan.
11. **Botol air**  
Digunakan untuk mengisi air pada kotak yang terdapat dalam *loading machine*.
12. **Neraca**  
Digunakan untuk menimbang berat tanah

Gambar 3.10 dibawah ini merupakan alat untuk menguji sampel tanah yang didapatkan dari lapang.



Keterangan:

1. *Proving ring*
2. *Dial*
3. Pemutar
4. Beban

Gambar 3.10 Alat uji geser langsung



Gambar 3.11 dibawah ini merupakan alat penunjang yang digunakan untuk uji geser langsung.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

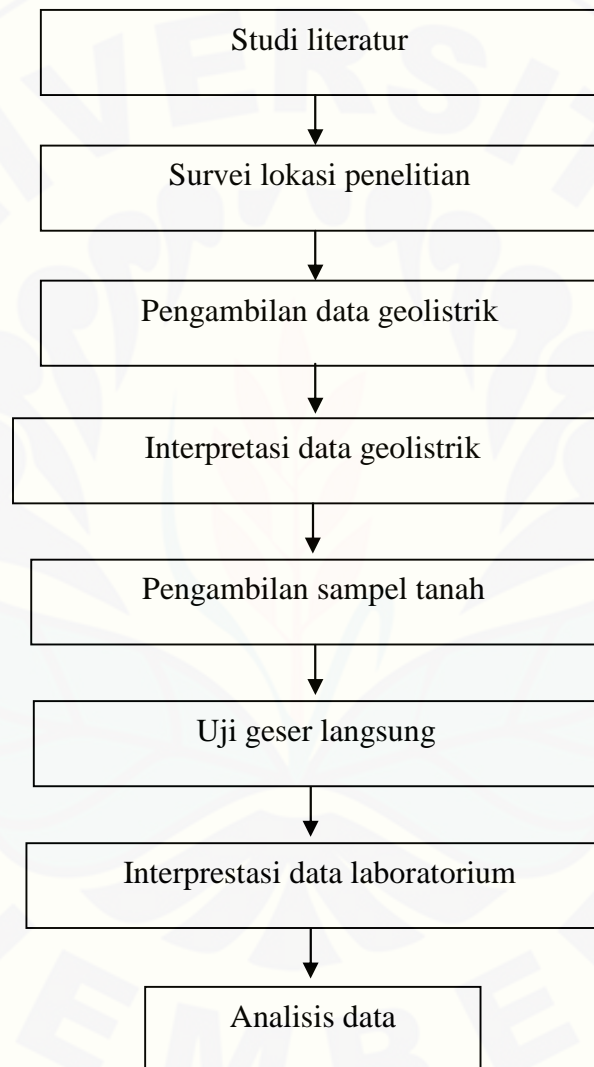
(a) Kotak geser; (b) Batu pori; (c) Ring; (d) Pisau; (e) Stopwatch; (f) Neraca; (g) Botol air

Gambar 3.11 Alat penunjang yang digunakan untuk uji geser langsung



### 3.3 Diagram Kerja Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian terdapat beberapa langkah, untuk mempermudah maka dibuatlah skema kerja penelitian dari langkah-langkah penelitian dimulai dari studi literatur hingga didapatkan analisis data. Skema tersebut dapat di lihat sebagai berikut:



Gambar 3.12 Skema kerja pelaksanaan penelitian

Skema penelitian gambar 3.12 dijelaskan secara umum sebagai berikut:

### 3.3.1 Studi Literatur

Tahap ini adalah mencari dan mengumpulkan bahan literatur dan mempelajari literatur yang akan digunakan sebagai kajian teori yang berkaitan dengan judul penelitian.

### 3.3.2 Survei Lokasi Penelitian

Survei lokasi penelitian dilakukan untuk mengetahui daerah serta kondisi yang terjadi di Perumahan Istana Tidar Regency. Survei lokasi penelitian sebelum pengambilan data dengan mengamati lokasi di Perumahan Istana Tidar Regency. Di perumahan Istana Tidar Regency masih terdapat banyak lahan kosong yang belum didirikan suatu bangunan. Lahan kosong ada yang letaknya di bawah dan ada juga yang di atas gumuk yang diratakan.

### 3.3.3 Pengambilan Data Geolistrik

Pengambilan data menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *pole-pole*. Berikut prosedur dalam pengambilan data untuk penelitian ini:

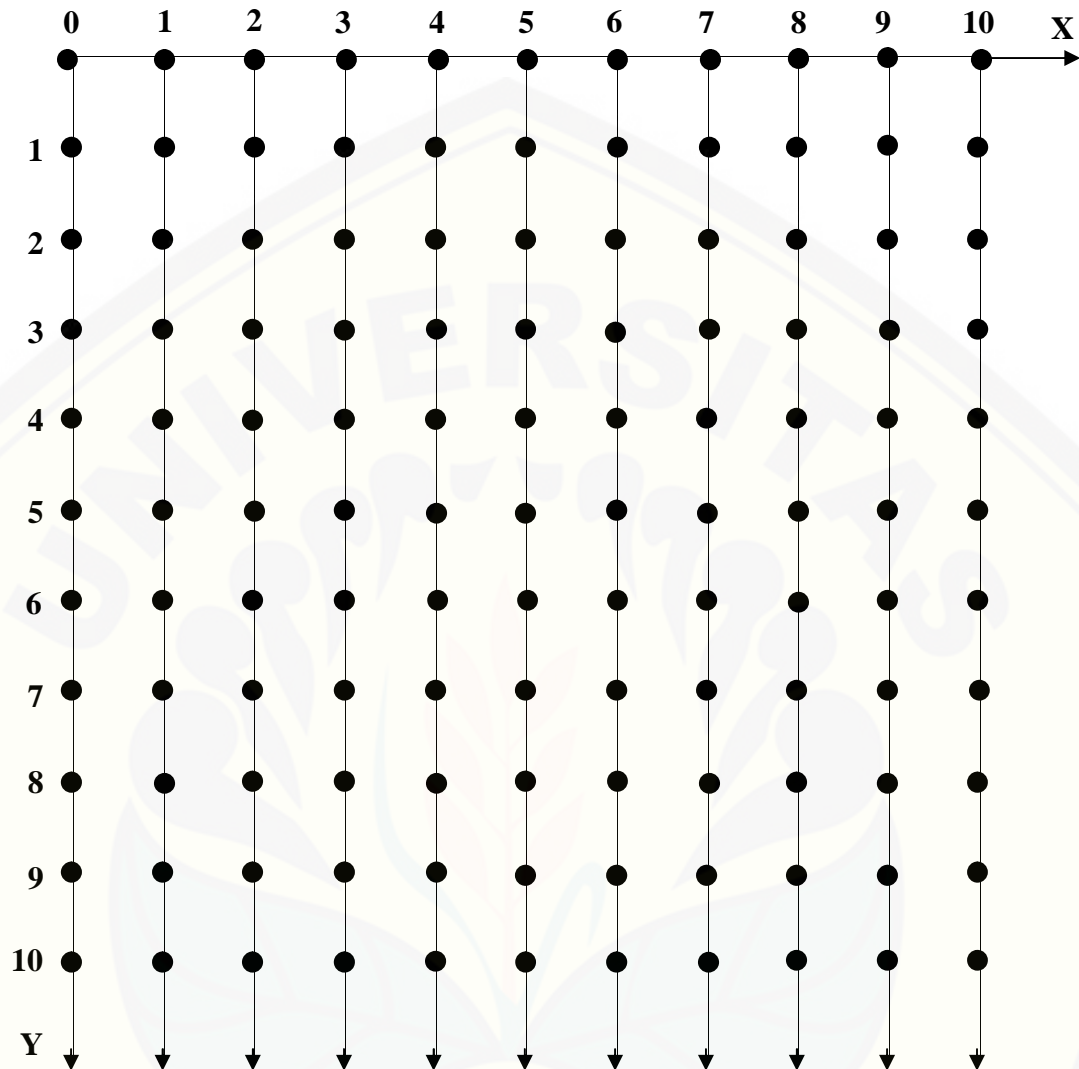
1. Panjang lintasan diukur menggunakan meteran yaitu 20 meter.
2. Mengukur spasi awal  $a = 2$  meter dan menandai dengan pasak.
3. Memasang empat elektroda yaitu dua arus dan elektroda arus dan elektroda potensial yang sudah ditandai dengan pasak.
4. Menghubungkan keempat elektroda dengan *resistivitymeter* dengan menggunakan kabel penghubung.
5. *Resistivitymeter* diaktifkan kemudian injeksi arus listrik dilakukan di atas permukaan tanah dan mengatur besarnya arus yang digunakan.
6. Nilai hambatan (R) dicatat.

7. Posisi elektroda dipindahkan sesuai dengan aturan konfigurasi *pole-pole*, kemudian menginjeksikan arus dan mencatat hasilnya. Pemindahan dilakukan terus-menerus sampai melingkupi seluruh panjang lintasan.

Akuisisi data dalam penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *pole-pole* yang biasanya diaplikasikan untuk survei resistivitas secara 3D. Pada konfigurasi ini digunakan elektroda  $C_1$  dan  $P_1$  yang bersifat dinamis, sementara elektroda  $C_2$  dan  $P_2$  bersifat statis (tidak mengalami perubahan posisi). Dalam pengukuran ini elektroda  $C_1$  dan  $P_1$  yang bergerak, sedangkan  $C_2$  dan  $P_2$  terpisah jauh dari  $C_1$  dan  $P_1$  yaitu minimal 10 kali besar spasi terjauh yang digunakan dalam pengukuran.

Desain lintasan dibuat berbentuk persegi dengan panjang sumbu-x adalah 20 meter dan sumbu-y adalah 20 meter. Spasi antar elektroda adalah 2 meter ke arah sumbu-x maupun sumbu-y.

Dalam penelitian ini, digunakan pengukuran dengan teknik *cross diagonal survey* seperti ditunjukkan pada gambar 3.13 Pengukuran pertama dilakukan dengan meletakkan  $C_1$  pada koordinat (0,0). Sedangkan anak panah menunjukkan arah jalan elektroda  $P_1$ , ke arah sumbu-y. Sebagai contoh dalam pengukuran pertama pada lintasan pertama, elektroda  $C_1$  diletakkan pada koordinat (0,0) sedangkan  $P_1$  sebagai elektroda potensial diletakkan pada koordinat (0,1), kemudian (0,2) dan seterusnya secara berturut-turut untuk setiap penginjeksian arus dari elektroda  $C_1$  hingga mencapai koordinat (0,10). Kemudian elektroda  $C_1$  dipindah ke titik (0,2) dan elektroda pada koordinat-koordinat selanjutnya. Setelah akuisisi pada lintasan pertama selesai, dilanjutkan pada lintasan berikutnya pada sumbu-x kedua dan seterusnya hingga pada titik 11 sumbu-x.



Gambar 3.13 Desain pengukuran lintasan untuk pengukuran resistivitas 3D  
(Sumber: Loke, 1999).

Dalam survei resistivitas konfigurasi *pole-pole* memiliki daya penetrasi kedalaman ( $Z$ ) sebesar:

$$Z = 0,867 a \quad (3.1)$$

dengan  $a$  merupakan spasi maksimum (Loke, 1999).

Dengan demikian bila spasi maksimum yang digunakan dalam survei resistivitas 3D ini sejauh 20 m pada sumbu-y, maka kedalaman yang bisa dicapai adalah:

$$\begin{aligned} Z &= 0,867 \times 20 \text{ m} \\ Z &= 17,4 \text{ m} \end{aligned} \quad (3.2)$$

#### 3.3.4 Interpretasi Data Geolistrik

Data yang didapatkan dari penelitian geolistrik adalah nilai resistansi (R) dan kemudian diolah untuk mendapatkan nilai resistivitas semu untuk masing-masing titik pengukuran. Resistivitas semu dapat ditentukan dari perkalian antara nilai resistansi terhadap faktor geometri konfigurasi *pole-pole* (Persamaan 2.29). Data yang didapatkan akan diolah dengan menggunakan program RES3DINV untuk inversi 3D. Dari inversi 3D akan diperoleh gambar penampang resistivitas horisontal dan vertikal yang menggambarkan distribusi resistivitas bawah permukaan tanah yang diteliti dan dari hasil tersebut akan diketahui jenis tanahnya.

#### 3.3.5 Pengambilan Sampel Tanah

Setelah dilakukan pengambilan data geolistrik di lapangan, maka dilakukan pengambilan sampel tanah dititik tertentu yang telah ditentukan melalui pengambilan data geolistrik. Pengambilan sampel tanah menggunakan pipa dengan cara dibor agar sampel tanah yang didapatkan dalam kondisi tidak terganggu. Sampel tanah yang diambil pada kedalaman (2 - 2,5) meter. Sampel tanah yang berada di dalam pipa kemudian dibawa ke laboratorium untuk diuji dengan menggunakan alat uji geser langsung.

#### 3.3.6 Uji Geser Langsung

Sampel tanah dari lapangan diuji di laboratorium dengan prosedur pengambilan data sebagai berikut:

1. Semua peralatan yang diperlukan disiapkan.



2. Sampel tanah dikeluarkan dari tabung sampel dan dimasukkan ke dalam ring. Kemudian tanah yang di dalam *ring* diratakan menggunakan pisau. Sampel tanah yang digunakan sebanyak 3 buah.
3. Sampel tanah yang sudah jadi kemudian ditimbang.
4. Kotak geser dikeluarkan dari tempat airnya. Kotak geser bagian atas dan bagian bawah dijadikan satu dengan memasang baut penguncinya. Pelat dasar dimasukkan pada bagian paling bawah dari kotak geser dan di atasnya dipasang batu pori setelah itu letakkan sampel tanah kemudian himpit dengan batu pori dan penekan sampel.
5. Kotak geser dimasukkan kembali ke dalam tempat air, kemudian dikencangkan dengan dua buah baut penjepit yang ada.
6. Instalasi muatan yang akan berhubungan dengan lengan keseimbangan dipasang dan stelan hendelnya diatur.
7. *Dial* penggeser dan *proving ring* dipasang.
8. Semua posisi jarum diatur pada angka 0.
9. Beban pertama (8 kg) dipasang dan stopwatch dinyalakan, kemudian hasilnya dicatat.
10. Setelah selesai, sampel tanah yang sudah ditest dibuka.
11. Pengujian dilakukan untuk sampel tanah ke 2 dan ke 3 dengan beban 16 kg dan beban 24 kg sesuai prosedur yang diatas.

