



**PENGUKURAN SIFAT FISIS TANAH DI LAHAN PERKEBUNAN TEBU
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DAN TEKNIK MEKANIKA
TANAH**

SKRIPSI

Oleh :

**Master Gipson Tarigan
NIM 121810201072**

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2017



**PENGUKURAN SIFAT FISIS TANAH DI LAHAN PERKEBUNAN TEBU
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DAN TEKNIK MEKANIKA
TANAH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S-1)
dan untuk mencapai gelar Sarjan Sains (S. Si)

Oleh

**Master Gipson Tarigan
NIM 121810201072**

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Tommy Tarigan dan Ibu Nampati Sembiring, saya ucapkan terima kasih atas segala doa, kasih sayang dan semangat yang diberikan kepada saya sehingga saya mampu tumbuh dan mampu menghargai kehidupan;
2. Seluruh saudara kandung Yetty Triana Tarigan, Lady Serra Tarigan, Eva Karina Tarigan, dan Yose Marigo Tarigan yang tak pernah lelah memberi dukungan baik dalam bentuk materi maupun nonmateri kepada saya selama duduk di bangku pendidikan;
3. Guru dan pengajar sejak sekolah dasar sampai perguruan tinggi;
4. Organisasi Pencinta Alam Mahasiswa MIPA (PALAPA), yang telah memberikan bekal untuk siap bermasyarakat;
5. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

"Rahmat sering datang kepada kita dalam bentuk kesakitan, kehilangan dan kekecewaan; tetapi kalau kita sabar, kita segera akan melihat bentuk aslinya."

(Terjemahan Joseph Addison)^{*)}



^{*)} 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 : Master Gipson Tarigan

NIM : 121810201072

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: *“Pengukuran Sifat Fisis Tanah di Lahan Perkebunan Tebu Menggunakan Metode Geolistrik dan Teknik Mekanika Tanah”* adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, 15 Agustus 2017

Yang Menyatakan,

Master Gipson Tarigan
NIM 121810201072

SKRIPSI

**PENGUKURAN SIFAT FISIS TANAH DI LAHAN PERKEBUNAN TEBU
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DAN TEKNIK MEKANIKA
TANAH**

Oleh

Master Gipson Tarigan
NIM 121810201072

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Agus Suprianto, S.Si., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Misto, M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengukuran Sifat Fisis Tanah di Lahan Perkebunan Tebu Menggunakan Metode Geolistrik dan Teknik Mekanika Tanah”, telah diuji dan disahkan secara akademis pada :

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua ,

Anggota I

Agus Suprianto S.Si., M.T.
NIP 197003221997021001

Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031000

Anggota II

Anggota III

Supriyadi, S.Si, M.Si.
NIP 198204242006041003

Agung Tjahjo Nugroho S.Si., M.Phil,Ph.D.
NIP 196812191994021001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Pengukuran Sifat Fisis Tanah di Lahan Perkebunan Tebu Menggunakan Metode Geolistrik dan Teknik Mekanika Tanah; Master Gipson tarigan, 121810201072; 2017; 41 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Telah dilakukan penelitian menggunakan metode geolistrik dan teknik mekanika tanah dengan tujuan untuk menentukan sifat fisis tanah yang berkaitan dengan kelistrikan dan sifat mekanika tanahnya. Metode yang digunakan adalah geolistrik dengan konfigurasi *pole-pole* dan teknik mekanika tanah menggunakan *sand cone* dengan cara menginjeksikan arus listrik kedalam tanah dengan menggunakan empat buah elektroda yang sudah terhubung dengan serangkaian alat resistivimeter, dengan rincian dua buah elektroda arus digunakan untuk menginjeksi arus listrik kedalam permukaan bumi dan dua buah elektroda potensial digunakan untuk mengukur beda potensial yang dihasilkan. Data mekanika tanah diperoleh dari teknik mekanika tanah dengan menggunakan *sand cone* yaitu pengambilan sampel tanah di empat titik yang telah ditentukan dan pada lokasi yang sama pula dilakukan uji kepadatan lapangan, kemudian uji kadar air dilakukan di laboratorium dengan menggunakan sampel tanah sebagai objeknya.

Data yang telah diambil melalui konfigurasi *pole-pole* ini selanjutnya akan diinversi menggunakan *software Res3Dinv* untuk menampilkan citra distribusi resistivitas dalam penampang horizontal dan vertikal. Hasil penelitian ini secara umum menunjukkan nilai resistivitas tanah lahan perkebunan tebu berkisar antara $0,42 \Omega\text{m}$ sampai $263\Omega\text{m}$ sedangkan untuk hasil uji kepadatan dan kadar air dari metode *sandcone* didapat hasil sebesar 18,36% , 16,68%, 17,43%, dan 18,82% untuk masing-masing titik berurutan dan besar kepadatan sebesar 1,04%, 1,15%, 1,05%, 1%.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Hikmat dan Didikan-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Skripsi berjudul “*Pengukuran Sifat Fisis Tanah di Lahan Perkebunan Tebu Menggunakan Metode Geolistrik dan Teknik Mekanika Tanah*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan sepuh hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Agus Suprianto, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan dan dukungan sehingga terselesaikannya kajian penelitian dalam skripsi ini;
2. Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si., selaku pembimbing sekaligus orang tua yang selalu memberikan nasihat dan motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
3. Supriyadi, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Agung Tjahjo Nugroho, S.Si, M.Phill, Ph.D., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan demi sempurnanya skripsi ini;
4. Seluruh personal yang membantu dalam proses selesainya skripsi ini, Langgeng, Agung dan rekan-rekan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak. Penulis juga membuka kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan pengembangan inovasi teknologi.

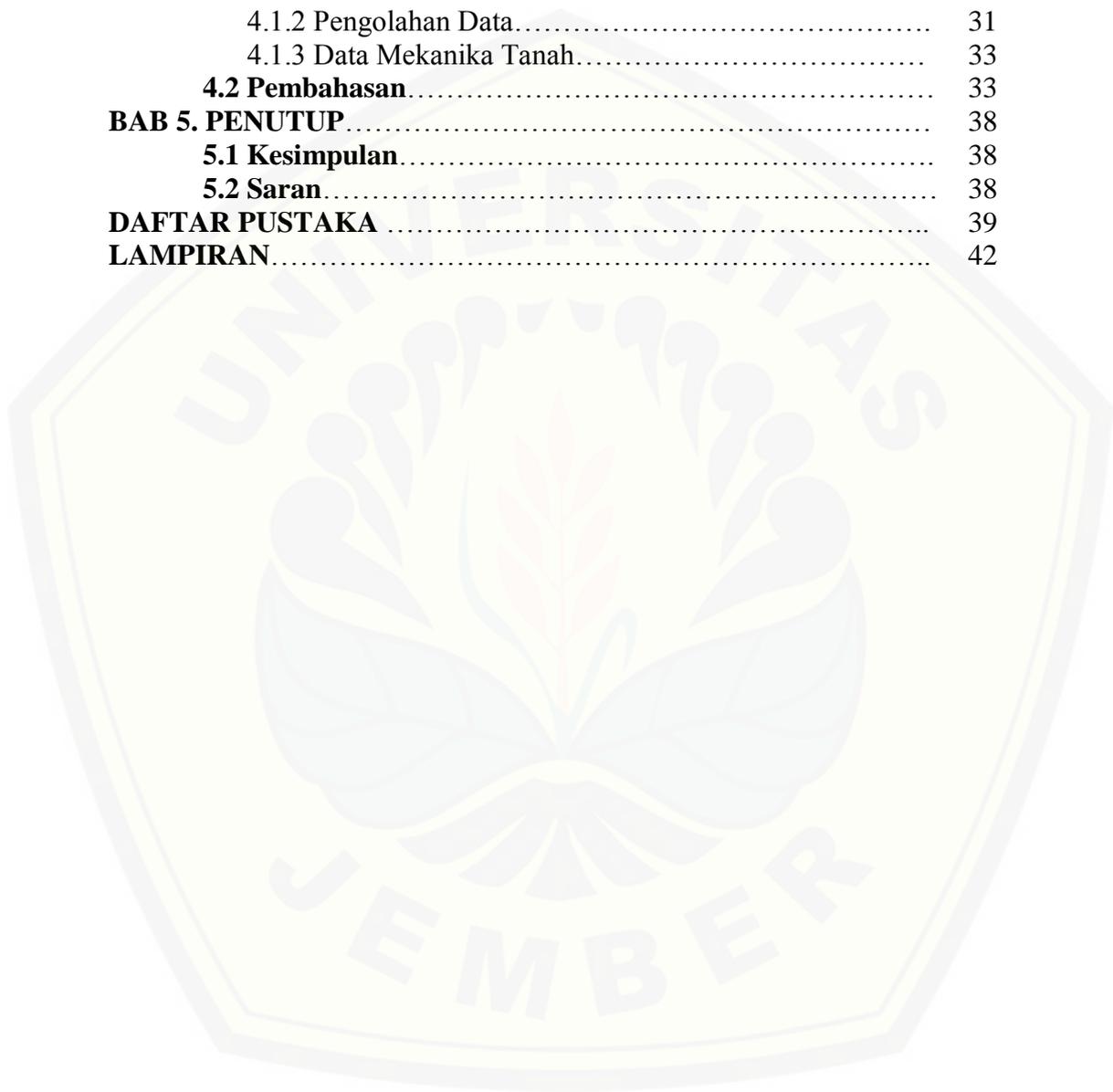
Jember, 15 Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
BAB 2. DASAR TEORI	6
2.1 Geologi Kabupaten Jember	6
2.1.1 Luas Wilayah.....	6
2.1.2 Faktor Geologi.....	7
2.2 Spesifikasi Tebu	7
2.3 Struktur Tanah	8
2.4 Geofisika	9
2.5 Metode Geolistrik Resistivitas	10
2.5.1 Titik Arus Tunggal di Permukaan.....	12
2.5.2 Dua Titik Arus di Permukaan.....	13
2.5.3 Resistivitas Semu (<i>Apparent Resistivity</i>).....	15
2.6 Software Res3DInv	16
2.7 Survei Resistivitas 3D	17
2.8 Konfigurasi Pole-pole	19
2.9 Mekanika Tanah	19
2.9.1 Kepadatan Tanah	20
2.9.2 Kesamaan Tanah	21
2.9.3 Kelembaban Tanah	22
2.9.4 Komposisi Mineral	22
2.9.5 Kadar Air	22
BAB 3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat	24
3.2 Alat-alat Penelitian	24
3.3 Diagram Penelitian	25
3.4 Prosedur Penelitian	26

3.4.1 Penelitian Geolistrik Konfigurasi <i>Pole-pole</i>	26
3.4.2 Penelitian Mekanika Tanah	27
3.5 Analisis Data	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Data	31
4.1.1 Data Geolistrik	31
4.1.2 Pengolahan Data	31
4.1.3 Data Mekanika Tanah	33
4.2 Pembahasan	33
BAB 5. PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42

