



**ANALISIS DAERAH RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN  
METODE RESISTIVITAS DAN UJI GEOTEKNIK  
DI DESA KEMIRI KABUPATEN JEMBER**

**TESIS**

Oleh :

**Bayu Buwana**

**Nim 201920301002**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2023**



**ANALISIS DAERAH RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN  
METODE RESISTIVITAS DAN UJI GEOTEKNIK  
DI DESA KEMIRI KABUPATEN JEMBER**

**TESIS**

Diajukan Guna Melengkapi Tugas Akhir Dan Memenuhi Syarat-Syarat Untuk  
Menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S2) Dan Mencapai Gelar

Magister Teknik Sipil

Oleh:

**Bayu Buwana**

**Nim 201920301002**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

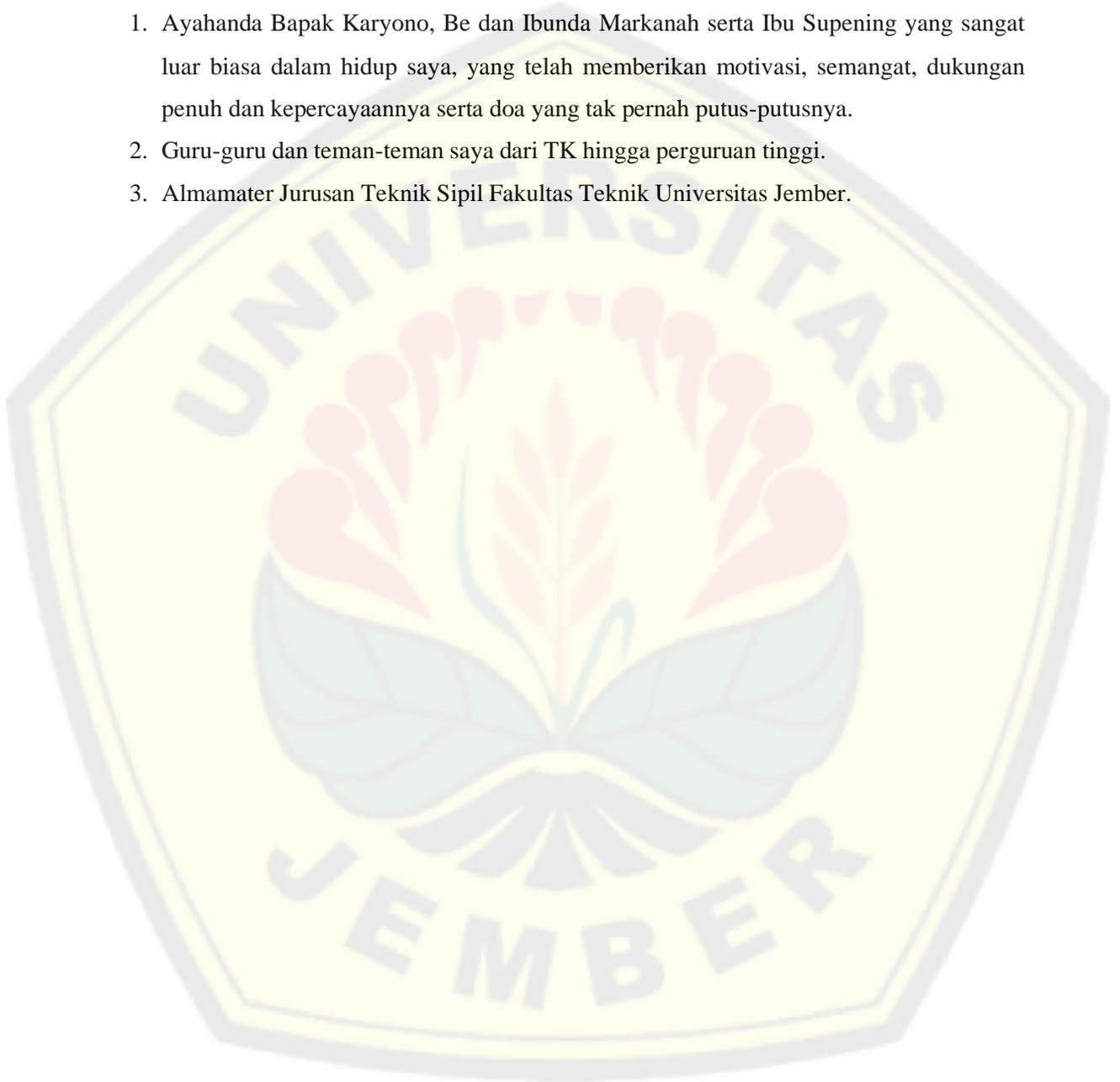
**UNIVERSITAS JEMBER**

**2023**

**PERSEMBAHAN**

Tesis ini saya persembahkan kepada :

1. Ayahanda Bapak Karyono, Be dan Ibunda Markanah serta Ibu Supening yang sangat luar biasa dalam hidup saya, yang telah memberikan motivasi, semangat, dukungan penuh dan kepercayaannya serta doa yang tak pernah putus-putusnya.
2. Guru-guru dan teman-teman saya dari TK hingga perguruan tinggi.
3. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.



**MOTTO**

*“Impossible Is Nothing” \*)*

*“Just Do It” \*\*)*



---

\*) Adidas (<https://www.adidas.co.id>)

\*\*\*) Nike (<https://www.nike.com/id/>)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bayu Buwana

NIM : 201920301002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "*Analisis Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Resistivitas Dan Uji Geoteknik Di Desa Kemiri Kabupaten Jember*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Januari 2023  
Yang menyatakan



Bayu Buwana  
NIM. 201920301002

**TESIS**

**HALAMAN PEMBIMBING**

**ANALISIS DAERAH RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN  
METODE RESISTIVITAS DAN UJI GEOTEKNIK  
DI DESA KEMIRI KABUPATEN JEMBER**

Oleh  
**Bayu Buwana**  
NIM 201920301002

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Tesis yang berjudul “Analisis Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Resistivitas Dan Uji Geoteknik Di Desa Kemiri Kabupaten Jember” karya Bayu Buwana telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 25 Januari 2023

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

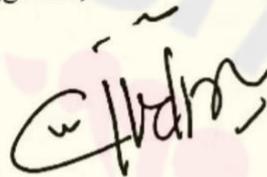
Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,



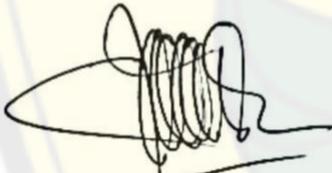
Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.  
NIP. 19961215 199503 2 001



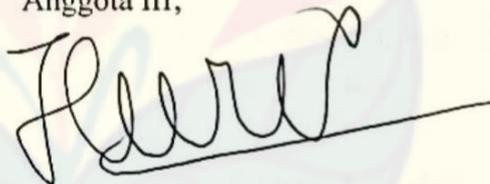
Dr. Ir. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T.  
NIP. 19701024 199803 2 001

Anggota II,

Anggota III,

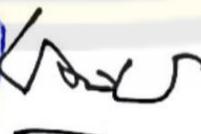


Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T.  
NIP. 19710804 199803 1 002