### 3.3.7 Interpretasi Data Laboratorium

Data yang didapatkan dari lapangan adalah contoh tanah tak terganggu yang akan diuji di laboratorium. Sampel tanah diuji dengan uji geser langsung dan akan didapatkan data ring, *shear*, konsol, luas penampang sampel tanah. Dengan menggunakan persamaan (2.30) dan (2.31) akan didapatkan nilai tegangan normal dan tegangan geser. Grafik antara tegangan normal terhadap tegangan geser dibuat

yang nantinya akan menghasilkan persamaan garis lurus. Dari persamaan garis lurus didapatkan nilai kohesi tanah ( $c$ ) dan sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ).

### 3.3.8 Analisis Data

#### a. Analisis data metode geolistrik resistivitas

Dari gambar yang dihasilkan pada pengolahan data, akan dibandingkan berdasarkan distribusi resistivitasnya yang akan ditunjukkan dengan citra warna yang berbeda dan disertai kedalaman lapisan yang diteliti. Selain itu dari gambar juga akan terlihat gambaran struktur bawah permukaan lokasi penelitian secara vertikal, sehingga akan memberikan gambaran mengenai lapisan tanah yang menyusun lokasi penelitian dan diketahui jenis tanahnya berdasarkan nilai resistivitasnya.

#### b. Analisis data uji geser langsung

Dari data di laboratorium akan dilihat berapa nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) tanahnya. Dari data  $c$  dan  $\phi$  dapat diketahui jenis tanahnya kohesif atau non kohesif. Apabila jenis tanahnya kohesif maka mempunyai kuat geser yang rendah, sedangkan apabila jenis tanahnya non kohesif maka mempunyai kuat geser tanah yang tinggi.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

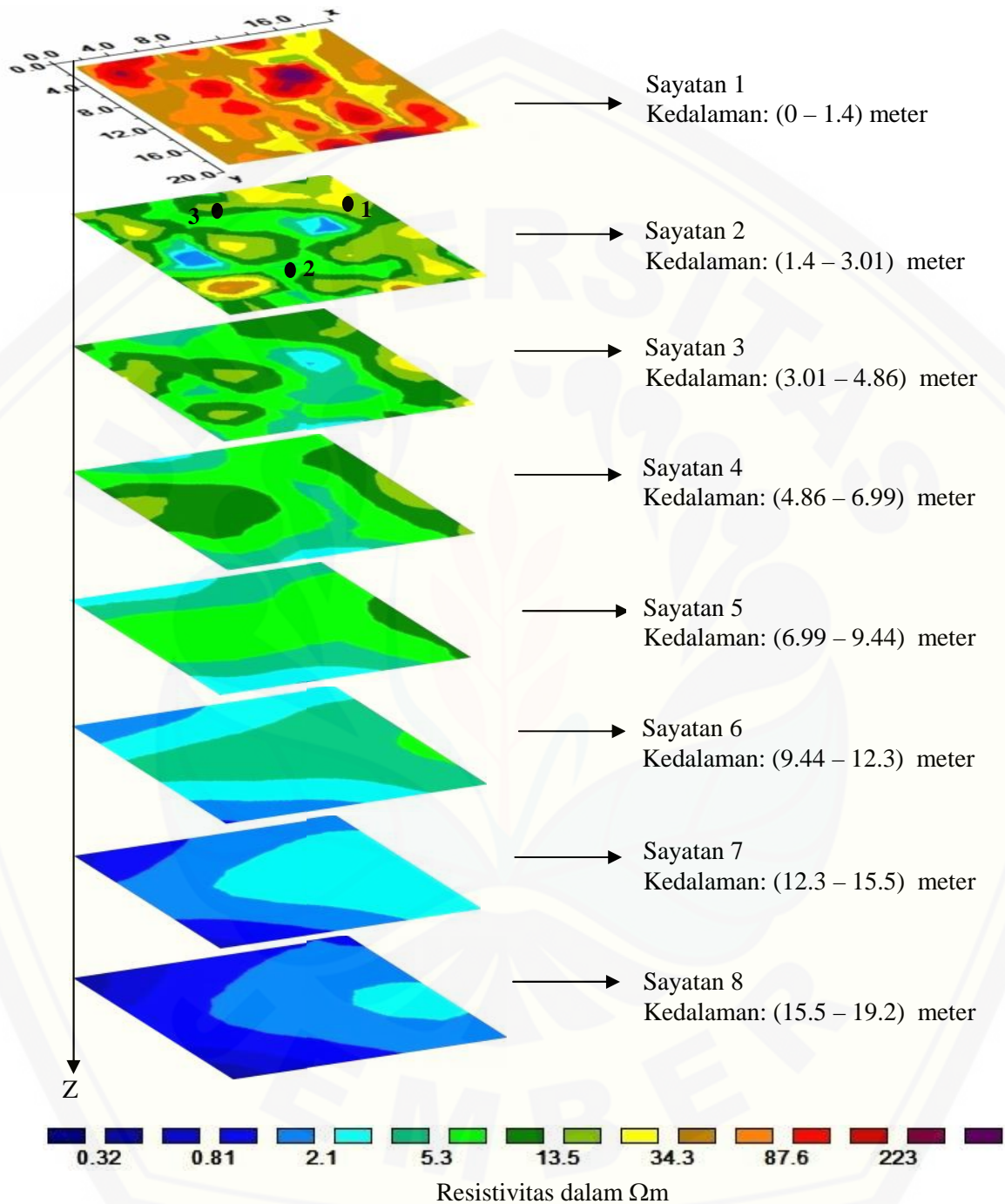
### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Data Hasil Penelitian Geolistrik

Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 3D konfigurasi *pole-pole* di Perumahan Istana Tidar Regency. Data yang diperoleh dari penelitian adalah nilai resistansi (R), kemudian nilai resistansi dikalikan dengan faktor geometri konfigurasi *pole-pole* pada persamaan (2.29) sehingga didapatkan nilai resistivitas semu. Tabel data hasil penelitian geolistrik terdapat pada lampiran C. Lokasi geografis dari masing-masing lintasan dan elevasi ditentukan menggunakan GPS.

#### 4.1.2 Inversi Data Hasil Penelitian Geolistrik

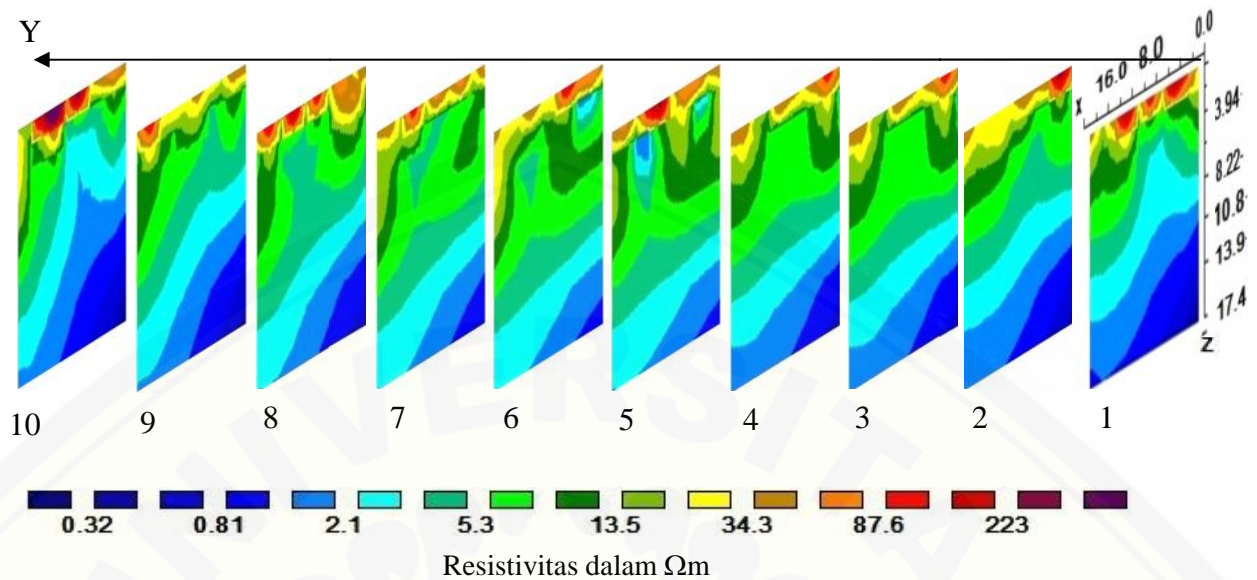
Setelah didapatkan data resistivitas, selanjutnya dilakukan inversi dengan menggunakan *software Res3Dinv* yang menghasilkan citra distribusi resistivitas bawah permukaan dalam penampang horizontal seperti pada gambar 4.1 dan penampang vertikal seperti pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 pada daerah penelitian. Berdasarkan gambar hasil inversi data penelitian, baik penampang horizontal maupun penampang vertikal dapat dibuat suatu penampang berupa kubus 3D seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.1 Penampang horisontal resistivitas bawah permukaan

Pada gambar 4.1 menggambarkan penampang horisontal resistivitas bawah permukaan, dengan panjang sumbu x adalah 20 meter, sumbu y adalah 20 meter. Pada gambar 4.1 terdiri atas 8 sayatan dengan kedalaman yang berbeda – beda, misalkan sayatan 1 menggambarkan citra distribusi resistivitas bawah permukaan untuk kedalaman (0 – 1,4) meter, sayatan 2 menggambarkan citra distribusi resistivitas bawah permukaan untuk kedalaman (1,4 – 3,01) meter, dan seterusnya. Citra distribusi resistivitas bawah permukaan untuk sayatan 1 dengan kedalaman (0 – 1,4) meter nilai resistivitas yang didapatkan lebih besar dibandingkan sayatan 2, 3, 4 dan seterusnya, hal ini menunjukkan semakin kedalam nilai resistivitas yang didapatkan semakin kecil, atau mendekati akuifer. Tanda bulat hitam pada sayatan 2 gambar 4.1 menunjukkan titik yang akan diambil sampel tanah guna diuji di laboratorium menggunakan uji geser langsung untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam tanahnya. Sampel tanah yang diambil merupakan tanah yang cenderung dalam keadaan stabil, pada penelitian ini sampel tanah yang diambil pada kedalaman (2 – 2,5) meter. Titik 1 terletak pada lintasan 18 meter ke arah barat (sumbu x) dan 10 meter ke arah utara (sumbu y), dengan koordinat  $8^{\circ}10'10.5''$  LS dan  $113^{\circ}43'40.4''$  BT. Titik 2 terletak pada lintasan 8 meter ke arah barat (sumbu x) dan 16 meter ke arah utara (sumbu y), dengan koordinat  $8^{\circ}10'10.5''$  LS dan  $113^{\circ}43'40.7''$  BT. Titik 3 terletak pada lintasan 10 meter ke arah barat (sumbu x) dan 6 meter ke arah utara (sumbu y), dengan koordinat  $8^{\circ}10'10.9''$  LS dan  $113^{\circ}43'40.5''$  BT.





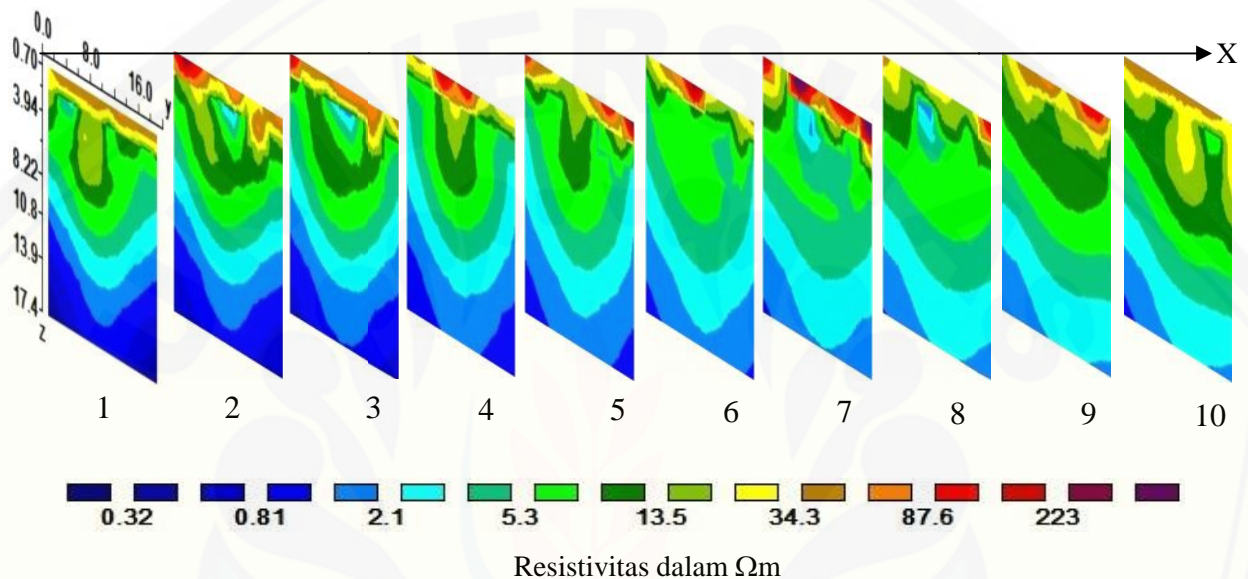
Keterangan:

- Sayatan 1: mewakili jarak sumbu y antara (0 – 2) meter
- Sayatan 2: mewakili jarak sumbu y antara (2 – 4) meter
- Sayatan 3: mewakili jarak sumbu y antara (4 – 6) meter
- Sayatan 4: mewakili jarak sumbu y antara (6 – 8) meter
- Sayatan 5: mewakili jarak sumbu y antara (8 – 10) meter
- Sayatan 6: mewakili jarak sumbu y antara (10 – 12) meter
- Sayatan 7: mewakili jarak sumbu y antara (12 – 14) meter
- Sayatan 8: mewakili jarak sumbu y antara (14 – 16) meter
- Sayatan 9: mewakili jarak sumbu y antara (16 – 18) meter
- Sayatan 10: mewakili jarak sumbu y antara (18 – 20) meter

Gambar 4.2 Penampang vertikal (bidang x-z) bawah permukaan dengan sayatan searah sumbu x penampang horisontal

Gambar 4.2 merupakan penampang vertikal (bidang x-z) hasil citra warna resistivitas 3D bawah permukaan yang menunjukkan lapisan-lapisan bawah permukaan dalam bentuk sayatan-sayatan. Pada gambar 4.2 terdapat 10 sayatan yang berada pada titik awal koordinat  $08^{\circ}10'11.2''$  LS –  $113^{\circ}43'40.8''$  BT sampai dengan  $08^{\circ}10'10.7''$  LS –  $113^{\circ}43'41.1''$  BT yang membentang dari arah utara ke selatan. Dari

hasil pengolahan data menggunakan *software Res3Dinv* didapatkan variasi model resistivitas lapisan bawah permukaan, dengan nilai resistivitas antara  $0,32 \Omega\text{m}$  sampai  $223 \Omega\text{m}$ . Jika dilihat pada penampang vertikal (bidang x-z) titik pengambilan sampel tanah terdapat pada sayatan 5 untuk titik 1, sayatan 8 untuk titik 2, dan sayatan 3 untuk titik 3.