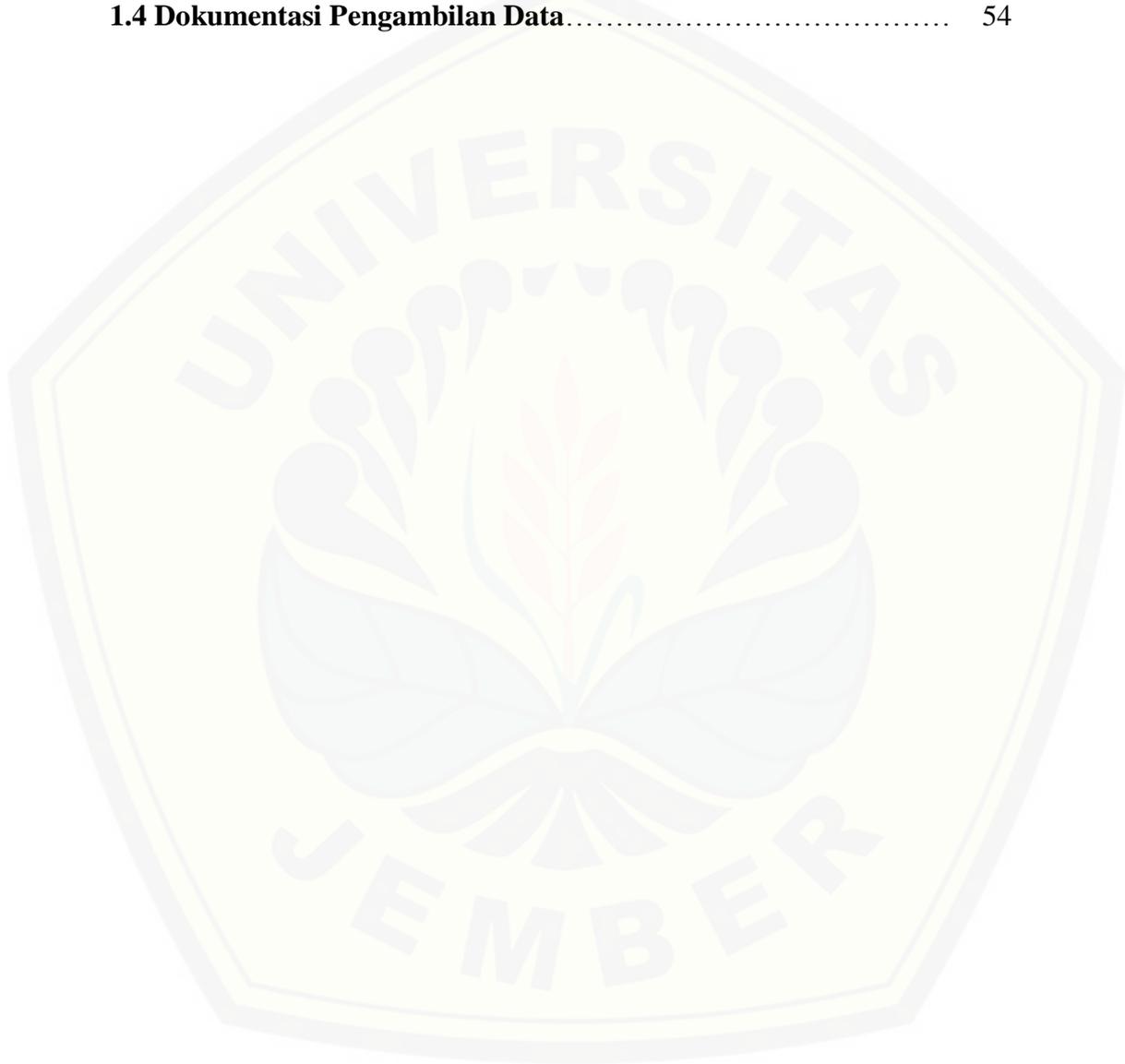


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sumber arus berupa titik pada permukaan bumi homogen	13
2.2 Dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas ρ	14
2.3 Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan	15
2.4 Teknik pengambilan data resistivitas 3D	17
2.5 Konfigurasi <i>pole-pole</i>	18
2.6 Model blok 3D	19
3.1 Peta lokasi penelitian	24
3.2 Diagram alur penelitian	26
3.3 Contoh distribusi nilai tahanan jenis dari hasil pengolahan data metode 3D untuk irisan vertikal	30
4.1 Hasil inversi <i>software Res3Dinv</i> citra bawah permukaan dalam bentuk kubus (3D) dilihat dari berbagai sisi.....	32
4.2 Diagram data mekanika tanah.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1.1 Pengolahan Data Resistivitas Konfigurasi <i>Pole-pole</i>.....	42
1.2 Pengukuran Teknik Mekanika Tanah.....	47
1.3 Gambar Alat – Alat yang Digunakan.....	50
1.4 Dokumentasi Pengambilan Data.....	54



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman tebu adalah tanaman rumput-rumputan (*graminae*) yang merupakan tanaman perkebunan semusim dengan sifat tersendiri karena dalam batangnya terdapat zat gula. Nama Latin tanaman tebu adalah *Saccharum officinarum* L. Tingginya antara 2 sampai 5 meter tergantung pada jenis tebu, perawatan, dan juga pengaruh iklim. Akar tanaman tebu merupakan akar serabut yang menandakan bahwa tebu tergolong tanaman *monocotyledone*. Daun tebu adalah daun tidak lengkap karena terdiri dari helai daun dan pelepah daun saja (Hutabarat, dkk. 2001).

Salah satu komponen abiotik pada permukaan bumi yang sangat penting bagi makhluk hidup adalah tanah. Tanah menjadi sangat penting karena kandungan unsur haranya seperti mineral, bahan organik, air, dan udara yang merupakan bagian penting bagi tumbuhan untuk proses fotosintesis. Tanah memiliki komposisi berupa partikel-partikel yang memiliki kandungan-kandungan tertentu. Kandungan-kandungan ini yang akan menjadi pembeda antara tanah dari suatu wilayah dengan wilayah yang lainnya. Menurut Purwono (2003), perbandingan partikel-partikel tanah disebut dengan tekstur tanah. Tekstur tanah dapat dijadikan sebagai acuan untuk mempermudah mempelajari dan menganalisa tanah.

Penilaian terhadap sifat fisis tanah salah satunya dapat digunakan teknik mekanika tanah. Teknik mekanika tanah menyajikan beberapa metode pengamatan terhadap tanah yang dapat dikaitkan dengan potensi produktivitas lahan. Penilaian yang dilakukan dalam menentukan kandungan-kandungan dalam tanah yang cocok sebagai media tanam yang baik. Beberapa penilaian tersebut meliputi kadar air dan kepadatan tanah. Metode lainnya yang mampu menunjukkan sifat – sifat tanah yaitu melalui metode pengukuran langsung dengan alat *soil measurement*. (Salisbury, 1995).

Kadar air merupakan salah satu potensi yang dapat menandakan kesuburan suatu lahan. Sebagai komponen utama menopang kehidupan, air menjadi rujukan

utama dalam proses kehidupan makhluk hidup. Kadar air dalam tanah dapat diketahui melalui penelitian laboratorium dan pengamatan langsung di lokasi penelitian. Penurunan kadar air dalam tanah mampu mengubah pola produktivitas lahan yang semakin lama akan membuat tidak berkembang (Kartasapoetra, 1985).

Faktor lain yang dapat diukur melalui teknik mekanika tanah adalah kepadatan tanah. Menurut Stone dan Ekwue (1993), tanah dikatakan mengalami pemadatan secara agronomis ketika porositasnya, terutama pori-pori yang berisi udara begitu sedikit sehingga menghambat drainase dan penetrasi akar. Pemadatan tanah adalah hal yang tidak diinginkan dalam pertanian karena dapat mengurangi aerasi tanah, mengurangi kadar air dalam tanah, dan menghambat pertumbuhan akar tanaman. Akibat terjadinya pemadatan tanah dapat mengurangi hasil panen hingga 50%.

Metode lain yang mampu memberikan informasi keadaan bawah permukaan tanah suatu lahan adalah geofisika. Geofisika adalah suatu ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi berdasarkan sifat-sifat fisis tanah atau batuan penyusunnya. Berdasarkan dari asumsi bahwa setiap material termasuk batuan dan mineral yang mempunyai harga tahanan jenis atau resistivitas listrik yang spesifik. Sebaran material diketahui dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas, sebaran material tersebut secara tepat dapat terdeteksi berdasarkan perbedaan nilai resistivitasnya (Hendrajaya, 1990).

Menurut Conrathers (2002), geolistrik merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (arus searah) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Penggunaan geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi. Sifat konduktivitas batuan berpori dihasilkan oleh sifat konduktivitas dari fluida yang mengisi pori, interkoneksi ruang pori, dan sifat konduktivitas dari interfase butiran dan fluida pori. Berdasarkan pada harga resistivitas listriknya, suatu struktur bawah permukaan bumi dapat diketahui material penyusunnya.

Metode geolistrik cukup sederhana, murah, dan sangat rentan terhadap gangguan sehingga cocok digunakan dalam eksplorasi dangkal.

Telford (1990), dalam buku *Applied Geophysics* mengatakan bahwa konduksi elektronik terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik yang dialirkan dalam batuan atau mineral dibawa oleh elektron-elektron bebas itu. Konduksi secara elektrolitik terjadi jika batuan atau mineral bersifat porus dan pori-pori tersebut terisi cairan-cairan elektrolitik. Kondisi ini menunjukkan ion-ion elektrolitik membawa arus listrik, sedangkan konduksi dielektrik terjadi jika batuan atau mineral dielektrik terhadap aliran arus listrik yaitu terjadi polarisasi saat bahan dialiri listrik.

Menurut Dahlin (2006), metode geolistrik sendiri memiliki beberapa konfigurasi, yang mana terdapat kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Beberapa konfigurasi elektroda yang umum digunakan adalah Schlumberger, Wenner, *Dipole-dipole*, *pole-pole*, dan *Gradient Array*. Konfigurasi-konfigurasi tersebut merupakan konfigurasi dasar yang dijadikan acuan untuk pengembangan konfigurasi lain.

Penelitian dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 3D jarang digunakan karena survei ini membutuhkan waktu yang lama dan mempunyai tingkat kesulitan yang lebih tinggi dalam proses akuisisi dibandingkan dengan survey resistivitas secara 2D. Namun secara teknik metode 3D akan menghasilkan citra yang lebih resolatif dibanding dengan 2D karena teknik akuisisi datanya lebih rapat sehingga jumlah data yang diperoleh akan lebih banyak. Penggambaran distribusi resistivitas 3D mampu menampilkan citra penyebaran resistivitas secara vertikal dan horisontal. Data hasil penelitian berupa data resistivitas, kemudian dikalikan dengan faktor geometri konfigurasi *pole-pole* sehingga diperoleh data berupa resistivitas bawah permukaan. Setelah diperoleh data resistivitas selanjutnya dilakukan inversi dengan menggunakan *software Res3Dinv* yang menghasilkan citra distribusi resistivitas dalam penampang horizontal dan vertikal. Konfigurasi ini bertujuan mencatat nilai beda potensial dengan menggunakan pasangan elektroda detektor (potensial) yang berjarak relatif dekat dibanding dengan jarak elektroda arus (Loke, 1995).

Penelitian yang menggunakan konfigurasi *pole-pole* sudah banyak digunakan dan dipublikasikan. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi ini mampu memberikan hasil yang cukup signifikan, disamping prosesnya yang tidak memakan waktu lama. Penelitian yang menggunakan konfigurasi *pole-pole* yaitu sebagai berikut, survei *cross diagonal* konfigurasi *pole-pole* untuk analisis penyebaran limbah cair pada media padat (Haerudin, 2007), pola distribusi resistivitas bawah permukaan situs megalitikum dengan metode geolistrik 3D di Kecamatan Grujugan Kabupaten Bondowoso (Karisma, 2013), aplikasi metode geolistrik konfigurasi *pole-pole* untuk menentukan sebaran dan kedalaman batuan sedimen di Desa Wonosari Kecamatan Ngaliyan Semarang (Supriadi, 2012), analisis deposit mineral mangan (Mn) di Desa Pucung Kecamatan Eromoko Kabupaten Wonogiri (Wirayuda, 2013).

Metode geolistrik yang berkenaan dengan pertanian sudah pernah dilakukan sebelumnya, namun dengan menggunakan konfigurasi yang berbeda. Penelitian ini menggunakan konfigurasi *pole-pole* dengan menunjukkan hasil pemetaan bawah permukaan dalam bentuk 3D berupa tampilan resistivitas bawah permukaan lahan perkebunan yang berasosiasi dengan teknik mekanika tanah untuk mengetahui indikasi kesuburan tanaman tebu. Mengacu pada penelitian yang sudah pernah dilakukan, konfigurasi *pole-pole* mampu menampilkan kajian data horizontal yang lebih baik. Kekurangan dari konfigurasi ini adalah memerlukan kabel yang cukup panjang elektroda arus dan elektroda potensial yang diletakkan pada titik tak hingga.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana citra distribusi resistivitas bawah permukaan lahan tebu yang mampu menjadi indikator kesuburan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *pole-pole* dalam bentuk tiga dimensi (3D)?
2. Bagaimana hasil uji tanah melalui teknik mekanika tanah?

3. Bagaimana hubungan hasil citra resistivitas konfigurasi *pole-pole* tiga dimensi (3D) dan hasil teknik mekanika tanah?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini berdasarkan hasil survei lapangan adalah:

1. Metode geolistrik menggunakan konfigurasi *pole-pole*.
2. Lokasi pengambilan data di Desa Molokorejo, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember.
3. Pengambilan data di lapangan dilakukan pada musim kemarau.
4. Pengambilan sampel mekanika tanah ditentukan di empat titik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Mengetahui citra distribusi nilai resistivitas bawah permukaan lahan tebu yang mampu menjadi indikator kesuburan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *pole-pole* dalam bentuk tiga dimensi (3D).
2. Mengetahui hasil uji tanah dengan menggunakan teknik mekanika tanah.
3. Mengetahui hubungan dari hasil citra resistivitas konfigurasi *pole-pole* tiga dimensi (3D) dan hasil teknik mekanika tanah.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai penyebaran komponen pendukung kesuburan tanah lahan perkebunan tebu di Desa Mlokorejo Kecamatan Puger Kabupaten Jember yang terdapat di bawah permukaan tanah. Selain itu, dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberikan kontribusi kepada pengelola lahan perkebunan tebu sebagai tolak ukur dalam peningkatan kuantitas dan kualitas produksi tebu melalui data yang diperoleh, serta sebagai nilai tambah untuk penggunaan metode geolistrik konfigurasi *pole-pole* yang berasosiasi dengan teknik mekanika tanah pada bidang geofisika di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.