Dr. Ir. Krisnamurti, M.T.  
NIP. 19661228 199903 1 002

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember



Dr. Ir. Iriwahjri Hardianto, S.T., M.T.  
NIP. 19760826 199702 1 001

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Resistivitas Dan Uji Geoteknik Di Desa Kemiri Kabupaten Jember” dapat terselesaikan dengan baik. Tesis ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S2) dan mencapai gelar magister. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing anggota serta dosen pembimbing akademik, terima kasih atas segala bimbingannya, tanpa adanya beliau berdua skripsi ini tidak dapat selesai.
2. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. sebagai penguji 1 yang telah memberikan sumbangan pemikiran dan membantu dalam kesulitan sehingga dapat membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Bapak Dr. Ir. Krisnamurti, M.T sebagai penguji 2 yang memberikan masukan serta saran agar skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
3. Semua teman-teman di *Geophysics Team 18* Fisika FMIPA UNEJ
4. Teman-teman grup Whatsaap Penghuni Langit, Abdul Basri, Agus Adi, Akbar Fela, Anggy Yolanda, Anis Istiqomah, Rifang Pri, Zaenal Hayat, Rohmad Hidayat, Fathurrohman, M. Ikhsan, Arief Maulana, Nurin Naufal, Adi Nugroho, Izaaz Dian.
5. Teman-teman KEMAPATA yang telah mengurus saya semenjak awal menjadi mahasiswa baru di Universitas Jember.
6. Ibu Supening, Bapak Supriyono, Ibu Tri dan yang sudah merawat saya 3 tahun lamanya ketika berada di Sekolah Menengah Atas.

7. Bapak Eko dan Ibu Siti yang telah mengurus saya ketika berada di jenjang perguruan tinggi.

Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, 27 Januari 2023

Penulis



Bayu Buwana

NIM. 201920301002



**RINGKASAN**

**Analisis Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Resistivitas Dan Uji Geoteknik Di Desa Kemiri Kabupaten Jember;** Bayu Buwana; 201920301002; 67 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fkultas Teknik Universitas Jember

Longsor merupakan berpindahnya atau pergeseran suatu bahan penyusun. Bahan penyusun tersebut memiliki komposisi batuan yang bermacam-macam dan dapat bergerak secara spontan ataupun perlahan sesuai faktor-faktor yang dipengaruhi oleh kemiringan, struktur bebatuan, adanya bidang bidang gelincir, dan debit air hujan. Material bebatuan tersebut mudah bergeser apabila batuan yang kedap air berada di atas suatu batuan pembentuk lereng (Soenarmo *et al.*, 2008). Tingkat kerawanan tanah longsor cukup menarik untuk diteliti salah satunya yaitu di Kabupaten Jember khususnya di Kecamatan Panti. Tahun 2006 peristiwa tanah longsor pernah terjadi di Kecamatan Panti yang mengakibatkan banyak jatuhnya korban jiwa maupun korban harta. Data BPS Kabupaten Jember mencatat bahwa bencana tanah longsor yang terjadi pada tanggal 2 Januari 2006 mengakibatkan banyaknya korban jiwa maupun harta. Sebanyak meninggalnya 76 orang, hilangnya 15 orang, 1.900 orang mengungsi, 36 rumah sebanyak 36 hanyut, rusaknya 2400 rumah dan putusnya jembatan serta sawah rusak seluas 14 ha. Beberapa desa di Kecamatan Panti yang mengalami dampak dari longsor tersebut yaitu Desa Kemiri dan Suci yang merupakan area yang memiliki tingkat kerawanan tertinggi

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat kerawanan longsor di Desa Kemiri Kecamatan Panti beserta pengaruh nilai resistivitas terhadap faktor keamanan yang didapatkan. Beberapa uji yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan longsor yaitu menggunakan uji geolistrik dan uji geoteknik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai resistivitas yang didapatkan dari uji lapang (Uji Geolistrik) dan juga nilai faktor keamanan (Uji Geoteknik) yang diperoleh dari uji laboratorium. Perbedaan uji geolistrik dan juga uji geoteknik dalam penelitian ini yaitu untuk uji geolistrik merupakan uji lapang yang bertujuan menghasilkan nilai resistivitas dan juga jenis litologi bawah permukaan tanah,

sedangkan uji geoteknik bertujuan untuk menghasilkan nilai kohesi, psi, dan juga nilai gamma sebagai data input untuk menghasilkan nilai faktor keamanan.

Hasil penelitian ini menunjukkan lokasi memiliki besar nilai resistivitas antara 0,72  $\Omega$ m hingga 267  $\Omega$ m. Tanah di lokasi penelitian berjenis lempung basah hingga tanah berjenis batuan pasir. Kondisi tersebut sama halnya dengan kondisi tanah di Kabupaten Jember yang merupakan wilayah dengan jenis tanah lempung. Nilai resistivitas yang didapatkan juga bernilai relatif kecil. Nilai kecil ini dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah yang basah, hal ini disebabkan karena waktu pengambilan data lapang dilakukan setelah terjadinya hujan. Kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa hal. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu jenis litologi antara lapisan tanah atas dan lapisan tanah bawah. Ketika lapisan tanah atas memiliki jenis litologi dengan nilai resistivitas kecil bertemu lapisan tanah bawah yang memiliki litologi dengan nilai resistivitas besar maka akan mempengaruhi nilai faktor keamanan. Semakin besar perbedaan nilai resistivitas antar kedua lapisan tanah maka semakin kecil nilai faktor keamanan yang didapatkan. Tingkat kerawanan longsor di desa Kemiri tersebar merata dan hanya lokasi pertama yang memiliki nilai faktor keamanan diatas 2. Nilai yang rendah tersebut rawan terjadinya longsor secara tiba-tiba dan dapat menyebabkan masyarakat maupun pengunjung Agrowisata terkena dampak dari longsor. Tingginya tingkat pergeseran tanah di lokasi penelitian mengharuskan masyarakat lebih berhati-hati jika melewati lokasi tersebut khususnya pada musim penghujan.

Kata Kunci : Longsor, Uji Geolistrik, Uji Geoteknik, Resistivitas,  
Faktor Keamanan

## SUMMARY

Analysis of Landslide-Prone Areas Using Resistivity Methods and Geotechnical Tests in Kemiri Village, Jember Regency; Bayu Buwana; 201920301002; 67 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

Landslide is the movement or shift of a constituent material. These constituent materials have various rock compositions and can move spontaneously or slowly according to factors that are influenced by slope, rock structure, the presence of slip planes, and rainwater discharge. The rock material shifts easily if the impermeable rock is above a slope-forming rock (Soenarmo et al., 2008). The level of vulnerability to landslides is quite interesting to study, one of which is in Jember Regency, especially in Panti District. In 2006 a landslide occurred in Panti District which resulted in many casualties and property casualties. BPS data for Jember Regency records that the landslide disaster that occurred on January 2, 2006 resulted in a large number of casualties and property. A total of 76 people died, 15 people disappeared, 1,900 people were displaced, 36 houses were washed away, 2,400 houses were damaged and bridges were broken and 14 hectares of rice fields were damaged. Several villages in the Panti District that were affected by the landslide, namely Kemiri and Suci Villages, are areas that have the highest level of vulnerability.