Keterangan:

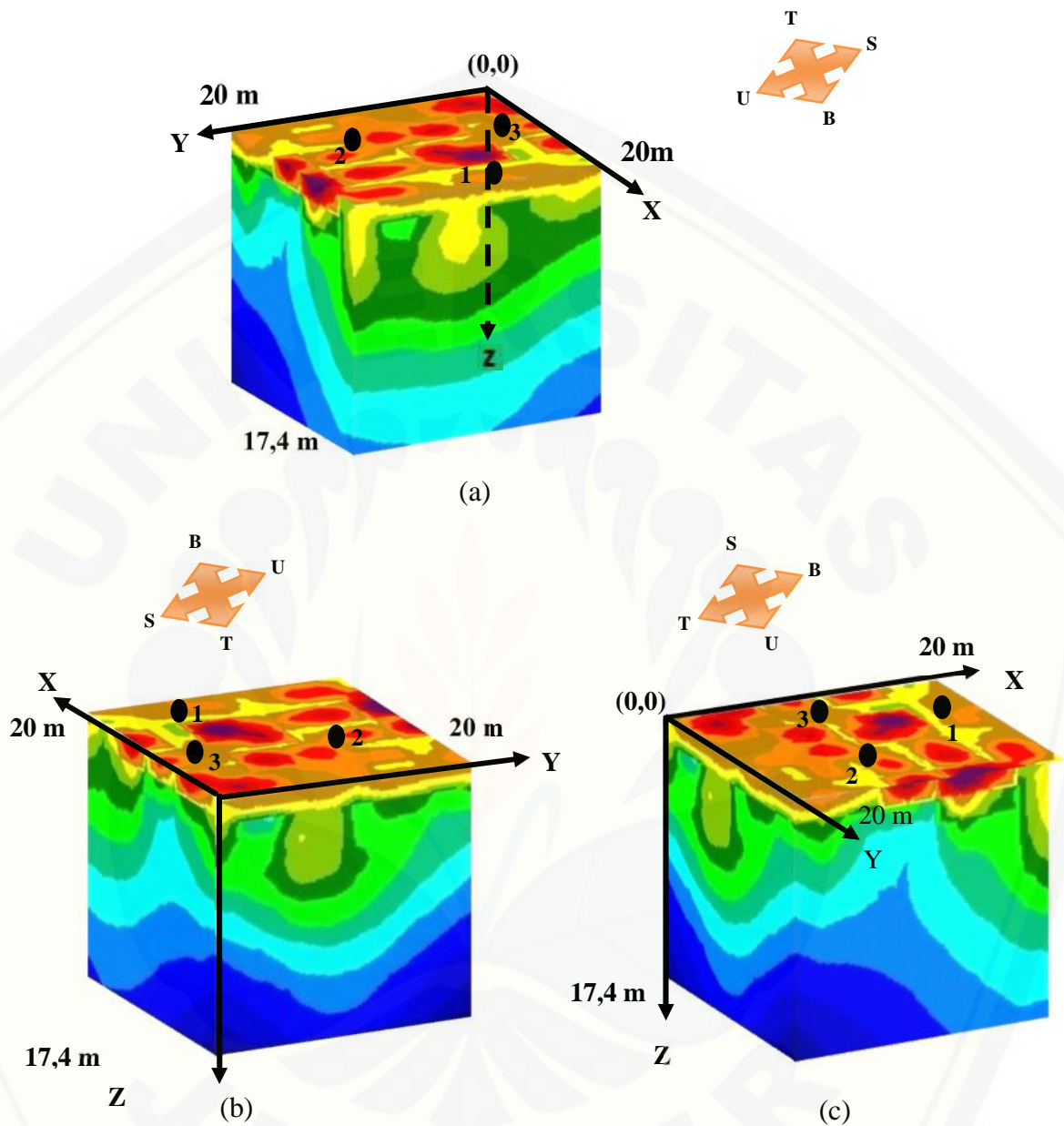
- a) Sayatan 1: mewakili jarak sumbu x antara (0 – 2) meter
- b) Sayatan 2: mewakili jarak sumbu x antara (2 – 4) meter
- c) Sayatan 3: mewakili jarak sumbu x antara (4 – 6) meter
- d) Sayatan 4: mewakili jarak sumbu x antara (6 – 8) meter
- e) Sayatan 5: mewakili jarak sumbu x antara (8 – 10) meter
- f) Sayatan 6: mewakili jarak sumbu x antara (10 – 12) meter
- g) Sayatan 7: mewakili jarak sumbu x antara (12 – 14) meter
- h) Sayatan 8: mewakili jarak sumbu x antara (14 – 16) meter
- i) Sayatan 9: mewakili jarak sumbu x antara (16 – 18) meter
- j) Sayatan 10: mewakili jarak sumbu x antara (18 – 20) meter

Gambar 4.3 Penampang vertikal (bidang y-z) bawah permukaan dengan sayatan searah sumbu y penampang horisontal

Gambar 4.3 menunjukkan penampang vertikal (bidang y-z) hasil citra warna resistivitas 3D bawah permukaan yang menunjukkan lapisan-lapisan bawah permukaan dalam bentuk sayatan yang terdiri dari 10 sayatan yang berada pada titik awal koordinat  $08^{\circ}10'11.2''$  LS –  $113^{\circ}43'40.8''$  BT sampai dengan  $08^{\circ}10'10.7''$  LS –  $113^{\circ}43'40.0''$  BT yang membentang dari arah timur ke barat. Setiap sayatan mewakili jarak 2 meter ke arah sumbu x. Nilai resistivitas yang dihasilkan antara  $0,32 \Omega\text{m}$  sampai  $223 \Omega\text{m}$ . Jika dilihat pada penampang vertikal (bidang y-z) titik pengambilan sampel tanah terdapat pada sayatan 9 untuk titik 1, sayatan 4 untuk titik 2, dan sayatan 5 untuk titik 3.

Hasil pencitraan resistivitas bawah permukaan yang berupa penampang horisontal maupun penampang vertikal bidang x-z dan bidang y-z dibuat suatu penampang berupa kubus dan secara manual digabungkan antara yang satu dengan yang lain sehingga didapatkan interpretasi 3D yang ditunjukkan pada gambar 4.4. Pada gambar 4.4 nilai resistivitas semu bawah permukaan yang didapatkan yaitu antara  $(0,32 - 223) \text{ m}$ . Kemudian kedalaman maksimum yang dicapai dari hasil inversi *software Res3Dinv* adalah 17,4 meter dengan panjang lintasan x (sumbu x) adalah 20 meter dan lintasan y (sumbu y) adalah 20 meter.

Kondisi bawah permukaan yang ditunjukkan pada gambar 4.4 dapat diamati seperti halnya mengamati suatu potongan lapisan bawah permukaan berbentuk kubus, sehingga dapat diamati dari berbagai sisi. Berikut ini hasil citra 3D bawah permukaan yang berbentuk kubus jika dilihat dari berbagai sisi:



- (a) Citra resistivitas bawah permukaan berbentuk kubus (3D);
- (b) Setelah diputar  $180^\circ$  searah jarum jam;
- (c) Setelah diputar  $270^\circ$  searah jarum jam.

Gambar 4.4 Citra resistivitas bawah permukaan berbentuk kubus (3D) dilihat dari berbagai sisi.



#### 4.1.3 Hasil dari Uji Geser Langsung

Setelah dilakukan penelitian tentang geolistrik di lapang kemudian dilakukan penelitian untuk menguji sampel tanah. Terdapat 3 titik yang diuji sampel tanahnya yaitu titik 1 terletak pada koordinat  $8^{\circ}10'10.5''$  LS dan  $113^{\circ}43'40.4''$  BT. Titik 2 terletak pada koordinat  $8^{\circ}10'10.5''$  LS dan  $113^{\circ}43'40.7''$  BT. Titik 3 terletak pada koordinat  $8^{\circ}10'10.9''$  LS dan  $113^{\circ}43'40.5''$  BT. Tabel hasil penelitian dapat dilihat pada lampiran D. Dari perhitungan dilampiran C dan D dapat diperoleh data tentang nilai sudut geser dan kohesi seperti pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Nilai resistivitas ( $\rho$ ), sudut geser ( $\phi$ ), dan kohesi ( $c$ )

Sampel Tanah	Resistivitas ( $\Omega m$ )	Sudut Geser ( $^{\circ}$ )	Kohesi ( $kg/cm^2$ )	Jenis tanah
Titik 1	13,5 – 34,3	40	0,076	lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek, tanah lanauan, pasir, pasir agak bersudut.
Titik 2	5,3	25	0,080	lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek atau pasir lanauan.
Titik 3	5,3 – 13,5	32	0,160	lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek, lempung, lanauan, pasir lanauan, pasir agak bersudut

#### 4.2 Pembahasan

Pada pengukuran nilai tahanan ( $R$ ) bawah permukaan di Perumahan Istana Tidar Regency, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember digunakan alat *resistivitymeter*. Setelah arus yang berasal dari alat *resistivitymeter* diinjeksikan ke permukaan tanah, didapatkan nilai tahanan ( $R$ ) secara otomatis. Titik pengukuran (0,0) terletak pada koordinat  $08^{\circ}10'11.2''$  LS,  $113^{\circ}43'40.8''$  BT, dengan bentangan lintasan 20 meter ke arah barat (sumbu x) dan 20 meter ke arah utara (sumbu y). Data yang dihasilkan pada penelitian dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas

3D konfigurasi *pole-pole* kemudian diinversi dengan menggunakan *software Res3Dinv*. Hasil dari inversi tersebut diperoleh hasil berupa penampang horisontal dan vertikal bawah permukaan dengan nilai resistivitas berasosiasi dengan citra warna yang ditunjukkan pada gambar 4.1, gambar 4.2, dan gambar 4.3. Dari gambar 4.1, gambar 4.2, dan gambar 4.3 dapat diinterpretasikan sebagai struktur lapisan pada kedalaman-kedalaman tertentu yang dapat dilihat dari citra warna dari penampang yang menunjukkan nilai resistivitas masing-masing lapisan. Hasil sayatan-sayatan secara horisontal maupun vertikal kemudian dijadikan hasil citra 3D bawah permukaan dalam bentuk kubus yang dilihat dari berbagai sisi seperti gambar 4.4.

Gambar 4.1 merupakan penampang horisontal yang menunjukkan lapisan-lapisan bawah permukaan dalam bentuk sayatan yang terdiri dari 8 sayatan dengan distribusi resistivitas yaitu  $(0,32 - 223) \Omega\text{m}$ . Setiap sayatan mewakili distribusi resistivitas sampai kedalaman tertentu. Kedalaman yang dapat dicapai dari kedalaman  $(0 - 19,2)$  meter. Sebagai contoh sayatan 1 menunjukkan distribusi resistivitas yang mewakili kedalaman  $(0 - 1,4)$  meter. Hasil pencitraan penampang horisontal yang ditunjukkan pada sayatan 1 menunjukkan jenis tanah yang berbeda-beda hal tersebut dapat dilihat dari citra warna yang dihasilkan. Pada sayatan 1 citra warna yang dihasilkan dominan dengan warna merah, coklat dan orange yang memiliki nilai resistivitas  $(34,3 - 87,6) \Omega\text{m}$ , dengan mengacu tabel 2.1 hasil tersebut diduga merupakan jenis tanah lanauan dan pasiran. Sedangkan pada sayatan 2 citra warna yang dihasilkan dominan dengan warna hijau muda dan kuning yang memiliki nilai resistivitas  $(5,3 - 34,3) \Omega\text{m}$  diduga merupakan jenis tanah lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek, tanah lanauan, dan pasiran. Sayatan 1 memiliki nilai resistivitas yang besar dibandingkan dengan sayatan kedua dan seterusnya, hal itu dapat dilihat dari nilai resistivitasnya.

Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan penampang vertikal lapisan bawah permukaan pada bidang x-z dan bidang y-z. Pada kedua penampang vertikal bidang

x-z dan bidang y-z terdapat 10 sayatan dengan setiap sayatan mewakili jarak 2 meter pada sumbu x dan sumbu y (spasi pada pengukuran). Dari kedua gambar penampang vertikal ini dapat dilihat tiap-tiap lapisan bawah permukaan dari lapisan permukaan tanah sampai kedalaman maksimal yang dapat dicapai sebesar 17,4 meter. Pada penampang vertikal (bidang x-z) dan (bidang y-z) yang ditunjukkan pada gambar 4.2 dan pada gambar 4.3 terlihat bahwa pada kedalaman 2 meter ke bawah mulai terlihat adanya warna hijau tua dan hijau muda yang berarti nilai resistivitasnya mulai kecil yaitu (5,3 – 13,5)  $\Omega\text{m}$ . Tidak hanya citra warna hijau muda dan hijau tua saja yang terlihat pada gambar 4.2 sayatan 5 sampai sayatan 10, citra warna biru muda juga sudah terlihat pada kedalaman 2 meter ke bawah, begitu pula pada gambar 4.3 sayatan 1, 2, 3, 4, 7, dan 8 citra warna biru muda juga sudah terlihat pada kedalaman 2 meter ke bawah, hal ini menunjukkan bahwa resistivitas yang dimiliki kecil yaitu (2,1 – 5,3)  $\Omega\text{m}$ . Citra warna semakin luas pada sayatan selanjutnya, yang berarti nilai resistivitasnya semakin kecil.