BAB 2. DASAR TEORI

2.1 Geologi Kabupaten Jember

Kabupaten Jember merupakan daerah di Provinsi Jawa Timur yang berada di wilayah geografis 6°27'29" s/d 7°14'35" BT dan 7°59'6" s/d 8°33'56" LS. Keunikan dari Kabupaten Jember adalah wilayahnya yang dikelilingi pegunungan api. Bagian selatan Kabupaten Jember berbatasan langsung dengan Samudera Indonesia. Bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Bondowoso dan dibentengi oleh jajaran Pegunungan Hyang, bagian barat berbatasan dengan Kabupaten Lumajang dimana terdapat Gunung Lemongan, di bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Banyuwangi dan Gunung Raung (Pemkab Jember, 2016).

2.1.1 Luas Wilayah

Luas wilayah Kabupaten Jember adalah 3.293,34 km^2 atau 329.333,94 ha. Aspek topografi menunjukkan sebagian Kabupaten Jember di wilayah bagian selatan merupakan dataran rendah yang relatif subur untuk pengembangan tanaman pangan, sedangkan di bagian utara merupakan daerah perbukitan dan pegunungan yang relatif mendukung untuk pengembangan tanaman keras dan tanaman perkebunan. Dari luas wilayah tersebut dapat dibagi menjadi berbagai kawasan :

Hutan	: 121.039,61 ha
Perkampungan	: 31.877,00 ha
Sawah	: 86.568,18 ha
Tegal	: 43.522,84 ha
Perkebunan	: 34.590,46 ha
Tambak	: 368,66 ha
Rawa	: 35,62 ha
Semak atau padang rumput	: 289,06 ha
Tanah tandus	: 1.469,26 ha
Lain-lain	: 9.583,26 ha

(Sumber: Pemkab Jember, 2016)

2.1.2 Faktor Geologi

Kajian geologi menyatakan bahwa Kabupaten Jember memiliki variasi potensi dalam bidang pertanian. Hal inilah yang berdampak pula terhadap pertanian di Kabupaten Jember. Kabupaten Jember memiliki variasi jenis tanah dan batuan seperti batuan kapur (*Chalky Limistone*), batu piring (*Lava Andesit*), sirtu (pasir), dan pasir besi (Pemkab Jember, 2016).

Bedasarkan penelitian Saputra (2007), tanah di beberapa wilayah Kabupaten Jember melalui karakteristik warna dan sifat fisiknya memiliki perberdaan antara tanah pada dataran tinggi dan dataran rendah. Wilayah utara memiliki warna merah kecoklatan dan lengket. Tanah ini mengandung lempung berpasir dengan elastisitas tinggi. Wilayah selatan cenderung lebih subur karena kandungan organik yang tinggi, pori-pori besar dan elastisitas rendah. Hal ini secara tidak langsung menyatakan bahwa tanah di wilayah Kabupaten Jember terbentuk karena banyak pengaruh eksternal seperti aktivitas vulkanik, erosi angin, dan aktivitas aliran air yang membawa materi organik dari dataran tinggi ke dataran rendah.

2.2 Spesifikasi Tebu

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) tergolong dalam famili *Graminae* yaitu rumput-rumputan. *Saccharum officinarum* merupakan spesies paling penting dalam genus *Saccharum* sebab kandungan sukrosanya paling tinggi dan kandungan seratnya paling rendah (Wijayanti, 2008). Di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut Tebu atau Rosan. Sistematika tanaman tebu adalah:

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledone</i>
Ordo	: <i>Graminales</i>
Famili	: <i>Graminae</i>
Genus	: <i>Saccharum</i>
Species	: <i>Saccharum sp.</i>

Tanaman tebu tumbuh di daerah tropika dan sub tropika sampai batas garis *isotherm* 20°C yaitu antara 19°LU-35°LS. Kondisi tanah yang baik bagi tanaman tebu adalah tidak terlalu kering dan tidak terlalu basah, cukup air tetapi tidak tergenang selain itu akar tanaman tebu sangat sensitif terhadap kekurangan udara dalam tanah sehingga pengairan dan drainase harus sangat diperhatikan. Drainase yang baik dengan kedalaman sekitar 1 meter memberikan peluang akar tanaman menyerap air dan unsur hara pada lapisan yang lebih dalam sehingga pertumbuhan tanaman pada musim kemarau tidak terganggu. Dilihat dari jenis tanah, tanaman tebu dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah seperti alluvial, grumosol, latosol dan regosol dengan ketinggian antara 0 - 1400 m diatas permukaan laut. Akan tetapi lahan yang paling sesuai adalah kurang dari 500 m diatas permukaan laut. Sedangkan pada ketinggian >1200 m diatas permukaan laut pertumbuhan relatif lambat (Indrawanto, 2010).

Menurut data statiska dari Ditjenbun (2015), perkebunan tebu di Provinsi Jawa Timur merupakan yang terluas di Indonesia dan sebagai pemasok hasil panen terbesar sepanjang tahun. Luas area perkebunan tebu di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2015 adalah 218.250 ha dengan hasil produksi 1.327.500 ton. Hal ini menjadikan tebu sebagai salah satu komoditas utama bidang pertanian di Jawa Timur.

2.3 Struktur Tanah

Struktur tanah merupakan suatu sifat fisik yang penting karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta tidak langsung berupa perbaikan peredaran air, udara dan panas, aktivitas jasad hidup tanah, tersedianya unsur hara bagi tanaman, perombakan bahan organik, dan mudah tidaknya akar dapat menembus tanah lebih dalam. Tanah yang berstruktur baik akan membantu berfungsinya faktor-faktor pertumbuhan tanaman secara optimal, sedangkan tanah yang berstruktur jelek akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Struktur tanah dikatakan baik apabila di dalamnya terdapat penyebaran ruang pori-pori yang baik (Sarief,1986).

Salah satu faktor yang digunakan dalam menentukan karakteristik tanah adalah berdasarkan warna. Warna tidak mempunyai efek langsung terhadap tanaman tetapi secara tidak langsung berpengaruh terhadap temperatur dan kelembaban tanah. Warna dapat meliputi putih, merah, coklat, kelabu, kuning dan hitam, terkadang terdapat pula kebiruan atau kehijauan. Kebanyakan tanah mempunyai warna yang tidak murni, tetapi campuran kelabu, coklat, dan bercak, kerap kali 2-3 warna terjadi dalam bentuk spot-spot, disebut karatan (Tan, 1995).

Unsur hara tanaman adalah unsur yang diserap oleh tumbuhan. Menurut Hanafiah (2004), unsur kimiawi yang dianggap esensial sebagai unsur hara tanaman adalah memenuhi tiga kriteria sebagai berikut:

- a. Unsur ini harus terlibat langsung dalam penyediaan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.
- b. Unsur ini tersedia agar tanaman dapat melengkapi siklus hidupnya.
- c. Tanaman mengalami defisiensi hanya dapat diperbaiki dengan unsur tersebut.

2.4 Geofisika

Geofisika adalah bagian dari ilmu bumi yang mempelajari bumi menggunakan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Di dalamnya termasuk juga meteorologi, elektrisitas atmosferis dan fisika ionosfer. Penelitian geofisika untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi melibatkan pengukuran di atas permukaan bumi dari parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di dalam bumi. Dari pengukuran ini dapat ditafsirkan bagaimana sifat-sifat dan kondisi di bawah permukaan bumi baik itu secara vertikal maupun horisontal. Berdasarkan skala yang berbeda, metode geofisika dapat diterapkan secara global yaitu untuk menentukan struktur bumi, secara lokal yaitu untuk eksplorasi mineral dan pertambangan termasuk minyak bumi dan dalam skala kecil yaitu untuk aplikasi geoteknik dan pertanian (Hendrajaya, 1990).

Metode geofisika berdasarkan kategorinya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode pasif dan metode aktif. Pengukuran medan alami yang dipancarkan bumi disebut metode pasif, sedangkan metode aktif dilakukan dengan membuat medan gangguan kemudian mengukur respons yang dilakukan oleh bumi. Medan

alami yang dimaksud disini misalnya radiasi gelombang gempa bumi, medan gravitasi bumi, medan magnetik bumi, medan listrik dan elektromagnetik bumi serta radiasi radioaktivitas bumi. Medan buatan dapat berupa ledakan dinamit, pemberian arus listrik ke dalam tanah, pengiriman sinyal radar dan lain sebagainya (Hendrajaya, 1990).

2.5 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode yang paling umum digunakan dalam eksplorasi geolistrik adalah metode geolistrik resistivitas. Metode ini digunakan untuk memberikan citra bawah permukaan tanah dengan mempelajari resistivitas listrik dari lapisan batuan di dalam bumi, dimana bumi tersusun atas batuan yang memiliki kemampuan *resistive* terhadap daya hantar listrik yang berbeda-beda. Arus listrik yang dialirkan ke dalam lapisan bumi melalui dua buah elektroda potensial. Dengan diketahuinya harga arus potensialnya maka bisa ditentukan nilai resistivitasnya. Menurut Loke (1995), data yang diperoleh di lapangan merupakan data nilai resistivitas bawah permukaan. Berdasarkan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan *inversi* sehingga diperoleh variasi resistivitas dari suatu sistem pelapisan tanah yang berasosiasi dengan struktur geologi di bawah permukaan (Santoso, 2002). Berdasarkan nilai resistivitas struktur lapisan bawah permukaan bumi, dapat diketahui jenis material pada lapisan tersebut (Telford *et al.*, 1990). Metode geolistrik juga dapat digunakan pada penyelidikan hidrogeologi seperti penentuan akuifer dan adanya kontaminasi, penyelidikan mineral, survey arkeologi dan deteksi *hotrocks* pada penyelidikan panas bumi (Reynold, 1997).

Teknik pengukuran geolistrik diketahui menjadi dua jenis yaitu, metode geolistrik resistivitas *mapping* dan *sounding*. Metode geolistrik resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horizontal. Oleh karena itu, pada metode ini digunakan jarak spasi elektroda yang tetap untuk semua titik *sounding* di permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas *sounding* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal.

Pengukuran pada suatu titik *sounding* dilakukan dengan cara mengubah-ubah jarak elektroda. Perubahan jarak elektroda dilakukan dari jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Semakin besar jarak elektroda, semakin dalam lapisan batuan yang terdeteksi. Sesuai prosedur pengukuran di lapangan, pembesaran jarak elektroda dapat dilakukan jika menggunakan alat geolistrik yang memadai. Alat tersebut harus dapat menghasilkan arus yang besar atau arus yang cukup sensitif dalam mendeteksi beda potensial yang kecil di dalam bumi. Oleh karena itu, alat geolistrik yang baik adalah alat yang dapat menghasilkan arus listrik cukup besar dan mempunyai sensitifitas tinggi (Reynolds, 1997).

Beberapa macam konfigurasi elektroda yang sering digunakan, diantaranya: konfigurasi *Schlumberger*, konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, konfigurasi *Dipole-dipole*, konfigurasi *Pole-pole*, *Rectangle Line Source*, dan lain-lain (Loke, 1995). Secara umum, metode geofisika digunakan untuk mengetahui perubahan resistivitas lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (arus searah) yang dialirkan ke bawah permukaan tanah melalui kontak dua elektroda arus, kemudian distribusi potensial yang dihasilkan diukur melalui dua elektroda potensial. Setelah besar arus dan besar potensial yang dihasilkan terukur, maka resistivitas bawah permukaan dapat dihitung. Struktur bawah permukaan dapat diketahui lebih dalam dengan menggunakan jarak masing-masing elektroda arus dan elektroda potensial yang ditambah secara bertahap. Semakin besar jarak elektroda maka efek penembusan arus ke bawah semakin dalam. Hubungan antara rapat arus dan intensitas medan listrik dengan Hukum Ohm adalah sebagai berikut:

$$J = \sigma \cdot E \quad (2.1)$$

dimana, $J = \frac{I}{A}$ = Rapat arus

σ = Konduktivitas medium listrik (tanah)

$E = \frac{V}{L}$ = Intensitas medan listrik (dalam tanah)

berdasarkan persamaan di atas diperoleh suatu persamaan umum untuk menentukan resistivitas suatu medium homogen, yaitu:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = R \frac{A}{L} \quad (2.2)$$

dimana ρ = Resistivitas material (Ωm)

L = Panjang (m)

R = Tahanan yang diukur (Ω)

A = Luas penampang (m^2)

karena $R = \frac{\Delta V}{I}$, maka diperoleh persamaan:

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \cdot \frac{A}{L} \quad (2.3)$$

dimana ΔV = Beda potensial listrik di dalam tanah

I = Kuat arus yang dilalui oleh bahan (A)

2.5.1 Titik Arus Tunggal di Permukaan

Metode pendekatan yang paling sederhana dalam mempelajari secara teoritis tentang aliran arus listrik di dalam bumi adalah bumi dianggap homogen dan isotropis (Telford *et al.*, 1990). Jika sebuah elektroda tunggal yang dialiri arus listrik diinjeksikan pada permukaan bumi yang homogen isotropis, maka akan terjadi aliran arus yang menyebar dalam tanah secara radial dan apabila udara di atasnya memiliki konduktivitas nol, maka garis potensialnya akan berbentuk setengah bola dapat dilihat pada (gambar 2.1).