The purpose of this study is to determine the level of vulnerability to landslides in the Village of Kemiri District of Panti along with the effect of the resistivity value on the safety factor obtained. Several tests that can be used to determine the level of landslide vulnerability are using geoelectric tests and geotechnical tests. The results of this study indicate the resistivity values obtained from field tests (Geoelectrical Tests) and also the safety factor values (Geotechnical Tests) obtained from laboratory tests. The difference between the geoelectric test and the geotechnical test in this study is that the geoelectric test is a field test that aims to produce resistivity values and also subsurface lithology types, while the

geotechnical test aims to produce cohesion values,  $\psi$ , and also gamma values as input data to produce safety factor value.

The results of this study indicate that the location has a resistivity value between  $0.72 \Omega\text{m}$  to  $267 \Omega\text{m}$ . The soil in the research location is from wet clay to sandstone. This condition is the same as the condition of the soil in Jember Regency which is an area with clay soil types. The resistivity value obtained is also relatively small. This small value can be affected by wet soil conditions, this is because the field data collection time is done after the rain. Slope stability is influenced by several things. One of the influencing factors is the type of lithology between the topsoil and subsoil. When the topsoil has a type of lithology with a small resistivity value meets a subsoil that has a lithology with a large resistivity value, it will affect the value of the factor of safety. The greater the difference in the resistivity values between the two layers of soil, the smaller the value of the factor of safety obtained. The level of vulnerability to landslides in Kemiri village is spread evenly and only the first location has a safety factor value above 2. This low value is prone to sudden landslides and can cause the community and Agrotourism visitors to be affected by landslides. The high rate of shifting of land in the research location requires the community to be more careful when passing through the location, especially during the rainy season.

Keywords: Landslide, Geoelectric Test, Geotechnical Test, Resistivity,  
Safety Factor

**DAFTAR ISI**

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	5
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	5
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Kondisi Geografis</b> .....	7
<b>2.2 Tanah dan Tanah Longsor</b> .....	8
2.2.1 Tanah .....	8
2.2.2 Tanah Longsor .....	9
2.2.3 Proses Terjadinya Tanah Longsor .....	9
2.2.4 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor .....	10
2.2.5 Jenis Tanah Longsor .....	13
<b>2.3 Pendekatan Resistivitas</b> .....	14
2.3.1 Resistivitas Batuan.....	14

2.3.2 Metode Geolistrik Resistivitas .....	16
2.3.3 Wenner Schlumberger .....	19
<b>2.4 Pendekatan Geoteknik .....</b>	<b>20</b>
2.4.1 Kuat Geser Tanah .....	20
2.4.2 Limit Equilibrium Method (LEM).....	22
2.3.4 Analisa Bishop.....	24
2.4.4 Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanis.....	25
2.4.5 Pengeboran Tangan.....	28
2.4.6 Faktor Keamanan (FK) .....	28
<b>2.5 Software Pendukung .....</b>	<b>31</b>
2.5.1 Software Res2Dinv .....	31
2.5.2 <i>Rockscience Slide</i> .....	32
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Lokasi Penelitian.....</b>	<b>33</b>
3.1.1 Penentuan Lokasi .....	35
<b>3.2 Rancangan Penelitian.....</b>	<b>39</b>
3.2.1 Persiapan Alat Penelitian .....	40
3.2.2 Pengambilan Data Lapang .....	41
3.2.3 Pengambilan Data Uji Laboratorium.....	42
3.2.4 Pengabungan Data Uji Lapang dan Uji Laboratorium .....	43
3.2.5 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan.....	43
<b>3.3 Jenis dan Sumber Data .....</b>	<b>44</b>
<b>3.4 Definisi Operasional Variabel .....</b>	<b>44</b>
<b>3.5 Pengolahan Data.....</b>	<b>44</b>
<b>3.6 Indikator Keberhasilan Penelitian.....</b>	<b>47</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Lokasi Pertama .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2 Lokasi Kedua .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 Lokasi Ketiga .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3 Lokasi Keempat .....</b>	<b>56</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN .....</b>	<b>59</b>

5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	67



DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2.1 Nilai resistiviti .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabel 2.2 Nilai resistivitas batuan.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabel 2.3 Tingkat nilai Fk Teoritis .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabel 2.4 Tingkat nilai Fk dalam praktek.....</b>	<b>29</b>
<b>Table 3.1 Indikator Keberhasilan Penelitian.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabel 4.1. Kisaran Faktor Keamanan.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabel 4.2 Jenis Litologi Lokasi Pertama .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabel 4.3 Nilai Kohesi, Phi, dan Gamma Lokasi Pertama .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabel 4.4 Jenis Litologi Lokasi Kedua .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabel 4.5 Nilai Nilai Kohesi, Phi, dan Gamma Lokasi kedua.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabel 4.6 Jenis Litologi Lokasi Ketiga .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabel 4.7 Nilai Nilai Kohesi, Phi, dan Gamma Lokasi ketiga.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabel 4.8 Jenis Litologi Lokasi Keempat .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabel 4.9 Nilai Nilai Kohesi, Phi, dan Gamma Lokasi keempat.....</b>	<b>57</b>

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta geologi Kabupaten Jember .....	7
Gambar 2.2 Tipe Longsor .....	14
Gambar 2.3 Cara Kerja Metode Resistivitas.....	17
Gambar 2.4 Pola Wenner Schlumberger .....	20
Gambar 2.5 Batas-batas Atterberg.....	20
Gambar 2.6 Kriteria Kegagalan Mohr-Coulomb .....	21
Gambar 2.7 Lingkaran Mohr .....	22
Gambar 2.8 Permukaan Longsor .....	23
Gambar 2.9 Gaya pada bagian tiap kelereng.....	23
Gambar 3.2 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah .....	34
Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Data Lapang.....	34
Gambar 3.4 Lokasi Pengambilan Data Lapang.....	35
Gambar 3.5 Lokasi Pengambilan Data Lapang Pertama .....	35
Gambar 3.6 Lokasi Pengambilan Data Lapang Kedua.....	36
Gambar 3.7 Lokasi Pengambilan Data Lapang Ketiga.....	37
Gambar 3.8 Lokasi Pengambilan Data Lapang Keempat.....	38
Gambar 3.9 Rancangan Penelitian .....	39
Gambar 3.10 Contoh Hasil Output Software Res2Dinv.....	45
Gambar 3.11 Contoh pengambilan sampel pada lokasi penelitian .....	46
Gambar 3.11 Contoh Tampilan Hasil Software Rockscience Slide .....	46
Gambar 4.1 Sebaran Nilai Resistivitas Lokasi Pertama .....	49
Gambar 4.2 Nilai faktor keamanan lokasi pertama .....	50
Gambar 4.3 Sebaran Nilai Resistivitas Lokasi Kedua.....	51
Gambar 4.4 Nilai faktor keamanan lokasi kedua .....	52
Gambar 4.5 Sebaran Nilai Resistivitas Lokasi Ketiga.....	53
Gambar 4.7 Sebaran Nilai Resistivitas Lokasi Keempat.....	56
Gambar 4.8 Nilai faktor keamanan lokasi keempat .....	56