Gabungan dari penampang horisontal dan vertikal ditunjukkan pada gambar 4.4. Dari gambar tersebut dapat dilihat dengan jelas tiap lapisan bawah permukaan tanah yang memiliki kontur warna dengan berbagai jenis sebaran resistivitas. Distribusi resistivitas tersebut menunjukkan perbedaan jenis batuan atau tanah yang menyusunnya. Dari gambar 4.4, kondisi bawah permukaan dapat diamati seperti mengamati suatu potongan lapisan bawah permukaan berbentuk kubus, sehingga dapat diamati dari berbagai sisi dengan memutar  $180^\circ$  dan  $270^\circ$  searah jarum jam. Hal ini merupakan kelebihan dari metode geolistrik resistivitas 3D yang dapat memberikan pencitraan resistivitas yang lebih detail dalam menggambarkan kondisi bawah permukaan.

Hasil dari pengolahan data geolistrik ditunjukkan pada gambar 4.1, gambar 4.2, gambar 4.3 dan gambar 4.4. Dari gambar tersebut dapat diketahui kedalaman maksimum yang dicapai yaitu (0 – 17,4) meter, dan didapatkan hasil distribusi resistivitas sehingga dapat digunakan untuk mengetahui jenis tanahnya. Hasil dari

geolistrik pada kedalaman (0 – 2,5) meter didapatkan nilai resistivitas yaitu (5,3 – 87,6)  $\Omega\text{m}$ , dengan mengacu pada tabel nilai resistivitas (Roy, 1984) jenis tanah yang dihasilkan didominasi oleh jenis tanah lempung lanauan, lanauan basah – lembek, lanauan dan pasiran. Pada kedalaman (2,5 – 17,4) meter hasil dari geolistrik menunjukkan nilai resistivitasnya lebih kecil dibandingkan pada kedalaman (0 – 2,5) meter. Pada kedalaman (2,5 – 12,3) meter didapatkan nilai resistivitas yaitu (2,1 – 13,5)  $\Omega\text{m}$  jenis tanah yang dihasilkan didominasi oleh jenis tanah lempungan basah lembek, lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek, sedangkan pada kedalaman (12,3 – 17,4) meter dengan nilai resistivitas diantara (0,32 – 2,1)  $\Omega\text{m}$  diduga terdapatnya akuifer air tanah karena nilai resistivitasnya sangat kecil, yang ditunjukkan dengan citra warna biru tua dan biru muda.

Setelah didapatkan hasil geolistrik seperti pada gambar 4.1, gambar 4.2, gambar 4.3, dan gambar 4.4, selanjutnya ditentukan titik-titik pengambilan sampel tanah. Titik-titik yang diambil sampel tanahnya memiliki keadaan lapisan tanah yang seragam. Titik-titik yang diambil sampel tanahnya ditunjukkan dengan tanda bulat hitam pada sayatan 2 pada gambar 4.1 dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1. Pada titik 1 nilai resistivitasnya adalah (13,5 – 34,5)  $\Omega\text{m}$  jenis tanah yang dihasilkan yaitu lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek, tanah lanauan dan pasiran, pada titik 2 nilai resistivitasnya yaitu 5,3  $\Omega\text{m}$  jenis tanah yang dihasilkan yaitu lempung lanauan, tanah lanauan basah lembek, dan pada titik 3 nilai resistivitasnya diantara (5,3 – 13,5)  $\Omega\text{m}$  jenis tanah yang dihasilkan yaitu lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek.

Sampel tanah diambil pada kedalaman (2 – 2.5) meter, kemudian sampel tanah diuji dengan menggunakan uji geser langsung yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1. Pada tabel 4.1 dapat dilihat sampel tanah pada titik 1 mempunyai nilai sudut geser  $40^\circ$ , dengan mengacu pada tabel 2.2 hasil tersebut diduga merupakan jenis tanah pasir agak bersudut untuk kondisi tanah padat dan kerikil hancur untuk kondisi tanah lepas. Titik 2 mempunyai nilai sudut geser  $25^\circ$ , diduga merupakan jenis tanah



lempung. Titik 3 mempunyai nilai sudut geser  $32^\circ$ , hasil tersebut diduga merupakan jenis tanah lanauan atau bisa juga pasir lanauan. Hasil pengujian sampel tanah dengan uji geser langsung pada kedalaman (2 – 2,5) meter di 3 titik, didapatkan hasil jenis tanah lempung, lanauan, pasir lanauan, pasir agak bersudut. Pada tabel 4.1 nilai kohesi dari uji geser langsung didapatkan dari persamaan garis lurus pada grafik di lampiran D. Nilai kohesi pada titik 1 adalah  $0,076 \text{ kg/cm}^2$ , pada titik 2 adalah  $0,080 \text{ kg/cm}^2$ , dan pada titik 3 adalah  $0,160 \text{ kg/cm}^2$ ; nilai kohesi yang didapatkan kecil dan selisih nya tidak terlalu besar untuk ketiga titik tersebut.

Dari hasil geolistrik dan uji geser langsung menunjukkan bahwa lokasi penelitian didominasi dengan tanah lempung, tanah lempung lanauan, lanauan, pasir lanauan dan tanah pasiran yang berarti ini banyak mengandung butiran halus yang dapat disebut tanah kohesif. Tanah kohesif mempunyai kuat geser yang rendah, dan mempunyai daya dukung tanah yang sangat kecil. Tanah kohesif hanya dapat digunakan untuk keperluan konstruksi bangunan ringan dengan beban yang tidak terlalu besar, seperti bangunan gedung satu tingkat hingga dua tingkat.

Hasil penelitian di atas, diharapkan dapat memberikan informasi kepada PT. Teguh Karya Abadi sebagai acuan pembuatan konstruksi bangunan dan pondasi agar terhindar dari kerusakan-kerusakan yang dapat terjadi akibat penurunan.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pola distribusi resistivitas yang dipetakan secara 3D kedalaman yang dicapai adalah 17,4 meter, sedangkan sampel tanah diambil pada kedalaman (2 – 2,5) meter. Hasil dari penelitian geolistrik dan pengujian sampel tanah informasi bahwa lokasi penelitian didominasi dengan tanah lempung, tanah lempung lanauan, lanauan, pasir lanauan dan tanah pasiran yang berarti ini banyak mengandung butiran halus yang dapat disebut tanah kohesif. Tanah kohesif hanya dapat digunakan untuk keperluan konstruksi bangunan ringan dengan beban yang tidak terlalu besar, seperti bangunan gedung satu tingkat hingga dua tingkat.

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis kemukakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya terbatas untuk mengetahui jenis tanah, apabila ingin mengetahui sifat – sifat tanah diperlukan uji yang lainnya.
2. Apabila melakukan penelitian menggunakan metode geolistrik dan uji geser langsung pada saat pengambilan sampel tanah hendaknya tabung yang digunakan untuk mengambil sampel tanah ditandai menurut kedalamannya, agar bisa terlihat hubungan antara nilai resistivitas dari data geolistrik dengan nilai sudut geser dan kohesi dari data uji geser langsung.
3. Perlu diadakan penelitian dengan alat dan metode yang lain sebagai pembandingan dalam mengetahui jenis tanah di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

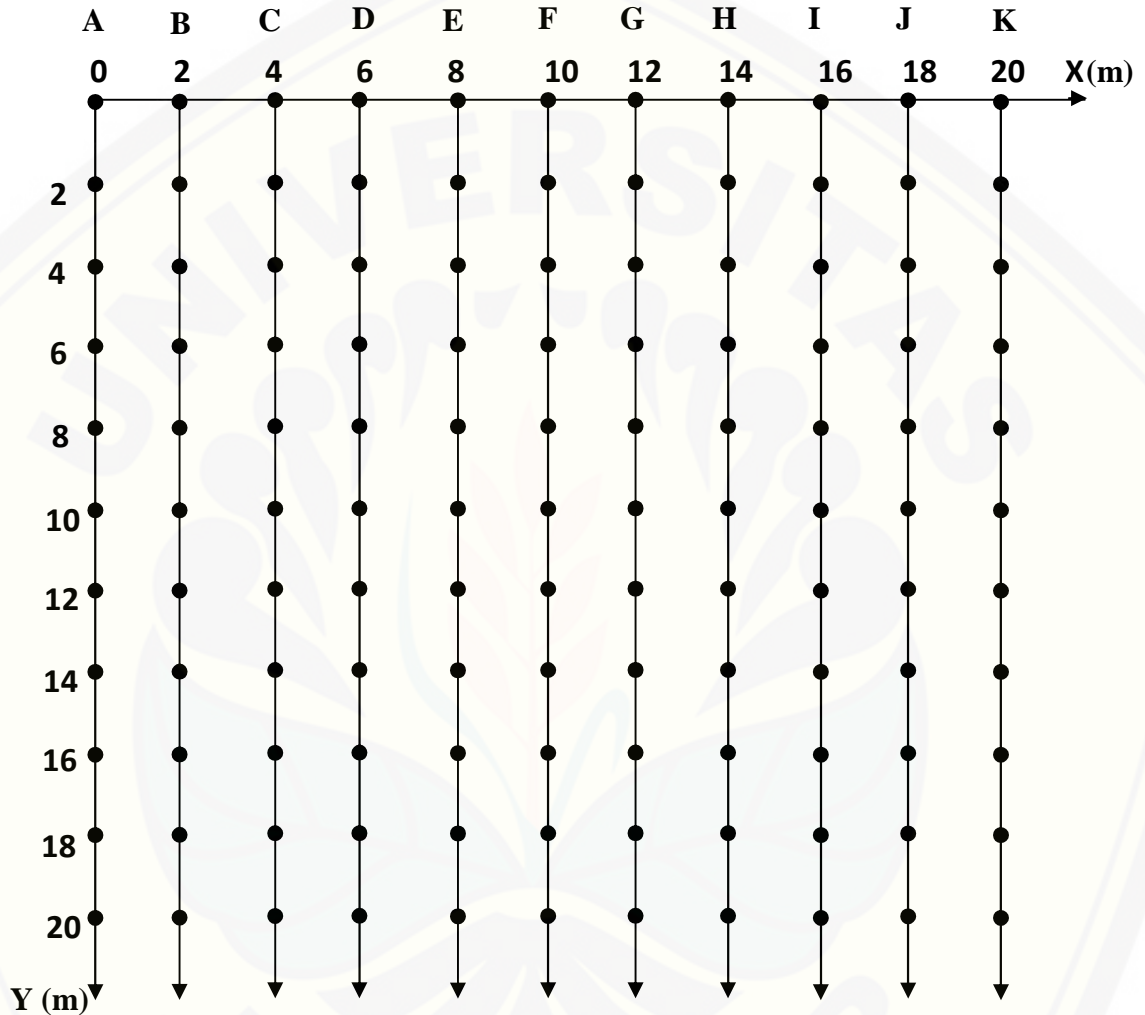
**DAFTAR PUSTAKA**

- Apparao, A. 1997. *Development in Geoelectrical Methods*. National Geophysics Research Institute Hyderabad: India.
- Badan Pusat Statistika Kabupaten Jember. 2011. *Kecamatan Sumbersari dalam Angka*. Jember: Badan Pusat Statistika Kabupaten Jember [11 September 2014].
- Bowles, J. E. 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Endah, N. 1985. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. 1994. *Mekanika Tanah 2*. Jakarta: PT Gramedia Utama.
- Hardiyatmo, H.C. 2002 *Mekanika Tanah 1*. 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.
- Hendrajaya, L. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika, Fakultas MIPA ITB.
- Kalmiawan, P. 2000. *Survey of Resistivity Method to Investigate the Krakal Hot Spring in Desa Krakal, Kec. Alian, Kab. Kabumen, Prop. Jawa Tengah*. Bandung: *Prosiding PIT HAGI ke-25*.
- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Engineering Studies*. Malaysia. Penang.
- Montohar, A.S. 2009. *Kuat Geser Tanah*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah.

- Nugroho, S.A. 2011. *Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Uji Geser Langsung dan Uji Triaksial pada campuran tanah lempung pasir*. Pekanbaru: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Permana, U dan Sopyan, A. 2013. *Penentuan Jenis Tanah Berdasarkan Resistivitasnya Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. Jurusan Fisika Fakultas Sain dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Bandung.
- Puspita, H. I. 2013. *Penentuan Zona Efektif Air Tanah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole di Komplek Perumahan Istana Tidar Regency*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Putra, H.G. 2009. *Peningkatan Kekuatan Geser Tanah Dengan Menggunakan Cerucuk*. Rekayasa Sipil.
- Rahmawati, A. 2009. *Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger*. Malang: Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Malang.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. John Wiley and Sons Ltd. Baffins, Chichester, West Sussex PO19 1UD: England.
- Robain, H., Albouy, Y., Dabas, M., Camerlynk, C., Mechler, P., & Tabbagh, A. 1999. *The Location of Infinite Electrodes in Pole-Pole Resistivity Surveys: Consequences for 2-D Imaging*, journal of Applied Geophysics (41) : 313-333.
- 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. 1984. *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. Mcgraw Hill, New York.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics*. Second Edition. New York: Cambridge University Press.
- Wahyuningtyas, T. S. 2013. *Pemetaan Bawah Permukaan Tanah dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner di Perumahan Istana Tidar Regency Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

LAMPIRAN A

URUTAN PENGAMBILAN DATA GEOLISTRIK RESISTIVITAS 3D



Keterangan:

1. Pengukuran A pada sumbu-x 0 m
2. Pengukuran B pada sumbu-x 2 m
3. Pengukuran C pada sumbu-x 4 m
4. Pengukuran D pada sumbu-x 6 m
5. Pengukuran E pada sumbu-x 8 m
6. Pengukuran F pada sumbu-x 10 m
7. Pengukuran G pada sumbu-x 12 m
8. Pengukuran H pada sumbu-x 14 m
9. Pengukuran I pada sumbu-x 16 m
10. Pengukuran J pada sumbu-x 18 m
11. Pengukuran K pada sumbu-x 20 m