Titik sumber mengeluarkan arus yang berbentuk medan potensial dengan kontur eksponensial setengah bola di bawah permukaan. Arus mengalir melalui permukaan setengah bola maka arus yang mengalir melewati permukaan tersebut adalah:

$$I = 2\pi r^2 J = -2\pi r^2 \sigma \frac{dv}{dr} = -2\pi \sigma A \quad (2.4)$$

dimana J = Rapat arus listrik = $-\sigma \frac{dv}{dr}$

Untuk konstanta integrasi A dalam setengah bola yaitu:

$$A = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.5)$$

Sehingga diperoleh:

$$V = -\frac{A}{r} \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r} \quad (2.6)$$

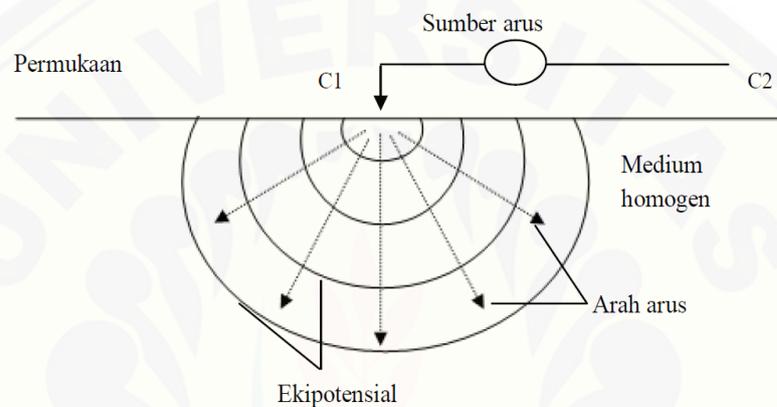
dimana ΔV = Beda potensial

I = Kuat arus yang dilalui oleh bahan (A).

Maka nilai resistivitas listrik yang diberikan oleh medium:

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.7)$$

Persamaan (2.18) merupakan persamaan ekuipotensial permukaan setengah bola yang tertanam di bawah permukaan tanah (Telford *et al.*, 1990).



Gambar 2.1 Sumber arus berupa titik pada permukaan bumi homogeni (Sumber: Telford *et al.*, 1990)

2.5.2 Dua Titik Arus di Permukaan

Peletakan elektroda arus C1 pada permukaan suatu medium homogen, terangkai dengan elektroda arus C2 dan diantaranya ada dua elektroda potensial P1 dan P2 yang dibuat dengan jarak tertentu seperti pada (gambar 2.2), akan memberikan besaran potensial yang berada di dekat titik elektroda tersebut bisa dipengaruhi oleh kedua elektroda arus. Oleh karena itu potensial P1 yang disebabkan arus di C1 adalah:

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \quad (2.8)$$

dimana :

$$A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.9)$$

karena arus pada kedua elektroda adalah sama dan arahnya berlawanan, maka potensial P1 yang disebabkan arus di C2 adalah:

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \quad (2.10)$$

dimana:

$$A_2 = -A_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.11)$$

jika didapatkan potensial total di P_1 :

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.12)$$

dengan cara yang sama diperoleh potensial di P_2 yaitu:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.13)$$

sehingga dapat diperoleh beda potensial antara titik P_1 dan P_2 yaitu:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.14)$$

dimana:

ΔV : beda potensial antara P_1 dan P_2

I : arus (A)

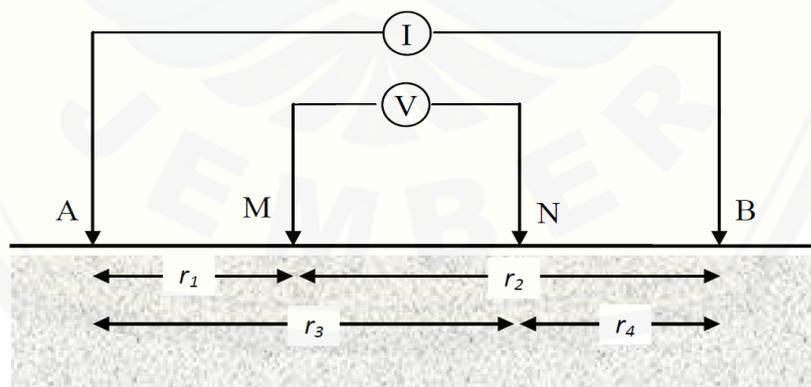
ρ : resistivitas (Ωm)

r_1 : jarak C_1 ke P_1 (m)

r_2 : jarak C_2 ke P_1 (m)

r_3 : jarak C_1 ke P_2 (m)

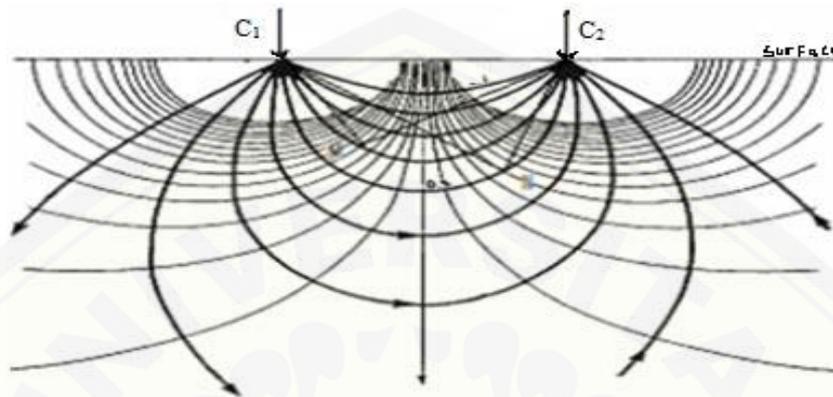
r_4 : jarak C_2 ke P_2 (m)



Gambar 2.2 Dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas ρ (Sumber: Telford *et al.*, 1990)

Susunan keempat elektroda tersebut merupakan susunan elektroda yang terdapat dalam metode geolistrik resistivitas. Penggambaran pola aliran arus dapat

dilihat melalui garis-garis aliran arus dan ekipotensial diubah oleh dekatnya kedua elektroda arus. Perubahan dari garis-garis ekipotensial yang melingkar lebih jelas pada daerah antara dua elektroda arus sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.3 (Reynolds, 1997).



Gambar 2.3 Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan (Sumber: Reynolds, 1997)

2.5.3 Resistivitas Semu (*Apparent Resistivity*)

Metode geolistrik resistivitas mengasumsikan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, resistivitas yang terukur merupakan resistivitas yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Karenanya harga resistivitas yang terukur seolah-olah merupakan nilai resistivitas untuk satu lapisan saja. Sehingga resistivitas yang terukur adalah resistivitas semu (Reynolds, 1997).

Berdasarkan persamaan (2.7) besar resistivitas semu dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.15)$$

$$\text{atau } \rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.16)$$

dengan

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}} \quad (2.17)$$

dimana K adalah faktor geometri yaitu besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus. Dengan mengukur ΔV dan I maka dapat ditentukan harga resistivitas semu (ρ_a) (Reynolds, 1997).

Dalam buku *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*, Reynold (1997) mengelompokan material dalam tanah berdasarkan nilai resistivitas yang diukur. Berikut merupakan tabel resistivitas material geologi Reynold;

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Material

Material	Nilai Resistivitas (Ωm)
Batu pasir	2 – 1000
Lanuan kering	10 – 800
Alluvial	5 – 500
Lanuan basah	4 – 20
Pasiran	2 – 33
Tanah pasir	2 – 400
Lempungan	1 – 100

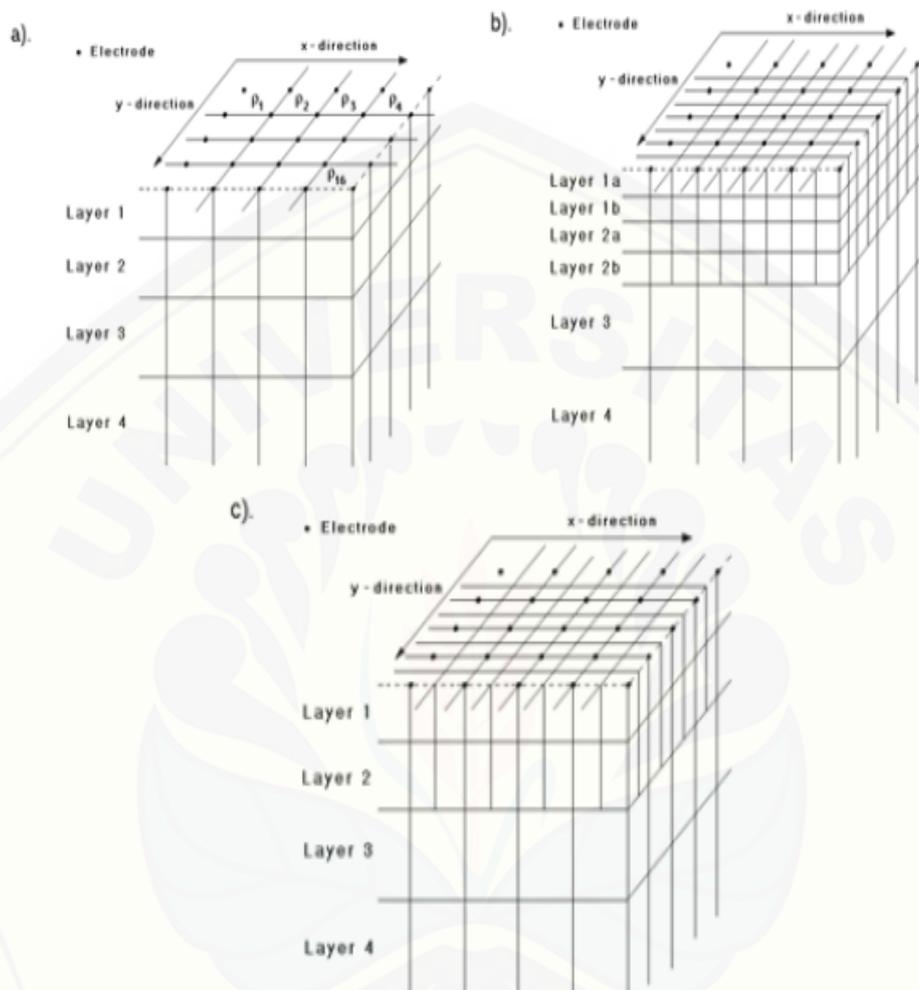
(Sumber: Reynold, 1997)

2.6 Software Res3Dinv

Suatu perangkat lunak komputer yang menampilkan model resistivitas 3D secara otomatis di bawah permukaan disebut *Res3Dinv*. Hasil data-data pengukuran akan diolah dengan menggunakan *software Res3Dinv*. Pemodelan 3D dilakukan dengan menggunakan program inversi. Program ini menggambarkan bawah permukaan tanah dengan pemodelan blok 3D (gambar 2.6).

Program *inversi* menggambarkan dan membagi keadaan bawah permukaan dalam bentuk sejumlah blok 3D yang dapat dilihat pada (gambar 2.6). Model 3D menggunakan program *inversi* yang terdiri dari sejumlah kotak persegi. Susunan kotak persegi ini terikat oleh distribusi dari titik datum dan *pseudosection*. Distribusi dan ukuran kotak secara otomatis dihasilkan dari program, maka jumlah kotak tidak akan melebihi jumlah datum. *Software* ini dapat menampilkan

potongan melintang (*cross section*) data geolistrik hasil *inversi* program *Res3Dinv*.