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Longsor dapat diartikan sebagai pengaruh gaya gravitasi terhadap gerakan massa batuan atau tanah pada suatu lereng (Naryanto, 2011). Longsor sering terjadi pada lereng yang terbentuk secara alamiah atau hasil rekayasa manusia dan sebenarnya merupakan fenomena alam yang dipengaruhi beberapa faktor yang menyebabkan meningkatnya tegangan geser pada tanah (Suripin, 2002). Longsor dapat juga merupakan berpindahnya atau pergeseran suatu bahan penyusun. Bahan penyusun tersebut memiliki komposisi batuan yang bermacam-macam dan dapat bergerak secara spontan ataupun perlahan sesuai faktor-faktor yang dipengaruhi oleh kemiringan, struktur bebatuan, adanya bidang-bidang gelincir, dan debit air hujan (Diandong *et al.*, 2011). Material bebatuan tersebut mudah bergeser apabila batuan yang kedap air berada di atas suatu batuan pembentuk lereng (Soenarmo *et al.*, 2008). Menurut Syamsuddin (2009) secara umum longsor dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok utama yaitu *falls*, *slides*, serta *flows*. *Falls* merupakan jatuhnya pecahan tanah dan batuan. *Falls* terjadi dikarenakan tanah memiliki pecahan bebatuan besar atau kecil setelah itu terlepas dan terjatuh secara bebas. *Slides* merupakan gelinciran tanah dan batuan yang terjadi dikarenakan material yang mengalami pergerakan masih sedikit koheren dan pergerakan tersebut terjadi di atas suatu permukaan bidang gelincir. *Flows* atau gerakan tanah yang mengalir seperti cairan kental yang terjadi dikarenakan gerakan material menuruni lereng dengan cepat dan umumnya material-material tersebut dapat berupa campuran sedimen, air atau udara yang dianggap mengalir.

Menurut Bakornas PB, (2007) longsor translasi, longsor rotasi, longsor pergerakan blok, longsor runtuh batu, dan longsor aliran bahan merupakan jenis longsor. Longsor jenis translasi merupakan bergesernya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau bergelombang dengan landau.

Jenis longsor kedua yaitu longsor rotasi yang merupakan bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir dan berbentuk cekung. Tipe longsor ketiga yaitu longsor pergerakan blok yang merupakan batuan yang bergerak dan berpindah pada bidang gelincir berbentuk yang berbentuk rata. longsor jenis ini ini disebut longsor translasi blok batu. Jenis longsor keempat yaitu longsor runtuh batu. Longsor ini terjadi ketika bergeraknya sejumlah besar batuan atau material lain ke bawah dengan cara jatuh bebas, Jenis longsor kelima adalah longsor rayapan tanah yang adalah tipe longsor yang pergerakannya lambat dan tanahnya berjenis butir-butir kasar serta halus. Tipe longsor yang terakhir yaitu longsor aliran material yang terjadi ketika bergeraknya massa tanah yang disebabkan oleh air. Kecepatan longsor tergantung pada kemiringan lereng, volume, tekanan air, dan jenis bahan penyusunnya.

Tingkat kerawanan tanah longsor cukup menarik untuk diteliti salah satunya yaitu di Kabupaten Jember khususnya di Kecamatan Panti. Tahun 2006 peristiwa tanah longsor pernah terjadi di Kecamatan Panti yang mengakibatkan banyak jatuhnya korban jiwa maupun korban harta. Data BPS Kabupaten Jember mencatat bahwa bencana tanah longsor yang terjadi pada tanggal 2 Januari 2006 mengakibatkan banyaknya korban jiwa maupun harta. Sebanyak meninggalnya 76 orang, hilangnya 15 orang, 1.900 orang mengungsi, 36 rumah sebanyak 36 hanyut, rusaknya 2400 rumah dan putusnya jembatan serta sawah rusak seluas 14 ha. Beberapa desa di Kecamatan Panti yang mengalami dampak dari longsor tersebut yaitu Desa Kemiri dan Suci yang merupakan area yang memiliki tingkat kerawanan tertinggi (Nurchahyo,2011).

Terdapat berbagai macam metode yang dapat digunakan dalam analisa longsor. Sebagai contoh yaitu metode resistivitas dan pengujian laboratorium. Metode ini adalah metode yang mempelajari karakteristik aliran arus listrik di bawah permukaan (Usman, 2017). Metode geolistrik dibagi menjadi 2 jenis yaitu *mapping* dan *sounding* (Bahri, 2005). Metode geolistrik menghasilkan output berupa nilai resistivitas. Nilai resistivitas ini selanjutnya akan menentukan pengambilan sampel tanah yang nantinya akan diujikan menghasilkan nilai faktor keamanan suatu lereng. Oleh karena itu nilai resistivitas ini dapat menentukan

seberapa besar faktor keamanan kestabilan lereng di lokasi penelitian. Semakin kecil nilai resistivitas maka nilai faktor keamanan kestabilan lereng akan semakin kecil juga. Metode lain yang dapat digunakan yaitu melakukan uji laboratorium terhadap sample tanah yang di ambil dilokasi penelitian. Metode ini membutuhkan inputan sebuah model lereng dan data sifat fisis dan mekanis tanah. Model lereng dalam penelitian ini dibuat berdasarkan penampang resistivitas hasil pengukuran geolistrik resistivitas, sehingga bisa diketahui rupa perlapisan dalam lereng. Sedangkan data sifat fisis dan mekanis tanah didapatkan dari analisis sampel tanah di laboratorium (Yulikasari,2017).

Penelitian kerawanan longsor ditinjau dari kondisi daerah bawah permukaan dan menggunakan metode geolistrik telah dilakukan sebelumnya oleh (Susilo,2018). Penelitian tersebut bertujuan untuk meminimalisir adanya korban jiwa ketika terjadi longsor. Hasil dari penelitian tersebut mendapatkan jenis tanah yaitu tanah lempung antara  $9,3 \Omega\text{m}$  hingga  $85,8 \Omega\text{m}$ , tanah tuf antara  $178 \Omega\text{m}$  hingga  $779 \Omega\text{m}$  serta tanah breksi lebih dari  $1629 \Omega\text{m}$ . Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada daerah penelitian memiliki tingkat kerawanan tinggi dikarenakan hasil korelasi dari data resistivitas dan data pengeboran didominasi oleh tanah liat. Penelitian selanjutnya yaitu (Sismanto,2019) yang melakukan penelitian tentang tanah longsor yang sebelumnya telah terjadi dengan bantuan metode geolistrik. Penelitian tersebut mendapatkan bahwa terdapat dua buah lapisan yang didapatkan. Lapisan pertama dengan dengan besar nilai resistivitas sebesar  $10 \Omega\text{m} - 79 \Omega\text{m}$  yang diidentifikasi sebagai tanah yang mudah bergerak, dan lapisan kedua dengan nilai resistivitas sebesar  $0,15 \Omega\text{m} - 10 \Omega\text{m}$  merupakan batu gamping jenuh air. Batu gamping jenuh air ini merupakan lapisan yang berperan sebagai bidang gelincir.

Penelitian penentuan faktor keamanan menggunakan gabungan metode geolistrik dan uji laboratorium telah dilakukan oleh (Yulikasari,2017). Penelitian tersebut dilakukan di Kecamatan Selorejo Kabupaten Blitar. Penelitian tersebut mendapatkan bahwa kondisi litologi berupa pasir lanauan dengan nilai resistivitas sebesar  $2,15 \Omega\text{m}$  hingga mencapai  $628 \Omega\text{m}$ . Nilai faktor keamanan yang diperoleh yaitu sebesar 1.508 yang di dapatkan sebelum terjadinya hujan di lokasi 5 dan 6 dan

bernilai 1.458 setelah hujan. Hasil lintasan 7 dan 8 bernilai 1.502 sebelum terjadinya hujan dan setelah hujan bernilai 1.273. Hasil menunjukkan bahwa FK lebih dari 1 dan dapat dikategorikan sebagai lereng yang stabil.