**LAMPIRAN B**

**TABEL PENGAMBILAN DATA GPS**

Waktu : 28 September 2014  
 Lokasi : Perumahan Istana Tidar Regency  
 Koordinat : 08°10'11.2" LS, 113°43'40.8" BT pada titik (0,0)  
 Konfigurasi : *Pole-pole*  
 Spasi sumbu x dan y : 2 m  
 Panjang lintasan : 20 m

Tabel B.1 Pada pengukuran A

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	860	08°10'11.2"	113°43'40.8"	105
2	861	08°10'11.1"	113°43'40.9"	106
4	862	08°10'11.1"	113°43'40.9"	108
6	863	08°10'11.0"	113°43'40.9"	107
8	864	08°10'11.0"	113°43'41.0"	106
10	865	08°10'11.9"	113°43'41.0"	107
12	866	08°10'11.9"	113°43'41.0"	106
14	867	08°10'11.8"	113°43'41.1"	107
16	868	08°10'11.7"	113°43'41.1"	107
18	869	08°10'11.7"	113°43'41.1"	108
20	870	08°10'11.7"	113°43'41.1"	107

Tabel B.2 Pada pengukuran B

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	871	08°10'11.1"	113°43'40.7"	108
2	872	08°10'11.1"	113°43'40.8"	108
4	873	08°10'11.0"	113°43'40.8"	108
6	874	08°10'11.0"	113°43'40.9"	109
8	875	08°10'10.9"	113°43'40.9"	109
10	876	08°10'10.9"	113°43'40.9"	108
12	877	08°10'10.9"	113°43'41.0"	108
14	878	08°10'10.8"	113°43'41.0"	108
16	879	08°10'10.8"	113°43'41.0"	108
18	880	08°10'10.7"	113°43'41.0"	108
20	881	08°10'10.6"	113°43'41.1"	109

Tabel B.3 Pada pengukuran C

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	882	08°10'10.9"	113°43'40.7"	113
2	883	08°10'10.9"	113°43'40.8"	115
4	884	08°10'10.8"	113°43'40.8"	119
6	885	08°10'10.7"	113°43'40.8"	116
8	886	08°10'10.7"	113°43'40.8"	119
10	887	08°10'10.6"	113°43'40.9"	118
12	888	08°10'10.5"	113°43'40.9"	119
14	889	08°10'10.4"	113°43'41.0"	119
16	890	08°10'10.4"	113°43'41.0"	120
18	891	08°10'10.3"	113°43'41.0"	119
20	892	08°10'10.3"	113°43'41.0"	120

Tabel B.4 Pada pengukuran D

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	893	08°10'10.2"	113°43'41.0"	120
2	894	08°10'10.3"	113°43'40.9"	119
4	895	08°10'10.3"	113°43'40.9"	120
6	896	08°10'10.4"	113°43'40.9"	120
8	897	08°10'10.4"	113°43'40.9"	120
10	898	08°10'10.5"	113°43'40.9"	121
12	899	08°10'10.5"	113°43'40.8"	121
14	900	08°10'10.6"	113°43'40.8"	121
16	901	08°10'10.6"	113°43'40.8"	120
18	902	08°10'10.7"	113°43'40.8"	120
20	903	08°10'10.8"	113°43'40.8"	120

Tabel B.5 Pada pengukuran E

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	904	08°10'10.9"	113°43'40.6"	124
2	905	08°10'10.9"	113°43'40.6"	123
4	906	08°10'10.8"	113°43'40.6"	123
6	907	08°10'10.8"	113°43'40.6"	123
8	908	08°10'10.7"	113°43'40.7"	124
10	909	08°10'10.7"	113°43'40.7"	124
12	910	08°10'10.6"	113°43'40.7"	125
14	911	08°10'10.6"	113°43'40.8"	124
16	912	08°10'10.5"	113°43'40.7"	124
18	913	08°10'10.1"	113°43'40.8"	123
20	914	08°10'10.7"	113°43'40.8"	122

Tabel B.6 Pada pengukuran F

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	925	08°10'10.9"	113°43'40.5"	125
2	924	08°10'10.9"	113°43'40.5"	125
4	923	08°10'10.8"	113°43'40.5"	124
6	922	08°10'10.8"	113°43'40.5"	125
8	921	08°10'10.7"	113°43'40.6"	125
10	920	08°10'10.6"	113°43'40.6"	124
12	919	08°10'10.6"	113°43'40.6"	124
14	918	08°10'10.5"	113°43'40.7"	123
16	917	08°10'10.4"	113°43'40.7"	123
18	916	08°10'10.4"	113°43'40.7"	123
20	915	08°10'10.3"	113°43'40.7"	124

Tabel B.7 Pada pengukuran G

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	926	08°10'10.9"	113°43'40.4"	119
2	927	08°10'10.9"	113°43'40.4"	118
4	928	08°10'10.8"	113°43'40.5"	118
6	929	08°10'10.8"	113°43'40.5"	118
8	930	08°10'10.7"	113°43'40.5"	117
10	931	08°10'10.6"	113°43'40.5"	118
12	932	08°10'10.6"	113°43'40.6"	118
14	933	08°10'10.5"	113°43'40.6"	118
16	934	08°10'10.5"	113°43'40.6"	118
18	935	08°10'10.4"	113°43'40.6"	116
20	936	08°10'10.3"	113°43'40.6"	114



Tabel B.8 Pada pengukuran H

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	937	08°10'10.9"	113°43'40.2"	115
2	938	08°10'10.8"	113°43'40.3"	115
4	939	08°10'10.8"	113°43'40.4"	115
6	940	08°10'10.7"	113°43'40.4"	111
8	941	08°10'10.6"	113°43'40.5"	116
10	942	08°10'10.6"	113°43'40.5"	118
12	943	08°10'10.5"	113°43'40.5"	119
14	944	08°10'10.4"	113°43'40.5"	118
16	945	08°10'10.3"	113°43'40.5"	118
18	946	08°10'10.3"	113°43'40.6"	118
20	947	08°10'10.3"	113°43'40.6"	119

Tabel B.9 Pada pengukuran I

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	969	08°10'10.8"	113°43'40.5"	120
2	968	08°10'10.8"	113°43'40.5"	120
4	967	08°10'10.7"	113°43'40.5"	117
6	966	08°10'10.7"	113°43'40.5"	120
8	965	08°10'10.6"	113°43'40.6"	117
10	964	08°10'10.5"	113°43'40.6"	120
12	663	08°10'10.5"	113°43'40.6"	121
14	662	08°10'10.4"	113°43'40.6"	120
16	661	08°10'10.4"	113°43'40.6"	119
18	660	08°10'10.3"	113°43'40.6"	119
20	659	08°10'10.3"	113°43'40.6"	119

Tabel B.10 Pada pengukuran J

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	970	08°10'10.8"	113°43'40.3"	121
2	971	08°10'10.8"	113°43'40.3"	123
4	972	08°10'10.8"	113°43'40.4"	123
6	973	08°10'10.7"	113°43'40.4"	122
8	974	08°10'10.6"	113°43'40.4"	123
10	975	08°10'10.5"	113°43'40.4"	123
12	976	08°10'10.4"	113°43'40.4"	123
14	977	08°10'10.4"	113°43'40.5"	123
16	978	08°10'10.4"	113°43'40.5"	122
18	979	08°10'10.3"	113°43'40.5"	122
20	980	08°10'10.2"	113°43'40.5"	123

Tabel B.11 Pada pengukuran K

Spasi (m)	no	latitude (Lintang)	longitude (bujur)	elevasi
0	981	08°10'10.7"	113°43'40.0"	120
2	982	08°10'10.7"	113°43'40.1"	121
4	983	08°10'10.6"	113°43'40.1"	119
6	984	08°10'10.6"	113°43'40.1"	119
8	985	08°10'10.5"	113°43'40.2"	119
10	986	08°10'10.5"	113°43'40.2"	119
12	987	08°10'10.4"	113°43'40.2"	119
14	988	08°10'10.3"	113°43'40.2"	120
16	989	08°10'10.3"	113°43'40.2"	120
18	990	08°10'10.2"	113°43'40.3"	119
20	991	08°10'10.2"	113°43'40.3"	119

LAMPIRAN C

TABEL DATA PENGAMATAN GEOLISTRIK

Waktu : 28 September 2014  
 Lokasi : Perumahan Istana Tidar Regency  
 Koordinat : 08°10'11.2" LS, 113°43'40.8' BT pada titik (0,0)  
 Konfigurasi : *Pole-pole*  
 Spasi sumbu x dan y : 2 m  
 Panjang lintasan : 20 m

Tabel C.1 Data Pengamatan Pengukuran A

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	A0	0	0	0	2	2	2,003	25,160
2		0	0	0	4	2	0,638	8,013
3		0	0	0	6	2	0,586	7,354
4		0	0	0	8	2	0,777	9,759
5		0	0	0	10	2	0,223	2,801
6		0	0	0	12	2	0,240	3,014
7		0	0	0	14	2	0,135	1,696
8		0	0	0	16	2	0,113	1,413
9		0	0	0	18	2	0,132	1,658
10		0	0	0	20	2	0,067	0,842
11	A1	0	2	0	4	2	1,499	18,820
12		0	2	0	6	2	0,634	7,963
13		0	2	0	8	2	0,469	5,884
14		0	2	0	10	2	0,264	3,310
15		0	2	0	12	2	0,237	2,977
16		0	2	0	14	2	0,165	2,072
17		0	2	0	16	2	0,135	1,689
18		0	2	0	18	2	0,127	1,595
19		0	2	0	20	2	0,096	1,199

20	A2	0	4	0	6	2	1,564	19,640
21		0	4	0	8	2	0,530	6,651
22		0	4	0	10	2	0,377	4,729
23		0	4	0	12	2	0,281	3,529
24		0	4	0	14	2	0,207	2,594
25		0	4	0	16	2	0,146	1,827
26		0	4	0	18	2	0,128	1,608
27		0	4	0	20	2	0,124	1,557
28	A3	0	6	0	8	2	1,507	18,930
29		0	6	0	10	2	0,603	7,567
30		0	6	0	12	2	0,404	5,068
31		0	6	0	14	2	0,265	3,322
32		0	6	0	16	2	0,209	2,619
33		0	6	0	18	2	0,157	1,966
34		0	6	0	20	2	0,150	1,878
35	A4	0	8	0	10	2	1,260	15,820
36		0	8	0	12	2	0,751	9,426
37		0	8	0	14	2	0,699	8,773
38		0	8	0	16	2	0,256	3,215
39		0	8	0	18	2	0,249	3,127
40		0	8	0	20	2	0,110	1,375
41	A5	0	10	0	12	2	1,749	21,960
42		0	10	0	14	2	0,615	7,724
43		0	10	0	16	2	0,383	4,804
44		0	10	0	18	2	0,253	3,178
45		0	10	0	20	2	0,197	2,468
46	A6	0	12	0	14	2	1,274	16
47		0	12	0	16	2	0,590	7,410
48		0	12	0	18	2	0,362	4,50
49		0	12	0	20	2	0,246	3,09
50	A7	0	14	0	16	2	1,662	20,87
51		0	14	0	18	2	0,592	7,429
52		0	14	0	20	2	0,353	4,427
53	A8	0	16	0	18	2	1,490	18,710
54		0	16	0	20	2	0,564	7,084
55	A9	0	18	0	20	2	1,445	18,14



Tabel C.2 Data Pengamatan Pengukuran B

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	B0	2	0	2	2	2	1,718	21,570
2		2	0	2	4	2	0,577	7,241
3		2	0	2	6	2	0,343	4,302
4		2	0	2	8	2	0,259	3,247
5		2	0	2	10	2	0,229	2,870
6		2	0	2	12	2	0,161	2,016
7		2	0	2	14	2	0,113	1,419
8		2	0	2	16	2	0,063	0,791
9		2	0	2	18	2	0,086	1,074
10		2	0	2	20	2	0,077	0,961
11	B1	2	2	2	4	2	1,710	21,480
12		2	2	2	6	2	0,588	7,385
13		2	2	2	8	2	0,375	4,704
14		2	2	2	10	2	0,307	3,850
15		2	2	2	12	2	0,211	2,650
16		2	2	2	14	2	0,158	1,978
17		2	2	2	16	2	0,123	1,539
18		2	2	2	18	2	0,110	1,382
19		2	2	2	20	2	0,079	0,986
20	B2	2	4	2	6	2	1,790	22,480
21		2	4	2	8	2	0,646	8,107
22		2	4	2	10	2	0,493	6,192
23		2	4	2	12	2	0,268	3,366
24		2	4	2	14	2	0,286	3,592
25		2	4	2	16	2	0,224	2,813
26		2	4	2	18	2	0,159	1,991
27		2	4	2	20	2	0,114	1,426
28	B3	2	6	2	8	2	1,660	20,840
29		2	6	2	10	2	0,813	10,210
30		2	6	2	12	2	0,388	4,867
31		2	6	2	14	2	0,448	5,621
32		2	6	2	16	2	0,311	3,906
33		2	6	2	18	2	0,201	2,525

34		2	6	2	20	2	0,122	1,532
35	B4	2	8	2	10	2	1,864	23,410
36		2	8	2	12	2	0,624	7,837
37		2	8	2	14	2	0,633	7,944
38		2	8	2	16	2	0,403	5,062
39		2	8	2	18	2	0,244	3,058
40		2	8	2	20	2	0,177	2,217
41	B5	2	10	2	12	2	1,491	18,720
42		2	10	2	14	2	0,656	8,239
43		2	10	2	16	2	0,387	4,861
44		2	10	2	18	2	0,252	3,165
45		2	10	2	20	2	0,212	2,656
46	B6	2	12	2	14	2	1,587	19,930
47		2	12	2	16	2	0,711	8,930
48		2	12	2	18	2	0,374	4,691
49		2	12	2	20	2	0,257	3,222
50	B7	2	14	2	16	2	1,870	23,49
51		2	14	2	18	2	0,626	7,856
52		2	14	2	20	2	0,377	4,729
53	B8	2	16	2	18	2	1,539	19,33
54		2	16	2	20	2	0,617	7,743
55	B9	2	18	2	20	2	1,534	19,26