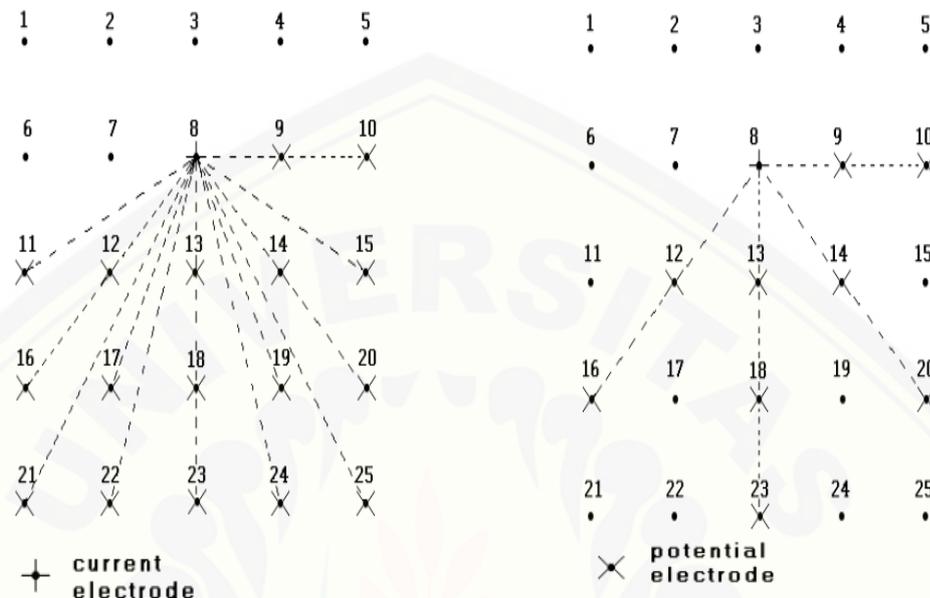
- (a) Model blok segiempat dengan elektroda pada arah sumbu-x dan sumbu-y;
 (b) Model blok puncak tegak lurus horisontal;
 (c) Model blok dengan arah horisontal dan di dalam arah vertikal.

Gambar 2.4 Model blok 3D (Sumber: Loke, 1995)

2.7 Survei Resistivitas 3D

Metode resistivitas dianggap berhasil memberikan citra bawah permukaan bumi dalam bentuk 3D. Metode geolistrik resistivitas 3D mampu memberikan citra bawah permukaan yang lebih detail dibandingkan dengan resistivitas 2D, oleh karena itu tidak hanya memberikan citra distribusi resistivitas dalam penampang vertikal saja tetapi juga dalam bentuk penampang horizontal.

Pengukuran dengan konfigurasi Pole-pole dapat dilakukan dengan teknik *complete data set survey* dan *cross-diagonal survey* seperti pada gambar 2.4 berikut;



a) *Complete data set survey*

b) *Cross-diagonal survey*

Gambar 2.5 Teknik pengambilan data resistivitas 3D (Sumber: Loke, 1995)

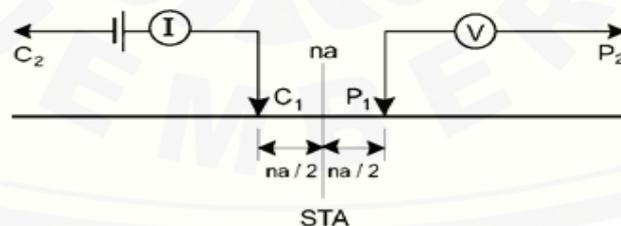
Teknik *complete data set survey* merupakan suatu teknik pengambilan data yang lengkap pada tiap elektroda. Sedangkan teknik *cross-diagonal survey* merupakan teknik singkat dari teknik *complete data set survey*. Teknik *crossdiagonal survey* pengukurannya dilakukan sepanjang sumbu-x, sumbu-y dan sumbu diagonal petak lintasan. Kedua teknik tersebut dapat dilihat pada (gambar 2.4). Metode geolistrik resistivitas 3D tidak sering dipakai dalam survei penelitian geofisika, namun resistivitas 3D hanya digunakan dalam pengembangan metode resistivitas itu sendiri. Faktor yang menyebabkan metode geolistrik resistivitas 3D jarang digunakan adalah besarnya faktor biaya, banyak tenaga yang dibutuhkan terutama pada area yang luas. Sekarang ini terdapat dua jenis solusi yang sedang dikembangkan untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut. Pertama pengembangan *resistivitymeter* dengan *multi-channel* yang diharapkan mampu membaca hasil dengan satu kali injeksi arus. Dengan demikian waktu, biaya dan tenaga yang diperlukan tidak banyak. Kedua mengembangkan teknologi mikro

komputer berkecepatan tinggi yang disiapkan untuk melakukan proses inversi data dalam skala besar dengan petak survei lebih luas dalam waktu yang singkat (Loke, 1995).

2.8 Konfigurasi *Pole-pole*

Konfigurasi *Pole-pole* merupakan jenis konfigurasi metode geolistrik yang sering digunakan untuk melakukan eksplorasi resistivitas 3D. Konfigurasi *Pole-pole* memiliki kekurangan dan kelebihan dibandingkan dengan konfigurasi lainnya. Kelebihan dari konfigurasi ini yaitu mudah untuk menghitung nilai resistivitas semu di lapangan, waktu yang diperlukan lebih singkat karena hanya dua elektroda yang berpindah, titik datum yang hilang pada daerah tepi area survei lebih sedikit dan dapat menyajikan data horisontal yang lebih baik. Sedangkan kekurangan dari konfigurasi ini adalah memerlukan kabel yang cukup panjang elektroda arus dan elektroda potensial yang diletakkan pada titik tak hingga. (Reynolds, 1997).

Konfigurasi *Pole-pole* memiliki elektroda arus dan potensial yang akan diletakkan seperti gambar (2.5). Salah satu elektroda arus dan potensial (C2 dan P2) diletakkan di titik jauh tak hingga (minimal sepuluh kali dari spasi elektroda terbesar). Sedangkan arus dan potensial yang lain diletakkan di daerah survei dengan jarak antara C1 dan P1 sebesar a .



Gambar 2.6 Konfigurasi *Pole-pole* (Sumber: Prayogo, 2003)

2.9 Mekanika Tanah

Mekanika tanah adalah ilmu yang mempelajari sifat fisik dari tanah dan kelakuan massa tanah tersebut bila menerima bermacam-macam gaya. Studi ini

digunakan dalam proses pembentukan fondasi suatu bangunan menggunakan kaidah-kaidah fisika. Seiring dengan perkembangan jaman, aplikasi studi mekanika tanah telah berkembang ke arah pertanian. Mengacu pada faktor-faktor yang dipelajari terdapat informasi yang penting bagi pertanian yang dikaji melalui ilmu mekanika tanah tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi pertanian melalui kajian ilmu mekanika tanah adalah kepadatan tanah, keasaman tanah, kelembaban tanah, komposisi mineral, dan kadar air (Hanifah, 2004).

Salah satu alat yang sering digunakan untuk pengukuran sifat mekanika tanah adalah *sand cone*. Prinsip kerja *sand cone* adalah dengan mengambil perbandingan massa pasir dengan tanah (sampel). *Sand cone* terdiri dari sebuah botol plastik atau kaca dengan sebuah kerucut logam dipasang di atasnya. Botol kaca dan kerucut ini diisi dengan pasir kuarsa kering yang berat isinya sudah diketahui. *Sand cone* pada umumnya digunakan untuk uji tingkat kepadatan tanah yang telah dipadatkan secara manual guna pembuatan fondasi bangunan atau jalan (Yudistira, 2015).

2.9.1 Kepadatan tanah

Pemadatan tanah adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara, tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah tersebut. Tingkat pemadatan diukur dari berat volume kering yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah atau pelumas pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih padat. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi pemadatan adalah jenis tanah dan usaha pemadatan. Jenis tanah yang diwakili oleh distribusi ukuran butiran, bentuk butiran tanah, berat spesifik bagian padat tanah. Jumlah dan jenis mineral lempung yang ada pada tanah juga mempunyai pengaruh besar terhadap harga berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dari tanah tersebut. Kadar air yang lebih rendah menunjukkan adanya penyempitan kapiler pada pori-pori tanah sehingga mencegah kecenderungan

partikel tanah untuk bergerak dengan bebas untuk menjadi lebih padat. Penyempitan kapiler tersebut akan berkurang dengan bertambahnya kadar air sehingga partikel-partikel menjadi mudah bergerak dan menjadi lebih padat (Notohadiprawiro, 1994).

2.9.2 Keasaman Tanah

Reaksi tanah menunjukkan sifat keasaman dan kebasaan tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Menurut Kartasapoetra (1985), pH tanah adalah suatu ukuran aktivitas ion hidrogen dalam larutan air tanah dan dipakai sebagai ukuran keasaman tanah. Sebetulnya keasaman dan kebasaan tanah merupakan pencerminan kadar, baik ion H^+ maupun ion OH^- . Kadar ion H^+ biasanya dinyatakan dalam besaran pH, yaitu log negatif H^+ , yang kadar H^+ dinyatakan dalam satuan gram per liter. Selain ion H^+ , di dalam tanah ditemukan pula ion OH^- , yang jumlahnya berbanding terbalik dengan banyaknya H^+ . Tanah – tanah yang asam, jumlah ion H^+ lebih tinggi dari pada jumlah ion OH^- . Sedangkan pada tanah alkalis, kandungan OH^- lebih banyak dibandingkan ion H^+ . Bila kandungan OH^- sama dengan H^+ maka tanah bereaksi netral, yaitu mempunyai pH = 7.

Menurut Hardjawigeno (1995), pentingnya mengetahui pH adalah :

1. Menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman.

Secara umumnya unsur hara mudah diserap tanaman pada pH sekitar 7 atau pH netral. Karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air. Tanaman tidak mampu menyerap unsur P pada tanah masam karena diikat atau difiksasi oleh unsur Al, sedangkan pada tanah alkalis unsur P juga tidak dapat diserap tanaman karena difiksasi oleh Ca.

2. Menunjukkan kemungkinan adanya unsur-unsur beracun.

Pada reaksi tanah asam, unsur-unsur juga menjadi mudah larut, sehingga ditemukan unsur mikro dalam jumlah yang banyak. Sedangkan kebutuhan tanaman akan unsur mikro sangatlah sedikit. Tanah rawa memiliki pH yang terlalu rendah (sangat asam) menunjukkan kandungan sulfat yang tinggi, yang juga merupakan racun bagi tanaman. Tanah yang terlalu basa juga sering mengandung banyak garam-garam yang terlalu tinggi, yang juga dapat

menjadi racun bagi tanaman dan mempengaruhi perkembangan mikroorganisme.

2.9.3 Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah adalah jumlah air yang ditahan di dalam tanah setelah kelebihan air dialirkan. Apabila tanah memiliki kadar air yang tinggi maka kelebihan air tanah dikurangi melalui proses evaporasi, transpirasi dan transport air bawah tanah. Kadar kelembaban dapat diketahui dengan menggunakan banyak teknik, diantaranya dapat dilakukan secara langsung melalui pengukuran perbedaan berat tanah (gravimetri) dan secara tidak langsung melalui pengukuran sifat-sifat lain yang berhubungan erat dengan air tanah (Gardner, 1986). Metode langsung secara gravimetri memiliki akurasi yang sangat tinggi namun membutuhkan waktu dan tenaga yang sangat besar. Kebutuhan akan metode yang cepat dalam memonitor fluktuasi kadar air tanah menjadi sangat mendesak sebagai jawaban atas tingginya waktu dan tenaga yang dibutuhkan oleh metode gravimetri.

2.9.4 Komposisi Mineral

Mineral tanah adalah unsur-unsur dalam tanah yang merupakan komponen utama penyusun tanah. Mineral pendukung kesuburan tanah dalam bidang pertanian digolongkan ke dalam unsur-unsur hara. Kandungan hara di daerah tropis umumnya sangat tinggi, baik unsur Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Karbon (C), Nitrogen (N) dan Kalium (K). Keberadaan unsur hara tersebut menjadi indikator kesuburan tanah. Uji laboratorium dengan mengambil sampel tanah dari lapang biasanya dilakukan untuk mengetahui keberadaan unsur hara dalam tanah. Uji laboratorium memerlukan bahan indikator yang akan bereaksi dengan unsur hara tertentu (Salisbury, 1995).