Penelitian yang telah dilakukan di Kecamatan Panti antara lain yaitu penelitian Rohimah (2019) yaitu penentuan kestabilan tanah di dengan metode resistivitas dan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis. Hasil memperlihatkan kesamaan antara kedua metode tersebut. Sampel ke-1, ke-2, ke-3, dan ke-4 berturut-turut memiliki harga resistivitas 20,9  $\Omega\text{m}$ -24,2  $\Omega\text{m}$  dan diklasifikasikan sebagai tanah lempung, 69,8  $\Omega\text{m}$  – 201  $\Omega\text{m}$  diidentifikasi sebagai jenis tanah lanauan, 10,9  $\Omega\text{m}$ -20,9  $\Omega\text{m}$  diduga sebagai lempung basah, 28,9  $\Omega\text{m}$  –40,0  $\Omega\text{m}$  diduga sebagai tanah lempung kering. Pengujian laboratorium memiliki indeks plastisitas sebesar 11,91, 10,39, 12,15 dan 15,22. Pengidentifikasian tanah pertanian dengan metode resistivitas dan uji lab dilakukan oleh Emawati (2019). Hasil penelitian pada lintasan 1, 2, dan 3 mendapatkan nilai resistivitas 4,60  $\Omega\text{m}$  –208  $\Omega\text{m}$ , 76  $\Omega\text{m}$  – 214  $\Omega\text{m}$ , 2,68  $\Omega\text{m}$  – 256  $\Omega\text{m}$  dan merupakan jenis tanah lempung lanauan dan pasiran. Uji laboratorium lokasi pertama mendapatkan besar porositas yaitu 43% - 77% dan didapatkan gradasi butiran 8% yaitu krikil, 62% yaitu pasiran, 30% yaitu lanau, an lokasi kedua dengan porositas 31% - 51% dan terdiri dari 10% merupakan krikil, 65,5% pasir dan 24,5% lanau, Lokasi terakhir memiliki gradasi butiran sebesar 13% krikil , 69% pasiran 18% lanauan, serta 45% porositasnya.

Menindak lanjuti permasalahan bahaya bencana tanah longsor tersebut, maka penulis melakukan penelitian di Kecamatan Panti tepatnya di Desa Kemiri. Hasil penelitian sebelumnya menjadi acuan penulis untuk melakukan penelitian terhadap jenis litologi yang rawan terhadap pergeseran tanah. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dan juga menggunakan uji laboratorium. Metode geolistrik resistivitas dapat di gunakan dalam melakukan pendeteksian litologi batuan, sedangkan uji laboratorium dimaksudkan untuk mengetahui nilai berat tanah, kuat pergeseran tanah dan juga sudut pergeseran tanah sebagai faktor penentu dari besarnya nilai faktor keamanan di daerah penelitian. Selanjutnya output dari penelitian ini yaitu berupa peta rawan longsor yang berada di Desa Kemiri Kecamatan Panti. Hal tersebut cukup menarik

untuk diteliti, sehingga jenis litologi penyebab tanah longsor dan juga faktor keamanan tanah di Kecamatan Panti dapat terdeteksi.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Menindak lanjuti permasalahan yang sebelumnya telah dipaparkan, rumusan masalah yang dapat di ambil pada tesis ini yaitu:

1. Bagaimanakah sebaran nilai resistivitas dan kondisi litologi di bawah permukaan tanah Desa Kemiri yang rawan terjadinya bencana tanah longsor ?
2. Bagaimanakah keterkaitan kondisi tanah dan kondisi litologi terhadap kestabilan lereng di Desa Kemiri ?
3. Bagaimanakah sebaran tingkat kerawanan longsor di Desa Kemiri Kecamatan Panti?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Menindak lanjuti permasalahan di atas, maka tujuan dari tesis ini adalah:

1. Analisa sebaran nilai resistivitas dan kondisi litologi di Desa Kemiri yang rawan terjadi tanah longsor.
2. Analisa keterkaitan kondisi tanah di Desa Kemiri yang dapat mempengaruhi besarnya nilai faktor keamanan yang dihasilkan.
3. Analisa sebaran tingkat kerawanan longsor di Desa Kemiri sehingga masyarakat dapat berhati-hati jika melewati lokasi tersebut.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukanya penelitian ini adalah:

1. Memberikan sumbangan pemikiran dan pengetahuan terhadap pendekteksian kondisi litologi dan pengaruhnya terhadap longsor.
2. Memberikan informasi bahwa uji geolistrik dan uji geoteknik dapat digunakan sebagai metode pendekteksian kerawanan longsor.
3. Sebagai sumber informasi kepada masyarakat setempat mengenai bahaya tanah longsor yang mungkin akan terjadi di sekitar lokasi penelitian berupa papan

peringatan maupun pamphlet berisi informasi kerawanan jenis tanah sehingga masyarakat yang bertempat tinggal dilokasi penelitian dapat berhati-hati sehingga akan meminimalisir timbulnya korban jiwa.

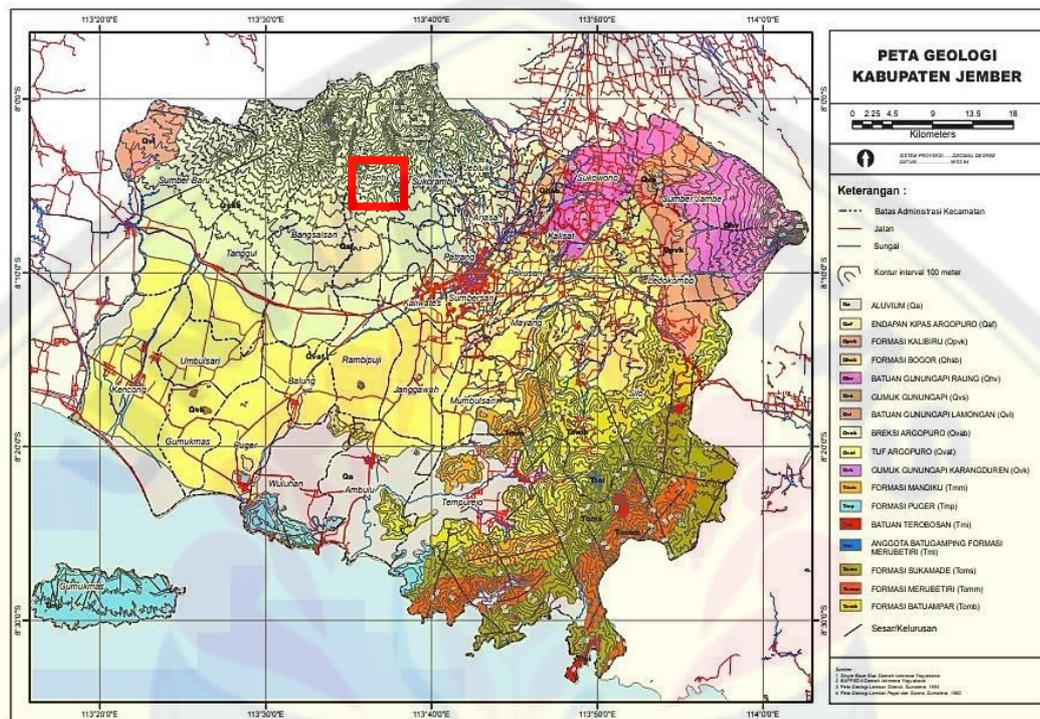
#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dapat diambil yaitu :