Tabel C.3 Data Pengamatan Pengukuran C

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	C0	4	0	4	2	2	2,489	31,26
2		4	0	4	4	2	0,662	8,315
3		4	0	4	6	2	0,429	5,388
4		4	0	4	8	2	0,297	3,730
5		4	0	4	10	2	0,227	2,851
6		4	0	4	12	2	0,173	2,173
7		4	0	4	14	2	0,244	3,058
8		4	0	4	16	2	0,137	1,721
9		4	0	4	18	2	0,102	1,281
10		4	0	4	20	2	0,057	0,71
11	C1	4	2	4	4	2	2,868	36,020
12		4	2	4	6	2	0,742	9,320
13		4	2	4	8	2	0,416	5,225
14		4	2	4	10	2	0,297	3,73
15		4	2	4	12	2	0,227	2,851
16		4	2	4	14	2	0,406	5,099
17		4	2	4	16	2	0,137	1,721
18		4	2	4	18	2	0,149	1,865
19		4	2	4	20	2	0,094	1,181
20	C2	4	4	4	6	2	2,053	25,79
21		4	4	4	8	2	0,649	8,145
22		4	4	4	10	2	0,378	4,741
23		4	4	4	12	2	0,297	3,730
24		4	4	4	14	2	0,431	5,413
25		4	4	4	16	2	0,181	2,267
26		4	4	4	18	2	0,169	2,116
27		4	4	4	20	2	0,121	1,513
28	C3	4	6	4	8	2	1,504	18,890
29		4	6	4	10	2	0,765	9,608
30		4	6	4	12	2	0,536	6,732
31		4	6	4	14	2	1,764	22,160
32		4	6	4	16	2	0,212	2,656
33		4	6	4	18	2	0,365	4,578

34		4	6	4	20	2	0,169	2,123
35	C4	4	8	4	10	2	1,563	19,630
36		4	8	4	12	2	0,568	7,128
37		4	8	4	14	2	0,476	5,979
38		4	8	4	16	2	0,288	3,611
39		4	8	4	18	2	0,236	2,958
40		4	8	4	20	2	0,161	2,016
41	C5	4	10	4	12	2	1,641	20,600
42		4	10	4	14	2	0,546	6,851
43		4	10	4	16	2	0,39	4,898
44		4	10	4	18	2	0,283	3,548
45		4	10	4	20	2	0,195	2,443
46	C6	4	12	4	14	2	1,710	21,480
47		4	12	4	16	2	0,617	7,750
48		4	12	4	18	2	0,380	4,767
49		4	12	4	20	2	0,249	3,121
50	C7	4	14	4	16	2	1,543	19,370
51		4	14	4	18	2	0,658	8,264
52		4	14	4	20	2	0,351	4,402
53	C8	4	16	4	18	2	1,474	18,51
54		4	16	4	20	2	0,493	6,186
55	C9	4	18	4	20	2	1,056	13,260

Tabel C.4 Data Pengamatan Pengukuran D

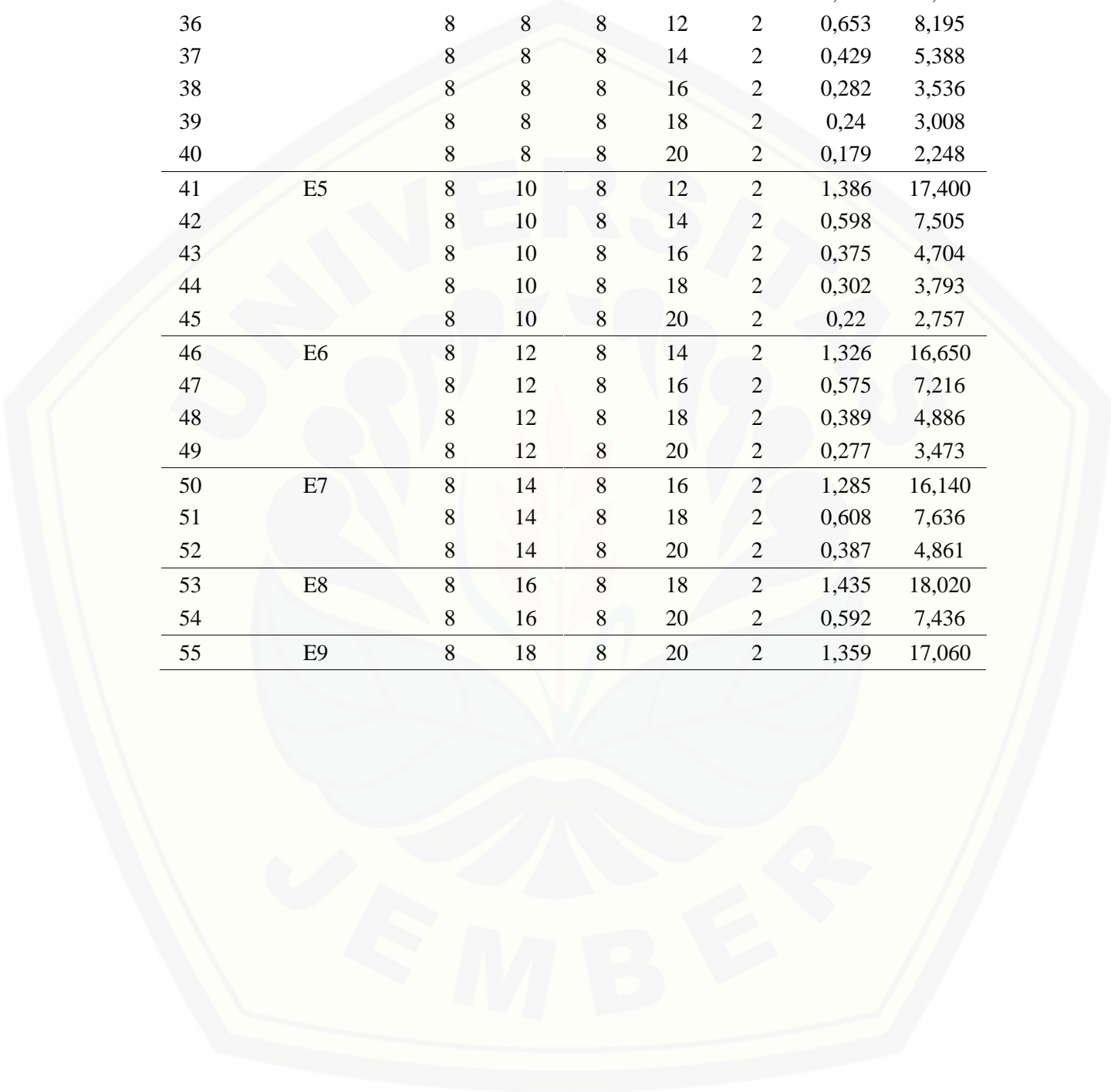
NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	D0	6	0	6	2	2	1,656	20,790
2		6	0	6	4	2	0,609	7,649
3		6	0	6	6	2	0,395	4,955
4		6	0	6	8	2	0,292	3,661
5		6	0	6	10	2	0,235	2,952
6		6	0	6	12	2	0,175	2,198
7		6	0	6	14	2	0,143	1,796
8		6	0	6	16	2	0,122	1,526
9		6	0	6	18	2	0,099	1,243
10		6	0	6	20	2	0,088	1,105
11	D1	6	2	6	4	2	1,701	21,360
12		6	2	6	6	2	0,649	8,145
13		6	2	6	8	2	0,406	5,093
14		6	2	6	10	2	0,322	4,038
15		6	2	6	12	2	0,217	2,726
16		6	2	6	14	2	0,176	2,211
17		6	2	6	16	2	0,144	1,809
18		6	2	6	18	2	0,119	1,495
19		6	2	6	20	2	0,098	1,231
20	D2	6	4	6	6	2	1,722	21,620
21		6	4	6	8	2	0,623	7,819
22		6	4	6	10	2	0,445	5,589
23		6	4	6	12	2	0,279	3,504
24		6	4	6	14	2	0,218	2,738
25		6	4	6	16	2	0,175	2,192
26		6	4	6	18	2	0,152	1,909
27		6	4	6	20	2	0,139	1,740
28	D3	6	6	6	8	2	1,454	18,260
29		6	6	6	10	2	0,631	7,925
30		6	6	6	12	2	0,373	4,679
31		6	6	6	14	2	0,279	3,504
32		6	6	6	16	2	0,213	2,675
33		6	6	6	18	2	0,169	2,116



34		6	6	6	20	2	0,155	1,941
35	D4	6	8	6	10	2	1,992	25,010
36		6	8	6	12	2	0,612	7,687
37		6	8	6	14	2	0,352	4,421
38		6	8	6	16	2	0,283	3,548
39		6	8	6	18	2	0,22	2,763
40		6	8	6	20	2	0,184	2,305
41	D5	6	10	6	12	2	1,400	17,580
42		6	10	6	14	2	0,563	7,071
43		6	10	6	16	2	0,363	4,553
44		6	10	6	18	2	0,265	3,322
45		6	10	6	20	2	0,219	2,751
46	D6	6	12	6	14	2	1,425	17,900
47		6	12	6	16	2	0,572	7,184
48		6	12	6	18	2	0,365	4,584
49		6	12	6	20	2	0,278	3,492
50	D7	6	14	6	16	2	1,401	17,600
51		6	14	6	18	2	0,568	7,134
52		6	14	6	20	2	0,367	4,603
53	D8	6	16	6	18	2	1,300	16,330
54		6	16	6	20	2	0,524	6,575
55	D9	6	18	6	20	2	1,077	13,520

Tabel C.5 Data Pengamatan Pengukuran E

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	E0	8	0	8	2	2	1,423	17,870
2		8	0	8	4	2	0,675	8,478
3		8	0	8	6	2	0,416	5,225
4		8	0	8	8	2	0,305	3,825
5		8	0	8	10	2	0,242	3,033
6		8	0	8	12	2	0,183	2,298
7		8	0	8	14	2	0,151	1,897
8		8	0	8	16	2	0,117	1,470
9		8	0	8	18	2	0,105	1,313
10		8	0	8	20	2	0,085	1,061
11	E1	8	2	8	4	2	1,559	19,570
12		8	2	8	6	2	0,647	8,126
13		8	2	8	8	2	0,460	5,771
14		8	2	8	10	2	0,324	4,063
15		8	2	8	12	2	0,225	2,820
16		8	2	8	14	2	0,184	2,311
17		8	2	8	16	2	0,147	1,840
18		8	2	8	18	2	0,127	1,589
19		8	2	8	20	2	0,110	1,375
20	E2	8	4	8	6	2	1,548	19,440
21		8	4	8	8	2	0,718	9,012
22		8	4	8	10	2	0,474	5,953
23		8	4	8	12	2	0,305	3,831
24		8	4	8	14	2	0,233	2,926
25		8	4	8	16	2	0,172	2,154
26		8	4	8	18	2	0,157	1,972
27		8	4	8	20	2	0,128	1,601
28	E3	8	6	8	8	2	1,365	17,140
29		8	6	8	10	2	0,697	8,754
30		8	6	8	12	2	0,406	5,093
31		8	6	8	14	2	0,305	3,825
32		8	6	8	16	2	0,216	2,707
33		8	6	8	18	2	0,189	2,374



34		8	6	8	20	2	0,139	1,746
35	E4	8	8	8	10	2	1,878	23,590
36		8	8	8	12	2	0,653	8,195
37		8	8	8	14	2	0,429	5,388
38		8	8	8	16	2	0,282	3,536
39		8	8	8	18	2	0,24	3,008
40		8	8	8	20	2	0,179	2,248
41	E5	8	10	8	12	2	1,386	17,400
42		8	10	8	14	2	0,598	7,505
43		8	10	8	16	2	0,375	4,704
44		8	10	8	18	2	0,302	3,793
45		8	10	8	20	2	0,22	2,757
46	E6	8	12	8	14	2	1,326	16,650
47		8	12	8	16	2	0,575	7,216
48		8	12	8	18	2	0,389	4,886
49		8	12	8	20	2	0,277	3,473
50	E7	8	14	8	16	2	1,285	16,140
51		8	14	8	18	2	0,608	7,636
52		8	14	8	20	2	0,387	4,861
53	E8	8	16	8	18	2	1,435	18,020
54		8	16	8	20	2	0,592	7,436
55	E9	8	18	8	20	2	1,359	17,060

Tabel C.6 Data Pengamatan Pengukuran F

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	F0	10	0	10	2	2	1,383	17,360
2		10	0	10	4	2	0,578	7,260
3		10	0	10	6	2	0,376	4,723
4		10	0	10	8	2	0,299	3,749
5		10	0	10	10	2	0,240	3,014
6		10	0	10	12	2	0,196	2,455
7		10	0	10	14	2	0,157	1,972
8		10	0	10	16	2	0,147	1,840
9		10	0	10	18	2	0,115	1,444
10		10	0	10	20	2	0,091	1,143
11	F1	10	2	10	4	2	1,372	17,230
12		10	2	10	6	2	0,55	6,902
13		10	2	10	8	2	0,394	4,942
14		10	2	10	10	2	0,301	3,774
15		10	2	10	12	2	0,245	3,071
16		10	2	10	14	2	0,186	2,330
17		10	2	10	16	2	0,192	2,412
18		10	2	10	18	2	0,169	2,116
19		10	2	10	20	2	0,101	1,262
20	F2	10	4	10	6	2	1,148	14,420
21		10	4	10	8	2	0,596	7,486
22		10	4	10	10	2	0,902	11,320
23		10	4	10	12	2	0,311	3,906
24		10	4	10	14	2	0,253	3,178
25		10	4	10	16	2	0,233	2,926
26		10	4	10	18	2	0,186	2,330
27		10	4	10	20	2	0,119	1,495
28	F3	10	6	10	8	2	1,724	21,650
29		10	6	10	10	2	0,641	8,051
30		10	6	10	12	2	0,424	5,325
31		10	6	10	14	2	0,306	3,837
32		10	6	10	16	2	0,308	3,862
33		10	6	10	18	2	0,256	3,215

34		10	6	10	20	2	0,146	1,834
35	F4	10	8	10	10	2	1,264	15,870
36		10	8	10	12	2	0,599	7,530
37		10	8	10	14	2	0,387	4,861
38		10	8	10	16	2	0,371	4,660
39		10	8	10	18	2	0,270	3,385
40		10	8	10	20	2	0,171	2,141
41	F5	10	10	10	12	2	1,399	17,570
42		10	10	10	14	2	0,584	7,335
43		10	10	10	16	2	0,578	7,253
44		10	10	10	18	2	0,380	4,773
45		10	10	10	20	2	0,211	2,650
46	F6	10	12	10	14	2	1,261	15,83
47		10	12	10	16	2	0,683	8,578
48		10	12	10	18	2	0,462	5,803
49		10	12	10	20	2	0,278	3,485
50	F7	10	14	10	16	2	1,66	20,84
51		10	14	10	18	2	0,653	8,202
52		10	14	10	20	2	0,366	4,591
53	F8	10	16	10	18	2	1,818	22,83
54		10	16	10	20	2	0,482	6,054
55	F9	10	18	10	20	2	1,105	13,88