2.9.5 Kadar Air

Kadar air tanah dinyatakan dalam presentase volume air terhadap volume tanah. Dua fungsi yang saling berkaitan dengan penyediaan air bagi tanaman yaitu memperoleh air dalam tanah dan pengaliran air yang disimpan pada akar tanaman. Di dalam tanah, air berada pada ruang pori tanah, terikat pada padatan tanah serta menjadi komponen bahan mineral. Air dapat ditahan matriks tanah akibat adhesi

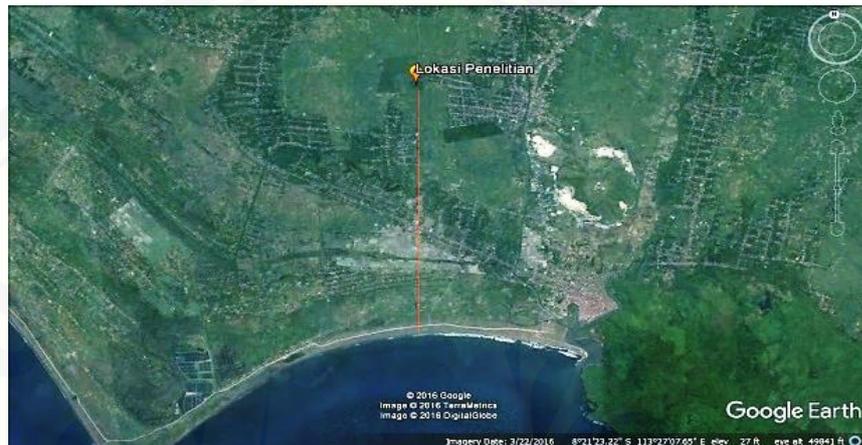
langsung molekul air kepermukaan tanah. Air tanah merupakan salah satu bagian penyusun tanah. Air tanah hampir seluruhnya berasal dari udara (atmosfer). Mengetahui banyaknya air di dalam tanah yang tersedia bagi tanaman sangat penting terutama dalam hal penentuan pemberian air pada tanaman agar tidak terjadi kelebihan atau kekurangan air (Poerwowidodo, 1991).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dimulai pada bulan Oktober 2016 sampai dengan Juli 2017. Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di daerah Desa Mlokorejo, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember yang ditunjukkan pada gambar berikut:



a)



b)

- a) Lahan tebu Desa Mlokorejo
- b) Lokasi pengambilan sampel

Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian (Google Earth, 2016)

3.2 Alat-alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Resistivitymeter* (NANIURA -NRD 300 High Frequency)

Digunakan sebagai alat pengukur tegangan (V) dan arus (I);

2. *Accu* (12A)

Digunakan sebagai sumber arus bagi *resistivitymeter* pada saat proses injeksi;

3. Elektroda (*stainless steel*)

Digunakan sebagai media injeksi arus dan tegangan ke dalam tanah;

4. Kabel

Digunakan sebagai penghubung *resistivitymeter* dengan elektroda dan *resistivitymeter* dengan *accu*;

5. Meteran

Digunakan sebagai pengukur lahan penelitian dan penanda letak elektroda;

6. Palu

Digunakan sebagai alat bantu pemukul elektroda ketika ditancapkan ke tanah;

7. HT (*Handi Talky*)

Digunakan sebagai alat komunikasi satu arah dengan frekuensi radio;

8. GPS (*Global Position System*)

Digunakan sebagai alat penentu posisi plot dan letak lokasi pengambilan data.

9. *Sand cone* (SO 400)

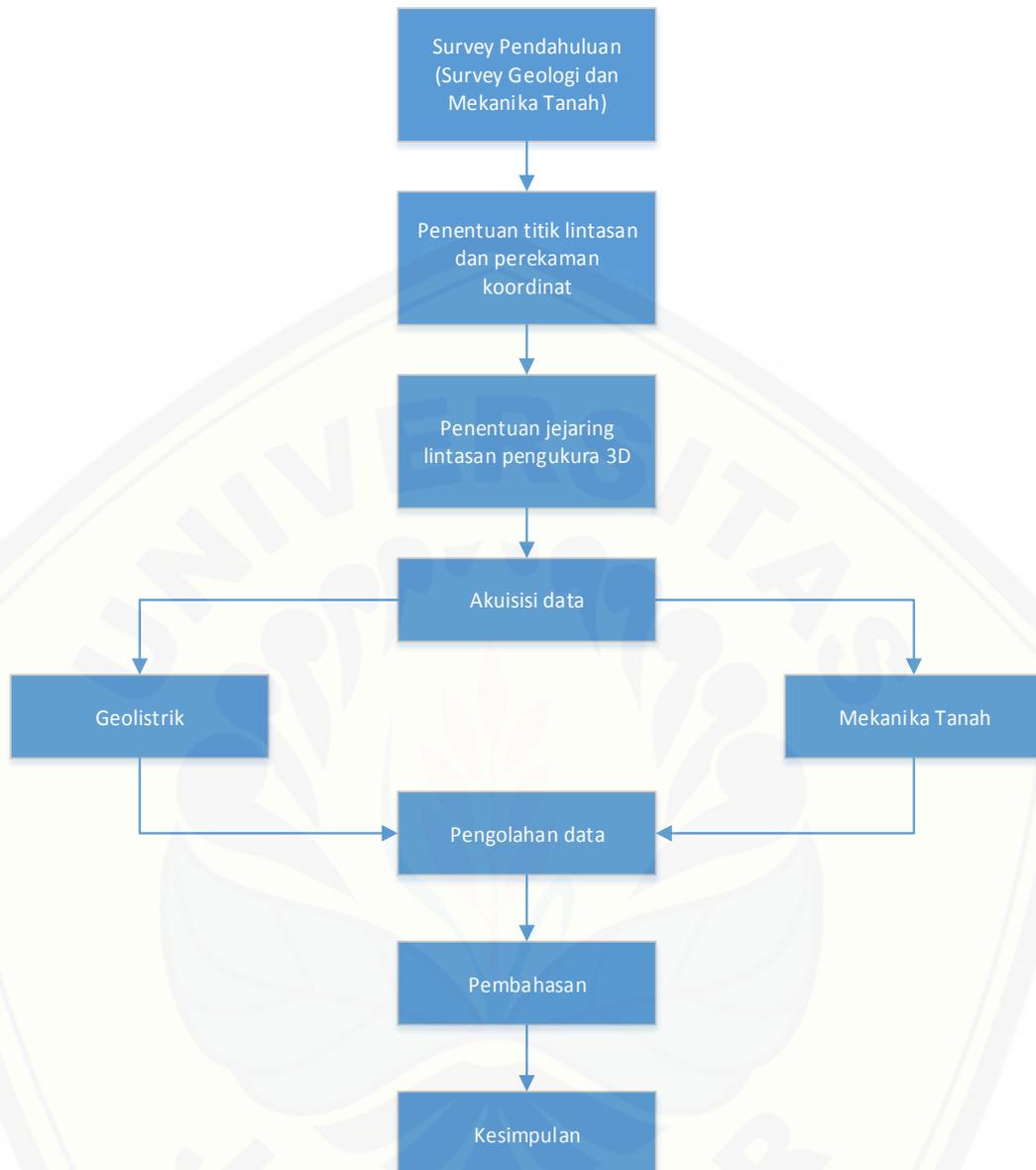
Digunakan sebagai alat pengukur nilai kepadatan tanah dan kadar air tanah.

10. *Digger*

Digunakan sebagai alat penggali lahan yang sudah ditentukan titik koordinatnya untuk pengambilan sampel.

3.3 Diagram Penelitian

Adapun diagram sistematis dari penelitian ini adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penelitian Geolistrik Konfigurasi *Pole-pole*

Data yang diambil berupa nilai arus dan tegangan berdasarkan jarak spasi. Konfigurasi pole-pole, pada prinsipnya menggunakan empat buah elektroda yang berperan sebagai C1, C2, P1 dan P2. Elektroda yang aktif bergerak sebagai media pengukuran adalah C1 dan P1. Sedangkan elektroda C2 dan P2 tidak perlu berpindah tempat. Jarak antara C1 dan P1 sejauh a diberlakukan sama untuk jarak

C2 terhadap P2, sedangkan jarak antara C1 dan P1 terhadap C2 dan P2 menggunakan nilai 100m dimana nilai ini dianggap telah memenuhi batas minimal jarak sebesar $10a$. Lintasan yang digunakan berbentuk persegi dengan sumbu-x sepanjang 20 meter dan sumbu-y 20 meter dengan nilai a sebesar 4 meter.

Proses akuisisi data dilakukan dengan mengikuti sumbu lintasan yang telah ditentukan. Pemasangan C1 dan P1 bergerak dari sumbu-x hingga selesai, kemudian diteruskan pengukuran pada sumbu-y. Elektroda C1 ditempatkan pada titik (0,0) dan elektroda P1 pada titik (4,0), kemudian elektroda C1 tetap pada posisinya sedangkan elektroda P1 bergerak ke titik (8,0) hingga titik (20,0). Pergerakan diulangi dengan elektroda C1 pada titik (4,0) dan P1 pada titik (8,0), kemudian P1 bergerak hingga (20,0). Pergerakannya diulangi lagi hingga posisi elektroda C1 pada titik (16,0) dan P1 pada titik (20,0). Setelah akuisisi data pada sumbu-x telah selesai, pada sumbu-y diberikan perlakuan yang sama seperti sumbu-x.

Menurut Loke (1999), survei resistivitas konfigurasi pole-pole ini memiliki daya penetrasi kedalaman (Z) sebesar:

$$Z = 0,867a$$

dengan a merupakan spasi antar elektroda. Dengan demikian bila spasi maksimum yang digunakan dalam survei resistivitas 3D ini sejauh 20 m, maka kedalaman yang bisa dicapai adalah:

$$Z = 0,867 \times 20 \text{ m}$$

$$Z = 17.34 \text{ m}$$

3.4.2 Penelitian Mekanika Tanah

Data yang diambil dari teknik mekanika tanah menggunakan beberapa metode pengambilan data dengan alat yang berbeda. Sebelumnya, telah dijelaskan mengenai penilaian yang dilakukan terhadap lahan dari teknik mekanika tanah. Penilaian tersebut merupakan data langsung yang diambil di lahan penelitian dan data tersebut dapat langsung digunakan untuk pengolahan di *software Microsoft Excel*.

Asosiasi dengan teknik mekanika tanah juga melibatkan penggunaan alat *sand cone* untuk menentukan nilai kepadatan dan kadar air tanah. Konsep dasar alat ini adalah dengan mengambil nilai perbandingan berat sampel yang diambil dengan pasir yang disuplai ke dalam tanah. Dengan volume sama besar, maka dapat diambil penilaiannya. Penelitian yang melibatkan *sand cone* ini dilakukan pada empat titik berbeda yang ditentukan berdasarkan pembagian wilayah sesuai arah mata angin di lahan penelitian tersebut, yaitu timur, selatan, barat, dan utara.

Perhitungan tes *sand cone* sebagai berikut:

1. Penentuan volume botol yang digunakan:

$$V_1 = (W_2 - W_1) \quad (3.1)$$

2. Berat volume pasir yang digunakan:

$$\text{Berat isi pasir } \gamma_s = \frac{W_3 - W_1}{V_1} \quad (3.2)$$

3. Berat pasir dalam corong:

$$W_c = (W_4 - W_5) \quad (3.3)$$

4. Perhitungan volume lubang:

$$W_{10} = (W_6 - W_7) - W_c \quad (3.4)$$

$$V_e = \left(\frac{W_{10}}{\gamma_s} \right) \quad (3.5)$$

5. Berat isi kering (kepadatan lapang)

$$\gamma_w = \frac{W_8 - W_9}{V_e} \quad (3.6)$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{100 + w_c} \cdot 100\% \quad (3.7)$$

Dengan:

$$W_1 = \text{berat botol + corong} \quad (\text{gram})$$

$$W_2 = \text{berat botol + corong + air} \quad (\text{gram})$$

$$W_3 = \text{berat botol + corong + pasir} \quad (\text{gram})$$

$$W_4 = \text{berat botol + corong + pasir secukupnya} \quad (\text{gram})$$

$$W_5 = \text{berat botol + corong + sisa pasir} \quad (\text{gram})$$

$$W_6 = \text{berat botol + corong + pasir secukupnya} \quad (\text{gram})$$

$$W_7 = \text{berat botol + corong + sisa pasir} \quad (\text{gram})$$

$$W_9 = \text{berat wadah} \quad (\text{gram})$$

W_{10} = berat pasir dalam lubang	(gram)
W_c = berat pasir dalam corong	(gram)
wc = kadar air	(%)
V_1 = volume botol	(cm^3)
V_e = volume lubang	(cm^3)
γ_d = berat isi kering tanah	(gram/cm^3)
γ_s = berat isi pasir	(gram/cm^3)
γ_w = berat isi tanah	(gram/cm^3)

3.5 Analisis Data

Data hasil akuisisi pada alat resistivimeter merupakan data mentah dan belum mampu menunjukkan secara signifikan bentuk bawah permukaan lahan perkebunan. Hal ini mengharuskan pengamat melakukan pengolahan data tersebut untuk mencari nilai resistivitas semu (ρ). Menurut Robain (1999), nilai resistivitas semu yang didapatkan dengan konfigurasi *Pole-pole* yaitu :

$$\rho = 2\pi aR \quad (3.8)$$

Keterangan :

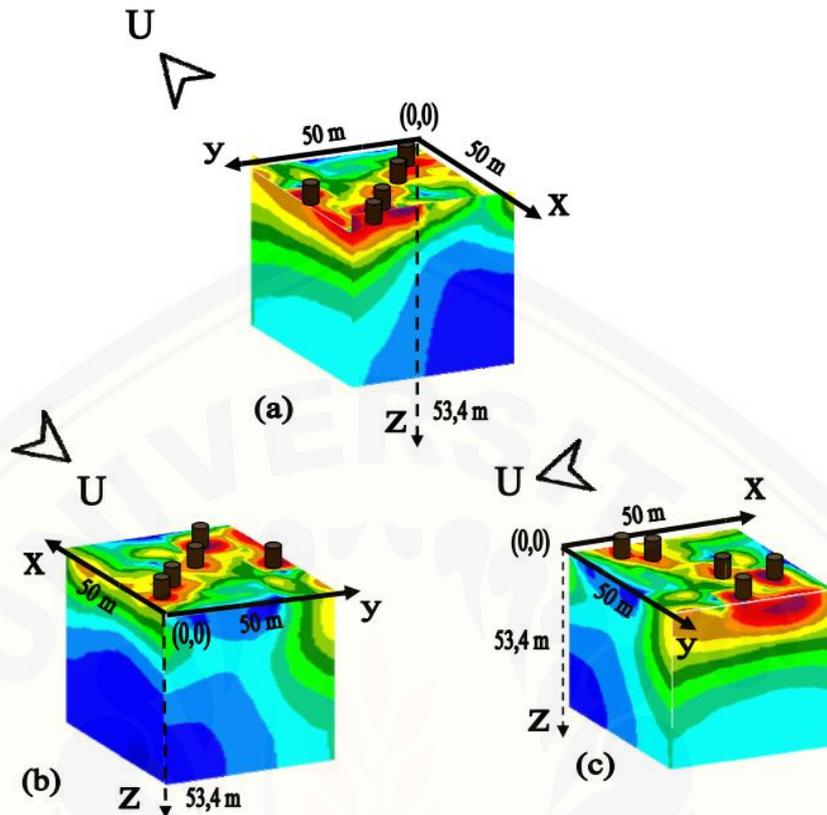
ρ = resistivitas semu

a = spasi elektroda (jarak antara elektroda C1 dan P1) (m)

R = resistivitas yang terukur langsung di lapangan (Ω)

Dari persamaan (36) suku $2\pi a$ merupakan faktor geometri dari konfigurasi *Pole-pole*.