1. Penelitian kerawanan longsor ini diimplementasikan di Desa Kemiri Kabupaten Jember.
2. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik dan uji laboratorium. Metode Geolistrik untuk menentukan besaran resistivitas yang ada dan menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Uji laboratorium digunakan sebagai penentu faktor keamanan setelah dilakukannya permodelaan lere dan uji sifat fisis tanah.
3. Penelitian ini diolah menggunakan *software Res2Dinv* sebagai software untuk mendapatkan jenis litologi berdasarkan data nilai resistivitas yang diperoleh dan *software Rockscience Slide* sebagai software untuk mendapatkan nilai faktor keamanan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Geografis



Gambar 2.1 Peta geologi Kabupaten Jember (Sujatmiko, 2016)

Keterangan

: Lokasi Pengambilan data

Menurut Sudiyono (2012), secara geografis. Kabupaten Jember memiliki luas wilayah 3.293,34 km<sup>2</sup>, dengan panjang pantai 170 km dan 6 27'29" s/d 7 14'35" BT dan 7 59'6" s/d 8 33'56" LS merupakan posisi dari Kabupaten Jember. Luasan dari perairan Kabupaten Jember yang termasuk zona ekonomi eksklusif 8.338,5 km<sup>2</sup>. Kecamatan Panti sendiri merupakan tatanan stratigrafi Breksi Argopuro (Qvab). Batuan Gunung Argopuro yang sudah lapuk merupakan batuan di kecamatan panti cukup tebal dan berwarna merah kehitaman. Batu lainnya yang terdapat yaitu berupa batuan krikil, batuan kerakal, dan batuan bongkahan merupakan komposisi dari endapan Kipas Argopuro (Qaf) yang terlihat pada **Gambar 2.1** (Sapei et. al., 1992).

## 2.2 Tanah dan Tanah Longsor

### 2.2.1 Tanah

lapisan atas permukaan yang berkomposisi dari beberapa bahan induk yang telah mengalami proses perombakan yang dibantu dari alam dapat disebut dengan tanah (Verhoef, 1989). Fungsi tanah diantaranya adalah untuk tumbuh tumbuhan, air serta sumber dari unsur-unsur hara lainya untuk tumbuhan (Rahmi dan Biantary, 2014). Faktor pembentukan tanah menghasilkan faktor interaksi berupa bahan induk, iklim, topografi, organisme, dan waktu (Jenny,1941)

#### a. Komponen Tanah

Tanah mengandung udara, air, mineral dan bahan organik. Produktivitas dan karakteristik tanah akan dipengaruhi komposisi tersebut. Tanah yang mengandung banyak bahan organik merupakan topsoil dan subsoil lebih sedikit bahan organik dan juga udara tetapi lebih terisi oleh air (Brady, 2008). Menurut Hardjowigeno, (2003). Menurut Foth (1994) kedalaman dari topsoil dan subsoil bermacam-macam. Topsoil memiliki kedalaman antara 0 hingga 50 cm dan subsoil memiliki kedalamannya 50 cm hingga 100 cm.

#### b. Pembentukan Tanah

Pelapukan terdiri dari dua jenis yaitu fisik dan kimia yang merupakan proses terbentuknya tanah. Terdapat 2 jenis pembentukan tanah yaitu pembentukan tanah secara pasif dan pembentukan tanah secara aktif. Tanah yang pasif dibentuk oleh bagian – bagian yang menjadi sumber masa dan keadaan meliputi bahan induk, topografi, dan waktu. Sedangkan biosfer, atmosfer, dan hidrosfer dihasilkan energi yang bekerja pada massa tanah dan merupakan pembentukan tanah aktif (Darmawijaya, 1997).

#### c. Kimia Pada Tanah

Komposisi bahan kimia bersifat an-organik dari hasil lapuknya batua- batuan serta hasil dekomposisi dari bahan organik disebut sebagai kimia yang terkandung dalam tanah. Proses kimia penurunan serta peningkatan fungsi tanah berdasarkan kelarutannya serta adanya unsur-unsur yang berada di dalam tanah merupakan proses kimiawi. Kimia pada tanah dapat digunakan sebagai pengetahuan terhadap

komposisi yang dapat berperan sebagai toxic pada tanah. Proses kimia tanah sangat berhubungan erat dan mempengaruhi sifat fisik tanah (Utomo, 2016).

#### d. Fisik Tanah

Menurut Hillel (1982). Penggunaan tanah serta yang berhubungan dengan adanya oksigen serta jalanya air dalam tanah dipengaruhi oleh sifat fisik tanah. Padatan, cairan dan udara merupakan komponen penyusun fisik tanah. Komponen Air dan udara serta unsur hara sebagai sumber bagi tumbuhnya tumbuhan dipengaruhi oleh tekstur, struktur, kepadatan, porositas, suhu, serta warna. Pengolahan tanah perlu mempelajari ilmu fisik tanah agar dapat diberikannya media tanam yang cocok untuk tanaman

#### 2.2.2 Tanah Longsor

Berpindahnya bahan pembentukan lereng yang berjalan kebawah atau ke luar lereng yang berupa bebatuan, bahan rombakan, tanah, atau bahan gabungan tersebut merupakan definisi dari longsor. Air yang bergerak ke dalam tanah akan menambahkan massa dari tanah. Apabila air mencapai sampai tanah impermeabel yang memiliki andil sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah lapuk di atas tanah yang licin akan memiliki pergerakan mengikuti lereng dan keluar lereng merupakan proses terbentuknya longsor (Muntohar, 2010).

#### 2.2.3 Proses Terjadinya Tanah Longsor

Apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan maka akan terjadi tanah longsor. Besar sudut kelerengan, air, massa serta berat jenis tanah bebatuan mempengaruhi gaya pendorong dan gaya penahan sering dipengaruhi oleh kuatnya bebatuan dan faktor padatnya tanah. (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2008). Kejadian tersebut dapat dilihat dari gejala-gejala sebagai berikut.

- a. Retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing mulai bermunculan.
- b. Biasanya terjadi setelah hujan.
- c. Secara tiba-tiba muncul mata air baru.
- d. Berjatuhan kerikil dan tebing yang mulai rapuh.

#### 2.2.4 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Karnawati (dalam Darmawan, 2014) faktor pengendali pergerakan seperti geomorfologi, geologi, geohidrologi, dan penggunaan lahan, serta adanya proses-proses pemicu pergerakan seperti, masuknya air ke dalam lereng, adanya pergerakan, serta pengaruh manusia merupakan fhal-hal yang dapat menyebabkan terjadinya longsor.

##### 2.2.4.1 Faktor Pengontrol

###### a. Kelerengan

Menurut Karnawati (2008), slope merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam proses terbentuknya tanah longsor. Terdapat tiga tipologi lereng atau pembagian zona kerentanan sangat terkait dengan kondisi kemiringan lereng yang rentan, adalah:

1. Lereng yang terdiri dari menumpuknya tanah gembur yang memiliki komposisi bebatuan atau tanah yang padat
2. Lereng terbentuk dari pelapisan bebatuan miring searah lereng
3. Lereng tersusub dari blok-blok batuan.