Tabel C.7 Data Pengamatan Pengukuran G

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	R( )			
1	G0	12	0	12	2	2	1,396	17,530
2		12	0	12	4	2	0,525	6,594
3		12	0	12	6	2	0,451	5,665
4		12	0	12	8	2	0,325	4,076
5		12	0	12	10	2	0,261	3,272
6		12	0	12	12	2	0,206	2,581
7		12	0	12	14	2	0,167	2,091
8		12	0	12	16	2	0,145	1,815
9		12	0	12	18	2	0,133	1,670
10		12	0	12	20	2	0,093	1,162
11	G1	12	2	12	4	2	1,417	17,790
12		12	2	12	6	2	0,650	8,164
13		12	2	12	8	2	0,423	5,307
14		12	2	12	10	2	0,329	4,132
15		12	2	12	12	2	0,258	3,240
16		12	2	12	14	2	0,197	2,474
17		12	2	12	16	2	0,181	2,273
18		12	2	12	18	2	0,159	1,997
19		12	2	12	20	2	0,118	1,476
20	G2	12	4	12	6	2	1,496	18,790
21		12	4	12	8	2	0,614	7,712
22		12	4	12	10	2	0,419	5,256
23		12	4	12	12	2	0,310	3,894
24		12	4	12	14	2	0,244	3,058
25		12	4	12	16	2	0,203	2,550
26		12	4	12	18	2	0,166	2,085
27		12	4	12	20	2	0,136	1,708
28	G3	12	6	12	8	2	1,273	15,99
29		12	6	12	10	2	0,166	2,085
30		12	6	12	12	2	0,411	5,156
31		12	6	12	14	2	0,305	3,825
32		12	6	12	16	2	0,263	3,297
33		12	6	12	18	2	0,219	2,751
34		12	6	12	20	2	0,161	2,022

35	G4	12	8	12	10	2	1,355	17,020
36		12	8	12	12	2	0,639	8,026
37		12	8	12	14	2	0,418	5,244
38		12	8	12	16	2	0,329	4,126
39		12	8	12	18	2	0,261	3,278
40		12	8	12	20	2	0,196	2,462
41	G5	12	10	12	12	2	1,383	17,360
42		12	10	12	14	2	0,632	7,932
43		12	10	12	16	2	0,439	5,508
44		12	10	12	18	2	0,34	4,264
45		12	10	12	20	2	0,242	3,033
46	G6	12	12	12	14	2	1,371	17,210
47		12	12	12	16	2	0,646	8,107
48		12	12	12	18	2	0,450	5,652
49		12	12	12	20	2	0,311	3,900
50	G7	12	14	12	16	2	1,390	17,460
51		12	14	12	18	2	0,655	8,227
52		12	14	12	20	2	0,414	5,200
53	G8	12	16	12	18	2	1,462	18,360
54		12	16	12	20	2	0,623	7,825
55	G9	12	18	12	20	2	1,281	16,090

Tabel C.8 Data Pengamatan Pengukuran H

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	H0	14	0	14	2	2	1,212	15,220
2		14	0	14	4	2	0,659	8,271
3		14	0	14	6	2	0,470	5,903
4		14	0	14	8	2	0,353	4,427
5		14	0	14	10	2	0,280	3,517
6		14	0	14	12	2	0,266	3,341
7		14	0	14	14	2	0,188	2,355
8		14	0	14	16	2	0,167	2,091
9		14	0	14	18	2	0,953	11,960
10		14	0	14	20	2	0,108	1,356
11	H1	14	2	14	4	2	1,358	17,060
12		14	2	14	6	2	0,818	10,270
13		14	2	14	8	2	0,529	6,638
14		14	2	14	10	2	0,521	6,544
15		14	2	14	12	2	0,461	5,790
16		14	2	14	14	2	0,395	4,955
17		14	2	14	16	2	0,273	3,423
18		14	2	14	18	2	0,245	3,071
19		14	2	14	20	2	0,129	1,620
20	H2	14	4	14	6	2	1,287	16,160
21		14	4	14	8	2	0,851	10,690
22		14	4	14	10	2	0,651	8,177
23		14	4	14	12	2	0,570	7,153
24		14	4	14	14	2	0,462	5,796
25		14	4	14	16	2	0,400	5,024
26		14	4	14	18	2	0,563	7,071
27		14	4	14	20	2	0,359	4,509
28	H3	14	6	14	8	2	0,661	8,302
29		14	6	14	10	2	0,668	8,390
30		14	6	14	12	2	0,607	7,624
31		14	6	14	14	2	0,361	4,528
32		14	6	14	16	2	0,318	3,988
33		14	6	14	18	2	0,595	7,467

34		14	6	14	20	2	0,423	5,313
35	H4	14	8	14	10	2	1,386	17,410
36		14	8	14	12	2	0,730	9,163
37		14	8	14	14	2	0,457	5,740
38		14	8	14	16	2	0,348	4,371
39		14	8	14	18	2	0,269	3,379
40		14	8	14	20	2	0,221	2,769
41	H5	14	10	14	12	2	1,657	20,810
42		14	10	14	14	2	0,684	8,585
43		14	10	14	16	2	0,393	4,930
44		14	10	14	18	2	0,37	4,641
45		14	10	14	20	2	0,276	3,467
46	H6	14	12	14	14	2	1,347	16,920
47		14	12	14	16	2	0,80	10,050
48		14	12	14	18	2	0,716	8,987
49		14	12	14	20	2	0,363	4,559
50	H7	14	14	14	16	2	1,435	18,020
51		14	14	14	18	2	0,784	9,847
52		14	14	14	20	2	0,490	6,154
53	H8	14	16	14	18	2	1,618	20,320
54		14	16	14	20	2	0,724	9,087
55	H9	14	18	14	20	2	1,683	21,140

Tabel C.9 Data Pengamatan Pengukuran I

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	I0	16	0	16	2	2	1,375	17,270
2		16	0	16	4	2	0,696	8,735
3		16	0	16	6	2	0,492	6,180
4		16	0	16	8	2	0,405	5,081
5		16	0	16	10	2	0,341	4,277
6		16	0	16	12	2	0,283	3,554
7		16	0	16	14	2	0,204	2,562
8		16	0	16	16	2	0,217	2,726
9		16	0	16	18	2	0,134	1,677
10		16	0	16	20	2	0,111	1,394
11	I1	16	2	16	4	2	1,328	16,680
12		16	2	16	6	2	0,675	8,472
13		16	2	16	8	2	0,419	5,263
14		16	2	16	10	2	0,362	4,547
15		16	2	16	12	2	0,31	3,887
16		16	2	16	14	2	0,241	3,021
17		16	2	16	16	2	0,238	2,983
18		16	2	16	18	2	0,153	1,915
19		16	2	16	20	2	0,127	1,589
20	I2	16	4	16	6	2	1,336	16,780
21		16	4	16	8	2	0,694	8,710
22		16	4	16	10	2	0,494	6,198
23		16	4	16	12	2	0,397	4,986
24		16	4	16	14	2	0,297	3,724
25		16	4	16	16	2	0,336	4,214
26		16	4	16	18	2	0,188	2,361
27		16	4	16	20	2	0,15	1,884
28	I3	16	6	16	8	2	1,484	18,640
29		16	6	16	10	2	0,727	9,125
30		16	6	16	12	2	0,534	6,701
31		16	6	16	14	2	0,409	5,137
32		16	6	16	16	2	0,426	5,344
33		16	6	16	18	2	0,238	2,983



34		16	6	16	20	2	0,183	2,298
35	14	16	8	16	10	2	0,776	9,743
36		16	8	16	12	2	0,728	9,137
37		16	8	16	14	2	0,507	6,368
38		16	8	16	16	2	0,386	4,842
39		16	8	16	18	2	0,278	3,485
40		16	8	16	20	2	0,215	2,70
41	15	16	10	16	12	2	1,475	18,520
42		16	10	16	14	2	0,736	9,238
43		16	10	16	16	2	0,551	6,921
44		16	10	16	18	2	0,361	4,528
45		16	10	16	20	2	0,272	3,410
46	16	16	12	16	14	2	1,445	18,150
47		16	12	16	16	2	1,030	12,94
48		16	12	16	18	2	0,506	6,349
49		16	12	16	20	2	0,359	4,509
50	17	16	14	16	16	2	1,595	20,03
51		16	14	16	18	2	0,729	9,156
52		16	14	16	20	2	0,481	6,041
53	18	16	16	16	18	2	1,455	18,270
54		16	16	16	20	2	0,703	8,823
55	19	16	18	16	20	2	1,358	17,060

Tabel C.10 Data Pengamatan Pengukuran J

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	J0	18	0	18	2	2	1,568	19,690
2		18	0	18	4	2	0,801	10,06
3		18	0	18	6	2	0,557	6,990
4		18	0	18	8	2	0,411	5,162
5		18	0	18	10	2	0,312	3,919
6		18	0	18	12	2	0,243	3,052
7		18	0	18	14	2	0,198	2,487
8		18	0	18	16	2	0,160	2,010
9		18	0	18	18	2	0,139	1,746
10		18	0	18	20	2	0,129	1,620
11	J1	18	2	18	4	2	1,557	19,560
12		18	2	18	6	2	0,796	9,991
13		18	2	18	8	2	0,546	6,858
14		18	2	18	10	2	0,398	4,993
15		18	2	18	12	2	0,301	3,774
16		18	2	18	14	2	0,249	3,121
17		18	2	18	16	2	0,195	2,449
18		18	2	18	18	2	0,163	2,047
19		18	2	18	20	2	0,134	1,683
20	J2	18	4	18	6	2	1,566	19,660
21		18	4	18	8	2	0,830	10,420
22		18	4	18	10	2	0,554	6,952
23		18	4	18	12	2	0,388	4,867
24		18	4	18	14	2	0,369	4,628
25		18	4	18	16	2	0,258	3,234
26		18	4	18	18	2	0,219	2,751
27		18	4	18	20	2	0,162	2,035
28	J3	18	6	18	8	2	1,615	20,280
29		18	6	18	10	2	0,811	10,19
30		18	6	18	12	2	0,550	6,908
31		18	6	18	14	2	0,456	5,727
32		18	6	18	16	2	0,323	4,051
33		18	6	18	18	2	0,266	3,335

34		18	6	18	20	2	0,203	2,543
35	J4	18	8	18	10	2	1,579	19,830
36		18	8	18	12	2	0,803	10,09
37		18	8	18	14	2	0,651	8,177
38		18	8	18	16	2	0,409	5,131
39		18	8	18	18	2	0,334	4,189
40		18	8	18	20	2	0,262	3,284
41	J5	18	10	18	12	2	1,615	20,280
42		18	10	18	14	2	0,855	10,740
43		18	10	18	16	2	0,539	6,770
44		18	10	18	18	2	0,416	5,226
45		18	10	18	20	2	0,318	3,988
46	J6	18	12	18	14	2	1,481	18,600
47		18	12	18	16	2	0,752	9,445
48		18	12	18	18	2	0,534	6,707
49		18	12	18	20	2	0,395	4,955
50	J7	18	14	18	16	2	1,549	19,460
51		18	14	18	18	2	0,795	9,985
52		18	14	18	20	2	0,549	6,895
53	J8	18	16	18	18	2	1,469	18,450
54		18	16	18	20	2	0,745	9,357
55	J9	18	18	18	20	2	1,493	18,750

Tabel C.11 Data Pengamatan Pengukuran K

NO	PENGUKURAN	C <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		(m)	R( )	( m)
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)			
1	K0	20	0	20	2	2	1,798	22,580
2		20	0	20	4	2	1,011	12,700
3		20	0	20	6	2	0,588	7,385
4		20	0	20	8	2	0,410	5,150
5		20	0	20	10	2	0,345	4,327
6		20	0	20	12	2	0,289	3,630
7		20	0	20	14	2	0,211	2,644
8		20	0	20	16	2	0,158	1,984
9		20	0	20	18	2	0,148	1,859
10		20	0	20	20	2	0,201	2,525
11	K1	20	2	20	4	2	1,929	24,230
12		20	2	20	6	2	0,902	11,320
13		20	2	20	8	2	0,575	7,216
14		20	2	20	10	2	0,434	5,445
15		20	2	20	12	2	0,376	4,723
16		20	2	20	14	2	0,257	3,222
17		20	2	20	16	2	0,207	2,594
18		20	2	20	18	2	0,174	2,185
19		20	2	20	20	2	0,150	1,878
20	K2	20	4	20	6	2	2,082	26,150
21		20	4	20	8	2	0,904	11,350
22		20	4	20	10	2	0,610	7,662
23		20	4	20	12	2	0,489	6,142
24		20	4	20	14	2	0,358	4,496
25		20	4	20	16	2	0,266	3,335
26		20	4	20	18	2	0,225	2,826
27		20	4	20	20	2	0,329	4,132
28	K3	20	6	20	8	2	1,809	22,720
29		20	6	20	10	2	0,905	11,360
30		20	6	20	12	2	0,688	8,635
31		20	6	20	14	2	0,493	6,186
32		20	6	20	16	2	0,346	4,346
33		20	6	20	18	2	0,275	3,448

34		20	6	20	20	2	0,295	3,699
35	K4	20	8	20	10	2	1,797	22,560
36		20	8	20	12	2	0,967	12,140
37		20	8	20	14	2	0,634	7,957
38		20	8	20	16	2	0,450	5,646
39		20	8	20	18	2	0,336	4,214
40		20	8	20	20	2	0,330	4,145
41	K5	20	10	20	12	2	1,796	22,550
42		20	10	20	14	2	0,923	11,590
43		20	10	20	16	2	0,605	7,593
44		20	10	20	18	2	0,438	5,501
45		20	10	20	20	2	0,644	8,089
46	K6	20	12	20	14	2	1,738	21,820
47		20	12	20	16	2	0,868	10,900
48		20	12	20	18	2	0,594	7,454
49		20	12	20	20	2	1,211	15,21
50	K7	20	14	20	16	2	1,673	21,010
51		20	14	20	18	2	0,819	10,29
52		20	14	20	20	2	0,657	8,246
53	K8	20	16	20	18	2	1,522	19,120
54		20	16	20	20	2	0,815	10,240
55	K9	20	18	20	20	2	1,679	21,080