Data yang diperoleh akan diolah kedalam *software Microsoft Exel* untuk mempermudah melakukan perhitungan mendapatkan nilai resistivitas semu lalu kemudian hasil kalkulasi tersebut dimasukkan kedalam *software Res3Dinv* sesuai prosedur dan tata cara komputasi dalam *software* tersebut. Gambar dibawah ini merupakan bentuk tampilan hasil perolehan data 3D dengan konfigurasi *pole-pole* hasil olahan *software Res3Dinv*.



- Citra permukaan resistivitas 3D berbentuk kubus
- Setelah diputar searah jarum jam 180°
- Setelah diputar searah jarum jam 270°

Gambar 3.3. Contoh distribusi nilai tahanan jenis dari hasil pengolahan data metode 3D untuk irisan vertikal (Sumber: Karisma, 2013)

Berbeda dengan tampilan hasil pengolahan data diatas, teknik mekanika tanah memiliki beberapa data yang perlu direkam sebagai hasil penelitian. Hasil rekaman data tersebut dapat dimasukkan kedalam tabel pengamatan. Perlu diketahui bahwa alat yang digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu. Data yang didapat kemudian diolah menggunakan *software Microsoft Excel* sehingga menghasilkan bentuk diagram perbandingan di masing-masing titik. Adapun tabel pengamatan teknik mekanika tanah dapat dilihat pada lampiran 1.2.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa terhadap data yang diperoleh serta pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penampang 3D dari hasil resistivitas lahan perkebunan tebu yang sudah diteliti memiliki kedalaman hingga 15,7 meter dengan nilai resistivitas antara 0,42 - 263 Ω m.
2. Hasil pengamatan dengan teknik mekanika tanah pada lahan perkebunan tebu yang sudah diteliti memiliki nilai hasil uji kepadatan dan kadar air dari metode *sandcone* didapat hasil sebesar 18,36% , 16,68%, 17,43% dan 18,82% untuk masing-masing titik berurutan dan besar kepadatan lahan tanah sebesar 1,04%, 1,15%, 1,05% dan 1%. Hubungan dari metode geolistrik konfigurasi *pole-pole* dengan teknik mekanika tanah pada penelitian ini menunjukkan nilai yang saling berkaitan melalui pendekatan sifat fisis tanah dan nilai faktor mekanik tanah sesuai dengan kondisi resistivitas bawah permukaan tanah.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka penelitian selanjutnya dapat menggunakan parameter panjang lintasan yang lebih besar dalam eksplorasi geofisika metode geolistrik konfigurasi *pole-pole*. Hal tersebut akan mendapatkan nilai dari kontur resistivitas yang lebih kompleks karena mendapatkan pengaruh material lain di sekitar lokasi penelitian. Penelitian lanjutan untuk mekanika tanah dapat mengambil titik sampel yang lebih banyak di setiap titik – titik datum agar memperoleh nilai uji tanah yang lebih signifikan di daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Corathers. 2002. *Geological Survey Minerals Yearbook*. USA: USGS.
- Dahlin T., dan B. Zhou. 2006. *Mutiple-Gradient Array Measurments for Multichannel 2D Resistivity Imaging Near Surface Geophysics*. European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE).
- Ditjenbun RI. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015*. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/> [diakses tanggal 07 Agustus 2016].
- Gardner, W.1986.*Water Content In AKlute (Ed); Methods of Soil Analysis Part; Physical and Mineralogical Methods, Second Section*.ASA Inc, SSA Inc. USA : Madion,Wiscosin.
- Hanifah. 2004. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT Raja Gravindo.
- Hardjawigeno, S.1995. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademi Pressindo.
- Hendrajaya, L. dan I. Arif. 1990. *Metode Eksplorasi, Geolistrik Tahanan Jenis*. Laboratorium Fisika Bumi. Jurusan FMIPA. Bandung: ITB.
- Hutabarat, B.M.S, T. Kuntohartono, Nahdodin, dan Soedarsono. 2001. *Restrukturisasi Industri Gula Nasional*. Bogor: IPB Press.
- Indrawanto, C, Purwono, Siswanto, M. Syakir, dan W. Rumini. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. Jakarta: ESKA Media.
- Karisma, Uci. 2013. *Pola Distribusi Resistivitas Bawah Permukaan Situs Megalitikum dengan Metode Geolistrik Res3D di Kecamatan Grujungan Kabupaten Bondowoso*. Jurusan Fisika FMIPA. Jember: UNEJ.
- Kartasapoetra, A dan M.M Sutedjo.1985. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Loke, M.H. 1995. *Least Squares Deconvolution of Apprent Resistivity Pseudosection*. Geophysics, Vol 60, No.6, pp 1682-1690. Penang: Geotomo Press.
- Nandi, Haerudin. 2007. *Survey Cross Diagonal Konfigurasi Pole-Pole untuk Analisis Penyebaran Limbah Cair pada Media Padat*. Lampung: FMIPA UNILA.

- Notohadiprawiro, Tejowiyono.1994. *Tanah dan Lingkungan*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- Pemkab Jember. 2016. *Profil Kabupaten Jember//Geografis dan Topografi*. <https://jemberkab.go.id/selayang-pandang/geografis-dan-topografi/> [diakses tanggal 11 Maret 2017].
- Poerwowidodo.1991. *Genesis Tanah; Proses Pembentukan Tanah dan Morfologi Tanah*. Jakarta: CV Rajawali.
- Purwono. 2003. *Penentuan Rendemen Gula Tebu secara Cepat*. Paper Individu m.k. Pengantar Falsafah Sain. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley and Sons Ltd.
- Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 3*. Bandung: Penerbit ITB.
- Saputra, Bernet A. 2007. *Struktur dan Tekstur Tanah di Beberapa Wilayah Kabupaten Jember*. Jember: UNEJ.
- Santoso, D.2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- Sarief, S. 1986. *Ilmu Tanah Pertanian*. Bandung: Pustaka Buana.
- Stone R.J dan Ekwue E.I. 1993. *Maximum Bulk Density Achieved During Soil Compaction Of Three Ornamic Materials*. Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Supriyadi, Agus Yulianto, dan Tri Novianto. 2013. *Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Pole-Pole untuk Menentukan Sebaran dan Kedalaman Batuan Sedimen di Desa Wonosari Kecamatan Ngaliyan Semarang*. Jurusan Fisika FMIPA. Semarang: UNS.
- Tan, Kim H. 1995. *Dasar – Dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: UGM Press.
- Telford, M. W., L. P. Geldard, R. E. Sheriff, dan D. A. Keys. 1990. *Applied Geophysics*. London: Cambridge University Press.
- Wijayanti, W. A. 2008. *Pengelolaan Tanaman Tebu (Saccharum Officinarum L.) di, Pabrik Gula Tjoekir PTPN X, Jombang, Jawa Timur*. (Skripsi). Bogor: IPB.

Wirayuda, Hizbulwathon. 2013. *Analisis Deposit Mineral Mangan (Mn) di Desa Pucung Kecamatan Eromoko Kabupaten Wonogiri*. Jurusan Fisika FMIPA. Semarang: UNS.

Yudistira, Yuda. 2015. *Analisa Kepadatan Tanah pada Timbunan di Saluran Irigasi dengan Metode Pengujian Proctor dan Sand Cone*. Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut. Garut: STT Garut.



LAMPIRAN

1.1 Pengolahan Data Resistivitas Konfigurasi *Pole-pole*

C		P		ρ	V	I	R
X	Y	X	Y				
0	0	4	0	17.7634	39.6	56	0.7071
0	0	8	0	25.5607	29.0	57	0.5088
0	0	12	0	31.8627	24.1	57	0.4228
0	0	16	0	40.0157	22.7	57	0.3982
0	0	20	0	33.1324	15.3	58	0.2638
0	0	0	4	9.8548	35.7	91	0.3923
0	0	0	8	17.0043	30.8	91	0.3385
0	0	0	12	20.2892	24.5	91	0.2692
0	0	0	16	25.2856	22.9	91	0.2516
0	0	0	20	15.3734	15.3	125	0.1224
4	0	8	0	6.6343	10.3	39	0.2641
4	0	12	0	18.9237	11.3	30	0.3767
4	0	16	0	35.9673	10.5	22	0.4773
4	0	20	0	168.9891	37.0	22	1.6818
4	0	4	4	18.0864	25.2	35	0.7200
4	0	4	8	24.3350	15.5	32	0.4844
4	0	4	12	30.8139	18.4	45	0.4089
4	0	4	16	35.8531	15.7	44	0.3568
4	0	4	20	47.1000	15.0	40	0.3750
8	0	12	0	18.5888	33.3	45	0.7400
8	0	16	0	25.1200	19.0	38	0.5000
8	0	20	0	54.7352	27.6	38	0.7263
8	0	8	4	20.3244	35.6	44	0.8091
8	0	8	8	23.9670	29.1	61	0.4770
8	0	8	12	42.3175	29.2	52	0.5615
8	0	8	16	36.9412	12.5	34	0.3676
8	0	8	20	41.5026	15.2	46	0.3304
12	0	16	0	22.7833	39.0	43	0.9070
12	0	20	0	28.8588	24.7	43	0.5744
12	0	12	4	20.9977	65.2	78	0.8359
12	0	12	8	24.7559	34.0	69	0.4928
12	0	12	12	31.4193	27.1	65	0.4169

12	0	12	16	38.4890	22.6	59	0.3831
12	0	12	20	45.3385	29.6	82	0.3610
16	0	20	0	70.5035	42.1	15	2.8067
16	0	16	4	25.2875	15.1	15	1.0067
16	0	16	8	25.9778	21.2	41	0.5171
16	0	16	12	33.4525	18.2	41	0.4439
16	0	16	16	37.8553	16.2	43	0.3767
16	0	16	20	45.1018	15.8	44	0.3591
20	0	20	4	25.2269	47.2	47	1.0043
20	0	20	8	25.7480	24.6	48	0.5125
20	0	20	12	33.1362	29.9	68	0.4397
20	0	20	16	38.2129	25.1	66	0.3803
20	0	20	20	45.7263	23.3	64	0.3641
0	4	4	4	10.2018	19.9	49	0.4061
0	4	8	4	17.3277	16.9	49	0.3449
0	4	12	4	30.1440	19.6	49	0.4000
0	4	16	4	36.9110	18.0	49	0.3673
0	4	20	4	33.3225	13.0	49	0.2653
0	4	0	8	18.7059	76.7	103	0.7447
0	4	0	12	24.3739	49.0	101	0.4851
0	4	0	16	20.1211	26.7	100	0.2670
0	4	0	20	34.4503	33.6	98	0.3429
4	4	8	4	11.8157	12.7	27	0.4704
4	4	12	4	31.8627	24.1	38	0.6342
4	4	16	4	27.4227	13.1	36	0.3639
4	4	20	4	16.6585	6.3	38	0.1658
4	4	4	8	9.7340	27.9	72	0.3875
4	4	4	12	24.3524	34.9	72	0.4847
4	4	4	16	30.2277	36.1	90	0.4011
4	4	4	20	38.2597	19.8	52	0.3808
8	4	12	4	22.7438	33.5	37	0.9054
8	4	16	4	24.9406	13.9	28	0.4964
8	4	20	4	18.7434	9.7	39	0.2487
8	4	8	8	23.0964	33.1	36	0.9194
8	4	8	12	24.7127	18.2	37	0.4919
8	4	8	16	31.8457	13.1	31	0.4226
8	4	8	20	40.6289	18.6	46	0.4043
12	4	16	4	1.2314	2.5	51	0.0490