###### b. Kondisi Geologi

Gerakan tanah dipengaruhi oleh struktur geologi, karakteristik bebatuan, lemahnya daya ikat tanah karena proses pelatutan. Kontak bebatuan dasar dengan pelapukan bebatuan, retakan, pelapisan bebatuan, dan patahan di pengaruhi oleh struktur geologi yang. Kemiringan lapisan bebatuan yang sebidang dengan kemiringan lereng berpotensi menyebabkan geraknya tanah yang dipengaruhi oleh struktur pelapisan bebatuan serta berfungsi sebagai bidang gelincir (Effendi,2008).

###### c. Penggunaan Lahan

Lahan berkebun, perumahan, dan lahan tani yang berposisi pada lereng yang curam sering terjadi tanah longsor. Akar yang lemah untuk menyatukan elemen tanah dan membuat tanah menjadi lunak serta permeabel mudah terjadinya tanah longsor pada lahan persawahan. Lahan berkebun terdapat akar pohon yang tidak

bisa menembus bidang longsor dalam dan peristiwa tersebut sering terjadi di daerah longsor dengan jangka waktu yang lama.

#### 2.2.4.2 Faktor Pemicu

Longsor secara alami atau buatan maupun gabungannya dipicu oleh gangguan merupakan definisi dari faktor pemicu. Hilangnya kestabilan pada suatu lereng dipercepat oleh faktor pemicu. Gaya penggerak/peluncur/driving force, yang meningkat serta berkurangnya gaya penahan gerakan/resisting force, ataupun keduanya dapat disebabkan oleh faktor pemicu tersebut. Terdapat 4 faktor pemicu tanah longsor sebagai berikut:

##### a. Hujan

(Karnawati dalam Effendi, 2008) batuan yang lebih kompak dan kedap air akan menahan air hujan yang meresap ke dalam tanah lempung pada lereng. Penampungan air dan titik longsor merupakan peranan dari batuan kompak, sedangkan tergelincirnya berat tanah di atas batuan tersebut merupakan pengaruh dari air hujan. Kecepatan penggelinciran akan semakin cepat ketika lereng memiliki kemiringan yang curam. Tanah yang longsor yang sering menimbulkan suara gemuruh biasanya bisa berubah jadi aliran lumpur ketika longsor. Hujan deras dan Hujan normal berlangsung lama merupakan 2 jenis hujan yang dapat memicu longsor di Indonesia. Hujan yang mencapai 70 mm per jam atau lebih dari 100 mm per hari merupakan tipe hujan deras. Kelerengan yang mudah dimasuki air misalnya pada tanah lempungan dan tanah berjenis pasir merupakan tanah yang efektif dapat dipicu oleh hujan deras. Bulan Oktober atau awal November di Jawa merupakan bulan-bulan awal musim hujan yang dapat terjadi longsor. Hujan yang <20 mm per hari merupakan hujan normal. Longsor yang terdiri dari tanah yang susah dilewati air, misal lereng berjenis tanah lempung dapat dipicu oleh hujan normal yang berlangsung lama dari mulai mingguan hingga bulanan (Karnawati dalam Effendi, 2008).

#### b. Getaran

Pelemahan atau Pemutusan hubungan antar butir partikel-partikel penyusun tanah/batuan pada lereng merupakan faktor yang dipicu oleh getaran. Peranan getaran adalah penambah gaya untuk menggerakkan dan sekaligus untuk mengurangi gaya penahan. Getaran gempa bumi yang diikuti dengan peristiwa liquefaction merupakan contoh getaran yang memicu longsor. Ketika lapisan yang mengandung pasir atau lempungan yang penuh dengan air akan terjadi getaran secara periodik merupakan proses terjadinya liquifaction. Butiran yang berada pada lapisan akan saling menekan serta air yang terkandung akan memiliki daya tekan yang besar kepada lapisan yang berada di atasnya yang dipengaruhi oleh getaran tersebut. Adanya getaran tersebut maka akan cepat berakibat pindahnya massa yang berada di atas dan lapisan di atasnya akan seperti mengambang. (Karnawati dalam Effendi, 2008).

#### d. Aktivitas manusia

Ladang, sawah, penanaman pohon kelapa, dan tumbuhan berakar serabut merupakan pembukaan hutan untuk keperluan manusia yang berdampak menggemburkan tanah. Air yang meresap ke dalam tanah tidak dapat banyak terserap oleh akar-akar tanaman serabut dan akan menambah daya resap tanah terhadap air. Akibatnya terjadi penekanan dan pelemahan ikatan antara butiran tanah yang terakumulasi di dalam permukaan tanah. Akhirnya longsor akan terjadi disebabkan tingginya debit hujan yang meresap. Hilangnya penguat lereng dari arah lateral dapat disebabkan oleh pemotongan lereng untuk jalan dan pemukiman. Longsoran pun akan terjadi disebabkan tegangan penggerak massa tanah akan melampaui kemampuan pergeseran lereng untuk melawan Bergeraknya dari massa tanah (Karnawati, dalam Effendi, 2008).

### 2.2.5 Jenis Tanah Longsor

Menurut (Varnes,1978) berdasarkan mekanisme longsornya, longsor dapat diklasifikasikan kedalam 4 macam longsor, yaitu :

#### a. Longsor Luncuran (slide)

Pergerakan massa tanah ini dikarenakan adanya perbedaan tipe lapisan tanah dimana lapisan tanah atau bebatuan stabil berposisi di bagian atas lapisan tanah atau bebatuan bernilai stabil juga. Longsor tipe ini memiliki dua jenis berdasarkan longsor, yaitu longsor rotasi dan longsor translasi. Longsor bertipe rotasi memiliki bentuk cekung ke atas (Gambar 2.2a). atas (Gambar 2.2b). Pergerakannya dapat berupa satu kesatuan blok tanah (Gambar 2.2c).

#### b. Reruntuhan (fall)

Kelongoran tipe ini banyak terjadi pada lereng bebatuan dimana bebatuan mengalami pergerakan sehingga bebatuan itu lepas dari lereng yang curam Gambar 2.2d. (1) Batuan Joint atau retakan (fracture), (2) agregat batuan yang pelapukannya tidak merata pada batasan antara 2 jenis bebatuan berbeda atau zona kontak antar bebatuan sering terjadi pelongsor jenis runtuh batu ini.