**LAMPIRAN D**

**TABEL DATA HASIL PERHITUNGAN UJI GESER LANGSUNG**

Waktu : 23 Desember 2014  
 Lokasi : Perumahan Istana Tidar Regency  
 Titik Sampel Tanah : 1. Koordinat 8°10'10.5" LS dan 113°43'40.4" BT  
 2. Koordinat 8°10'10.5" LS dan 113°43'40.7" BT  
 3. Koordinat 8°10'10.9" LS dan 113°43'40.5" BT

Tabel D.1 Data Hasil Uji Geser Langsung

1. Titik 1 (Sampel 1)

Waktu	8 kg			16 kg			24 kg		
	P ring	Shear	Konsol	P ring	Shear	Konsol	P ring	Shear	Konsol
15	10	10	15	11	45	18	5	0	0
30	20	145	50	19	85	51	25	10	1
45	18	270	60	24	170	75	40	70	10
60				19	280	91	45	170	25
75							33	290	32
90									
105									
120									
135									

2. Titik 2 (Sampel 2)

Waktu	8 kg			16 kg			24 kg		
	P ring	Shear	Konsol	P ring	Shear	Konsol	P ring	Shear	Konsol
15	1	0	0	1	0	1	3	0	4
30	7	0	5	8	60	2	11	0	5
45	12	60	15	12	115	11	20	70	9
60	14	170	37	14	250	25	24	180	19
75	15	275	50	14	380	37	25	300	28
90	15	390	60				26	400	40
105							28	540	50
120							29	630	60
135							29	730	65

## 3. Titik 3 (Sampel 3)

Waktu	8 kg			16 kg			24 kg		
	P ring	Shear	Konsol	P ring	Shear	Konsol	P ring	Shear	Konsol
15	2	0	1	5	0	0	0	0	0
30	4	0	8	15	55	15	8	0	2
45	13	20	2	23	135	40	24	74	7
60	20	90	30	24	220	55	35	120	10
75	22	190	62	20	330	65	41	180	15
90	21	300	100				39	275	30
105									
120									
135									

Tabel D.2 Data Berat Cincin dan Berat Cincin+tanah

## 1. Titik 1 (Sampel 1)

Berat cincin (gram)	57,94	57,94	57,94
Berat cincin + tanah (gram)	165,52	164,73	164,67

## 2. Titik 2 (Sampel 2)

Berat cincin (gram)	57,94	57,94	57,94
Berat cincin + tanah (gram)	157,86	157,23	155,19

## 3. Titik 3 (Sampel 3)

Berat cincin (gram)	57,94	57,94	57,94
Berat cincin + tanah (gram)	157,84	155,54	154,02

Diameter cincin (d)= 6,38 cm

Tinggi cincin (t)= 2,02 cm

Luas penampang (A)=  $\frac{1}{4} \pi d^2$

Kalibrasi alat= 0,5163

Tabel D.3 Analisis Tegangan Normal

## 1. Titik 1 (Sampel 1)

No Sampel	Beban Normal (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (kN/m <sup>2</sup> )
1	8	31,953	0,25	24,517
2	16	31,953	0,458	44,914
3	24	31,953	0,751	73,648

## 2. Titik 2 (Sampel 2)

No Sampel	Beban Normal (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (kN/m <sup>2</sup> )
4	8	31,953	0,25	24,517
5	16	31,953	0,458	44,914
6	24	31,953	0,751	73,648

## 3. Titik 3 (Sampel 3)

No Sampel	Beban Normal (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Normal (kN/m <sup>2</sup> )
7	8	31,953	0,25	24,517
8	16	31,953	0,458	44,914
9	24	31,953	0,751	73,648

Tabel D.4 Analisis Tegangan Geser

## 1. Titik 1 (Sampel 1)

No Sampel	Pembacaan Arloji Tertinggi	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kalibrasi Alat	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Geser (kN/m <sup>2</sup> )
1	20	31,953	0,5163	0,323	31,675
2	24	31,953	0,5163	0,388	38,050
3	45	31,953	0,5163	0,727	71,294

## 2. Titik 2 (Sampel 2)

No Sampel	Pembacaan Arloji Tertinggi	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kalibrasi Alat	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Geser (kN/m <sup>2</sup> )
4	15	31,953	0,5163	0,242	23,732
5	14	31,953	0,5163	0,226	22,163
6	25	31,953	0,5163	0,468	45,895

## 3. Titik 3 (Sampel 3)

No Sampel	Pembacaan Arloji Tertinggi	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kalibrasi Alat	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Geser (kN/m <sup>2</sup> )
7	22	31,953	0,5163	0,355	33,244
8	24	31,953	0,5163	0,388	38,148
9	41	31,953	0,5163	0,662	64,920

Tabel D.5 Tegangan Normal dan Tegangan Geser

## 1. Titik 1 (Sampel 1)

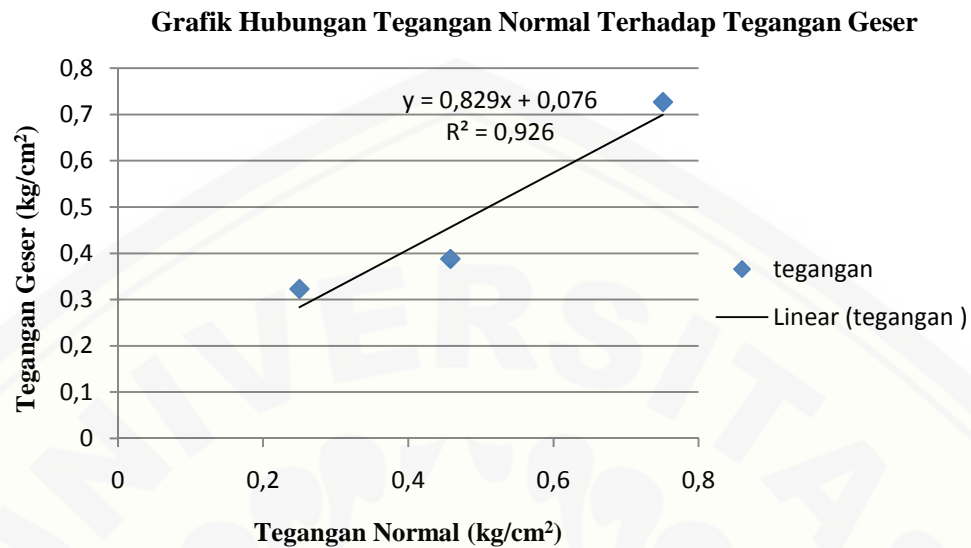
No Sampel	kg/cm <sup>2</sup>	g/cm <sup>2</sup>
1	0,25	0,323
2	0,458	0,388
3	0,751	0,727

## 2. Titik 2 (Sampel 2)

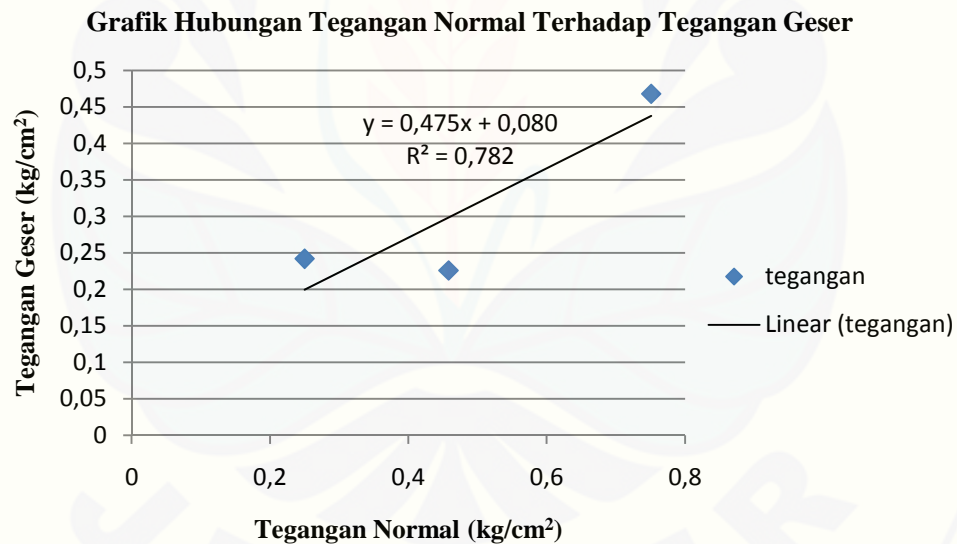
No Sampel	kg/cm <sup>2</sup>	g/cm <sup>2</sup>
4	0,25	0,242
5	0,458	0,226
6	0,751	0,468

## 3. Titik 3 (Sampel 3)

No Sampel	kg/cm <sup>2</sup>	g/cm <sup>2</sup>
7	0,25	0,355
8	0,458	0,388
9	0,751	0,662

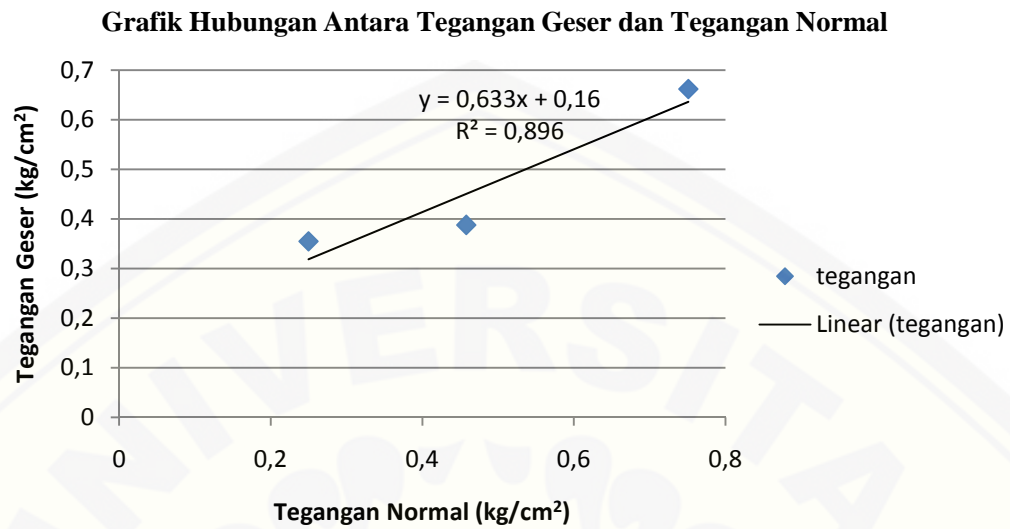


Gambar D.1 Grafik hubungan tegangan normal terhadap tegangan geser pada titik 1



Gambar D.2 Grafik hubungan tegangan normal terhadap tegangan geser pada titik 2





Gambar D.3 Grafik hubungan tegangan normal terhadap tegangan geser pada titik 3

**LAMPIRAN E**  
**GAMBAR PENGAMBILAN DATA GEOLISTRIK**



Gambar E.1 Pembuatan lintasan pengambilan data



Gambar E.2 Pembuatan lintasan pengambilan data





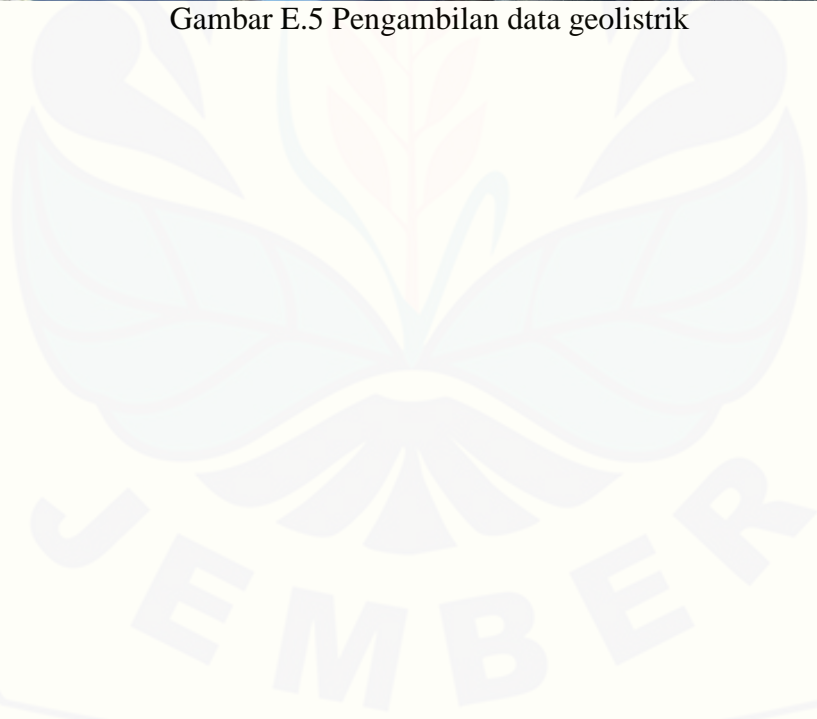
Gambar E.3 Penancapan elektroda



Gambar E.4 Persiapan alat geolistrik



Gambar E.5 Pengambilan data geolistrik





**LAMPIRAN F**  
**GAMBAR PENGAMBILAN SAMPEL TANAH**



Gambar F.1 Pengambilan sampel tanah



Gambar F.2 Pengambilan sampel tanah





Gambar F.3 Pengangkatan tabung sampel tanah



Gambar F.4 Tabung sampel tanah yang akan diuji di laboratorium

**LAMPIRAN G**  
**GAMBAR PENGAMBILAN DATA UJI GESER LANGSUNG**



Gambar G.1 Sampel tanah dikeluarkan dari tabung sampel





Gambar G.2 Pencetakan sampel tanah



Gambar G.3 Sampel tanah dikeluarkan dari ring



Gambar G.4 Sampel tanah yang siap untuk diuji



Gambar G.5 Pengujian sampel tanah