12	4	20	4	14.4809	14.7	51	0.2882
12	4	12	8	23.2753	59.3	64	0.9266
12	4	12	12	25.8984	36.6	71	0.5155
12	4	12	16	32.6560	32.5	75	0.4333
12	4	12	20	38.9515	31.4	81	0.3877
16	4	20	4	21.5090	27.4	32	0.8563
16	4	16	8	21.3520	34.0	40	0.8500
16	4	16	12	23.9073	13.8	29	0.4759
16	4	16	16	30.5627	14.6	36	0.4056
16	4	16	20	41.7620	13.3	32	0.4156
20	4	20	8	20.5012	25.3	31	0.8161
20	4	20	12	24.3757	13.1	27	0.4852
20	4	20	16	31.1835	12.0	29	0.4138
20	4	20	20	39.7135	24.9	63	0.3952
0	8	4	8	7.4335	14.5	49	0.2959
0	8	8	8	19.6859	19.2	49	0.3918
0	8	12	8	28.1447	18.3	49	0.3735
0	8	16	8	18.8656	9.2	49	0.1878
0	8	20	8	21.5314	8.4	49	0.1714
0	8	0	12	20.6594	88.0	107	0.8224
0	8	0	16	19.6734	41.9	107	0.3916
0	8	0	20	16.4102	23.3	107	0.2178
4	8	8	8	10.3494	10.3	25	0.4120
4	8	12	8	15.6749	7.8	25	0.3120
4	8	16	8	16.8806	5.6	25	0.2240
4	8	20	8	27.5228	6.3	23	0.2739
4	8	4	12	22.4442	41.1	46	0.8935
4	8	4	16	24.8863	21.3	43	0.4953
4	8	4	20	31.7426	13.9	33	0.4212
8	8	12	8	15.9382	18.4	29	0.6345
8	8	16	8	15.6103	8.7	28	0.3107
8	8	20	8	28.0651	10.8	29	0.3724
8	8	8	12	24.3053	35.8	37	0.9676
8	8	8	16	24.2827	14.5	30	0.4833
8	8	8	20	33.9120	13.5	30	0.4500
12	8	16	8	12.6074	26.6	53	0.5019
12	8	20	8	26.6659	27.6	52	0.5308
12	8	12	12	21.0622	54.5	65	0.8385

12	8	12	16	26.1375	41.1	79	0.5203
12	8	12	20	32.6284	39.4	91	0.4330
16	8	20	8	14.4580	25.9	45	0.5756
16	8	16	12	19.5788	53.0	68	0.7794
16	8	16	16	24.9268	25.8	52	0.4962
16	8	16	20	34.8700	27.3	59	0.4627
20	8	20	12	16.9730	25.0	37	0.6757
20	8	20	16	27.2731	19.0	35	0.5429
20	8	20	20	34.7714	26.3	57	0.4614
0	12	4	12	8.0543	20.2	63	0.3206
0	12	8	12	15.4014	18.7	61	0.3066
0	12	12	12	11.1825	9.2	62	0.1484
0	12	16	12	18.0106	9.5	53	0.1792
0	12	20	12	16.8257	7.1	53	0.1340
0	12	0	16	13.9658	60.6	109	0.5560
0	12	0	20	3.2563	7.0	108	0.0648
4	12	8	12	11.4834	3.2	7	0.4571
4	12	12	12	6.5126	3.5	27	0.1296
4	12	16	12	20.5984	8.2	30	0.2733
4	12	20	12	17.3908	4.5	26	0.1731
4	12	4	16	27.2412	48.8	45	1.0844
4	12	4	20	26.4262	26.3	50	0.5260
8	12	12	12	9.3927	8.6	23	0.3739
8	12	16	12	23.7498	10.4	22	0.4727
8	12	20	12	17.3656	5.3	23	0.2304
8	12	8	16	22.0498	15.8	18	0.8778
8	12	8	20	25.7811	19.5	38	0.5132
12	12	16	12	1.4622	3.9	67	0.0582
12	12	20	12	14.8401	19.2	65	0.2954
12	12	12	16	18.8555	60.8	81	0.7506
12	12	12	20	25.6458	43.9	86	0.5105
16	12	20	12	11.5704	30.4	66	0.4606
16	12	16	16	18.4781	43.4	59	0.7356
16	12	16	20	25.8588	35.0	68	0.5147
20	12	20	16	18.3466	40.9	56	0.7304
20	12	20	20	26.2658	29.8	57	0.5228
0	16	4	16	25.6997	53.2	52	1.0231
0	16	8	16	23.4453	33.6	72	0.4667

0	16	12	16	28.5426	30.3	80	0.3788
0	16	16	16	37.7996	31.6	84	0.3762
0	16	20	16	45.3057	30.3	84	0.3607
0	16	0	20	11.3713	50.7	112	0.4527
4	16	8	16	20.9139	35.8	43	0.8326
4	16	12	16	26.5554	7.4	14	0.5286
4	16	16	16	26.1248	5.2	15	0.3467
4	16	20	16	35.1680	5.6	16	0.3500
4	16	4	20	23.6128	28.2	30	0.9400
8	16	12	16	1.5435	5.1	83	0.0614
8	16	16	16	25.2396	42.2	84	0.5024
8	16	20	16	31.7213	36.2	86	0.4209
8	16	8	20	0.1621	0.6	93	0.0065
12	16	16	16	18.0714	48.2	67	0.7194
12	16	20	16	25.4199	33.9	67	0.5060
12	16	12	20	18.5747	52.5	71	0.7394
16	16	20	16	18.6307	44.5	60	0.7417
16	16	16	20	18.8400	45.0	60	0.7500
20	16	20	20	19.1116	56.3	74	0.7608
0	20	4	20	9.3073	28.9	78	0.3705
0	20	8	20	11.6792	17.9	77	0.2325
0	20	12	20	14.9754	15.5	78	0.1987
0	20	16	20	15.4585	12.0	78	0.1538
0	20	20	20	24.5123	12.1	62	0.1952
4	20	8	20	16.0050	22.3	35	0.6371
4	20	12	20	20.6632	25.5	62	0.4113
4	20	16	20	25.5518	21.7	64	0.3391
4	20	20	20	29.5160	18.8	64	0.2938
8	20	12	20	13.2389	19.5	37	0.5270
8	20	16	20	14.1215	10.4	37	0.2811
8	20	20	20	13.2389	6.5	37	0.1757
12	20	16	20	12.1954	30.1	62	0.4855
12	20	20	20	12.5225	16.7	67	0.2493
16	20	20	20	12.9294	17.5	34	0.5147

1.2 Pengukuran Teknik Mekanika Tanah

Lokasi 1

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran		
	1	2	3
No. Pengujian	1	2	3
Berat botol + corong, W1 (g)	716	716	716
Berat air penuh dalam gelas + corong, W2 (g)	5422	5431	5429
Berat pasir penuh dalam botol + corong, W3 (g)	8037	8030	8030
Berat isi pasir (g)	1.56	1.55	1.55
Berat pasir secukupnya dalam botol + corong, W4 (g)	5288	5360	5235
Berat sisa pasir + botol + corong, W5 (g)	3818	3933	3841
Berat pasir dalam corong, W6=W4 - W5 (g)	1470	1427	1394

(Sumber: Testing Procedure Sand Cone Test)

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran
No. Titik	1
Berat pasir + gelas + corong (W6) (g)	8100
Berat sisa pasir + gelas + corong (W7) (g)	4390
Berat pasir dalam corong + lubang (W6-W7) (g)	3710
Berat pasir didalam corong (W4-W5) (g)	1430
Berat pasir didalam lubang W10=(W6-W7)-(W4-W5) (g)	2280
Berat isi pasir (g) pasir = (W3-W1)/(W2-W1) (g)	1.55
Volume tanah/pasir didalam lubang V= W10/g pasir (g)	1467.81
Berat tanah basah = (W8-W9) (g)	1805
Berat isi tanah basah gb = (W8-W9)/V (g)	1.23
Kadar air w (%)	18.36
Berat isi kering gd = (gb/ (100+w))*100%	1.04

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran	
No Cetakan	I	II
Berat tanah basah + cetakan W1 (g)	70.87	66.71
Berat tanah kering + cetakan W2 (g)	61.85	58.35
Berat cetakan W3 (g)	12.80	12.74
Kadar air, %	18.39	18.33
	18.36	

Lokasi 2

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran
No. Titik	2
Berat pasir + gelas + corong (W6) (g)	8000
Berat sisa pasir + gelas + corong (W7) (g)	4005
Berat pasir dalam corong + lubang (W6-W7) (g)	3995
Berat pasir didalam corong (W4-W5) (g)	1430
Berat pasir didalam lubang W10=(W6-W7)-(W4-W5) (g)	2565

Berat isi pasir (g) pasir = $(W3-W1)/(W2-W1)$ (g)	1.55
Volume tanah/pasir didalam lubang V= W10/g pasir (g)	1652
Berat tanah basah = $(W8-W9)$ (g)	2035
Berat isi tanah basah gb = $(W8-W9)/V$ (g)	1.23
Kadar air w (%)	17.43
Berat isi kering gd = $(gb/ (100+w))*100\%$	1.05

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran	
No Cetakan	I	II
Berat tanah basah + cetakan W1 (g)	73.40	63.66
Berat tanah kering + cetakan W2 (g)	64.25	56.14
Berat cetakan W3 (g)	12.78	12.13
Kadar air, %	17.78	17.09
	17.43	

Lokasi 3

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran
No. Titik	3
Berat pasir + gelas + corong (W6) (g)	7900
Berat sisa pasir + gelas + corong (W7) (g)	3795
Berat pasir dalam corong + lubang (W6-W7) (g)	4105
Berat pasir didalam corong (W4-W5) (g)	1430
Berat pasir didalam lubang W10= $(W6-W7)-(W4-W5)$ (g)	2675
Berat isi pasir (g) pasir = $(W3-W1)/(W2-W1)$ (g)	1.55
Volume tanah/pasir didalam lubang V= W10/g pasir (g)	1722
Berat tanah basah = $(W8-W9)$ (g)	2305
Berat isi tanah basah gb = $(W8-W9)/V$ (g)	1.34
Kadar air w (%)	16.68
Berat isi kering gd = $(gb/ (100+w))*100\%$	1.15

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran	
No Cetakan	I	II
Berat tanah basah + cetakan W1 (g)	69.56	70.04
Berat tanah kering + cetakan W2 (g)	61.35	61.93
Berat cetakan W3 (g)	12.61	12.81
Kadar air, %	16.84	16.51
	16.68	

Lokasi 4

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran
No. Titik	4
Berat pasir + gelas + corong (W6) (g)	7850
Berat sisa pasir + gelas + corong (W7) (g)	4009

Berat pasir dalam corong + lubang (W6-W7) (g)	3841
Berat pasir didalam corong (W4-W5) (g)	1430
Berat pasir didalam lubang $W_{10}=(W6-W7)-(W4-W5)$ (g)	2411
Berat isi pasir (g) pasir = $(W3-W1)/(W2-W1)$ (g)	1.55
Volume tanah/pasir didalam lubang $V= W_{10}/g$ pasir (g)	1552
Berat tanah basah = $(W8-W9)$ (g)	1852
Berat isi tanah basah $gb = (W8-W9)/V$ (g)	1.19
Kadar air w (%)	18.82
Berat isi kering $gd = (gb/ (100+w))*100\%$	1.00

Jenis Pengukuran	Hasil Pengukuran	
	I	II
No Cetakan		
Berat tanah basah + cetakan W1 (g)	74.87	72.93
Berat tanah kering + cetakan W2 (g)	66.16	62.35
Berat cetakan W3 (g)	12.77	12.75
Kadar air, %	16.31	21.33
	18.36	

1.3 Gambar Alat – alat yang Digunakan



Gambar 6.1 Resistivimeter



Gambar 6.2 Kabel Penghubung



Gambar 6.3 Handy Talky (HT)



Gambar 6.4 Meteran



Gambar 6.5 Accu 12A



Gambar 6.6 *Soil Measurement*



Gambar 6.7 Elektroda



Gambar 6.8 Palu



Gambar 6.9 Satu Set *Sand Cone*



Gambar 6.10 Neraca Digital

1.4 Dokumentasi Pengambilan Data



Gambar 6.12 Tim Peneliti Agrigeofisika



Gambar 6.13 Tim Peneliti Agrigeofisika Desa Mlokorejo



Gambar 6.14 Penentuan Titik Elektroda



Gambar 6.15 Uji Mekanika Tanah dengan *Sand Cone*



Gambar 6.16 Pengambilan Sampel Tanah



Gambar 6.17 Uji Sampel Tanah di Laboratorium