#### c. Jatuhan (topple)

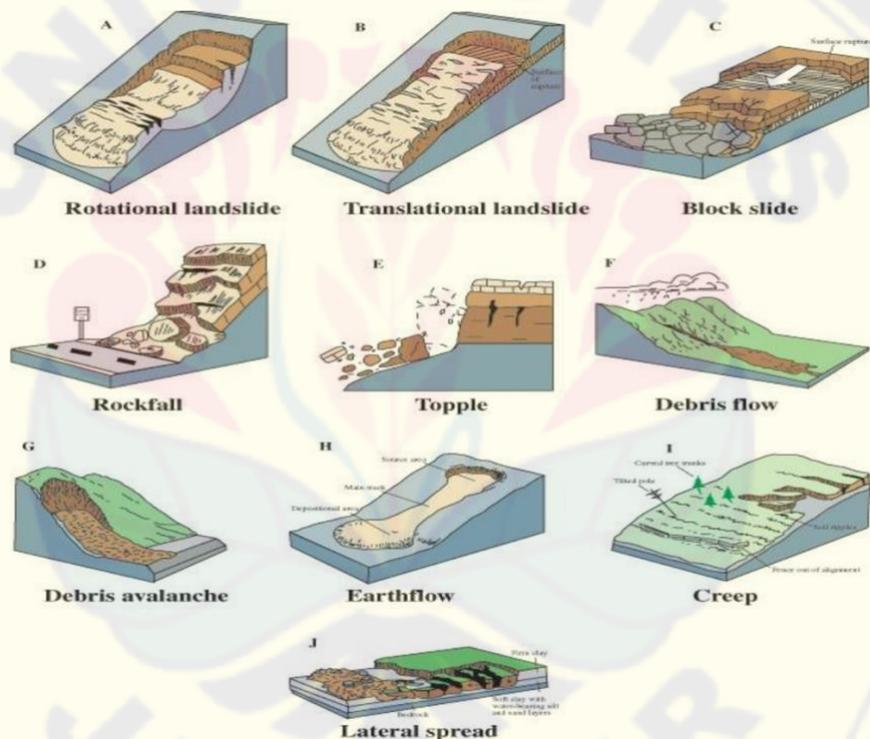
Gravitasi bumi mengakibatkan runtuhnya massa batuan merupakan jenis longsor runtuh (topple). Perbedaan longsor jenis berbeda dari longsor lain karena adanya pergerakan rotasi massa material ke depan dari 1 sebagian blok material pada intinya, di bawahnya, atau di dasar blok pada lokasi yang disebabkan oleh gaya tarik bumi dan gaya pendorong yang dipengaruhi oleh wilayah longsor yang terdapat blok material tersebut (Gambar 2.2e).

#### d. Aliran (flow)

Tanah longsor yang mengandung bahan yang kemudian bahan tersebut turun dari lereng dengan material berukuran besar yaitu bongkahan tercampur air dan juga ukuran yang kecil yaitu fragmen tanah halus merupakan jenis longsor aliran. Perbedaan karakteristik longsor aliran adalah sebagai berikut:

1. Gambar 2.2f menunjukkan aliran debris (debris flow).
2. Debris berbahan rombakan adalah tipe aliran yang pergerakannya sangat cepat dan besar (Gambar 2.2g)

3. Aliran tanah (earth flow) : Ukuran materialnya seragam dan relative halus dan memiliki karakteristik hampir sama dengan aliran debris. wilayah dengan kelerengan yang tidak curam sesuai pada Gambar 2.2h.
4. Rayapan (creep) : merupakan aliran yang pergerakannya sangat lambat dan membutuhkan waktu lama serta material tanah pada lereng berupa batuan dan bergerak menurun (Gambar 2.2i)
5. Lateral (lateral – spreading failures): Longsor ini terjadi pada lereng yang tidak curam dan cenderung datar merupakan terjadinya longsor lateral(Gambar 2.2j).



Gambar 2.2 Tipe Longsor (Sumber : Higland, 2004 dalam Muntohar, 2010)

## 2.3 Pendekatan Resistivitas

### 2.3.1 Resistivitas Batuan

Resistivitas batuan adalah pengaruh dari bebatuan terhadap mengalirnya arus listrik. Arus dapat dihantarkan ke dalam batuan melalui 3 cara konduksi yaitu elektronik, elektrolitik dan dielektrik. Ketika bebatuan atau bahan mineral yang

mempunyai kandungan elektron yang bergerak bebas yang melimpah kemudian listrik dialirkan dalam bebatuan atau mineral oleh elektron yang bergerak bebas tersebut adalah definisi dari konduksi elektronik. Elektrolitik sendiri disebabkan oleh adanya ion yang pergerakannya lambat dan sangat tergantung dengan karakteristik ion, jumlahnya dan daya gerak ion tersebut. Secara dielektrik terjadinya polarisasi pada muatan saat bahan dialiri arus listrik (Lowrie, 2007).

Resistivitas menunjukkan penilaian yang begitu variatif dari semua sifat fisis pada mineral. Logam memiliki nilai antara  $10^{-8}$  hingga  $10^7$ . Begitu juga pada batuan lain, dengan komposisi yang beraneka ragam akan dihasilkannya rentang resistivitas yang bermacam-macam sehingga rentang resistivitas tertinggi yang didapatkan yaitu  $1,6 \times 10^{-10} \Omega m$  (perak asli) hingga  $10^{16} \Omega m$  (belerang murni) (Wuryantoro, 2007). Batuan memiliki nilai resistiviti yang bervariasi sesuai dengan jenis bebatuan itu sendiri. Batuan yang terkandung banyak air dibandingkan dengan bebatuan yang memiliki pori yang terkandung udara didalamnya (Supriyanto, 2012). Resistivitas merupakan suatu nilai yang bergantung pada karakteristik bahan penghantar dan merupakan perbandingan antar kuat medan listrik dengan rapat arus yang dapat mengalir jika ada beda potensial atau diberi medan listrik di suatu bahan penghantar listrik. Menurut Verhoef (1989) resistivitas batuan terlihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1 Nilai resistiviti**

Jenis Batuan	Resistivitas ( $\Omega.m$ )
Gambut dan Lempungan	8 – 50
Lempungan Pasiran dan Krikil	40 – 250
Pasiran dan Krikil Jenuh Pasiran dan Krikil Kering	40 – 100
	100 – 3000
Batu Lempungan, Napal serta Serpihan	8 – 100
Batuan Pasir dan Batuan Kapur	100 – 4000

**Sumber: Verhoef, (1989)**

Sedangkan menurut Telford (1990) kisaran nilai resistivitas material yang terdapat di bawah permukaan adalah seperti pada **Tabel 2.2** berikut:

Tabel 2.2 Nilai resistivitas batuan

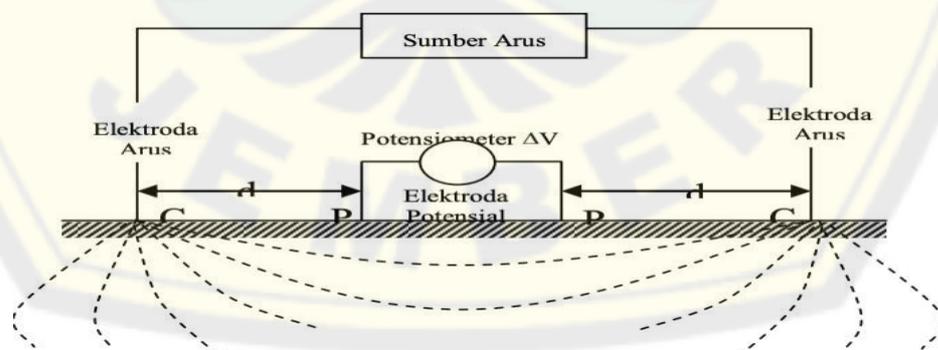
Material	Resistiviti ( $\Omega\text{m}$ )
Pirit (Pyrite)	0.01-100
Kwarsa (Quartz)	500-800000
Kalsit (Calcite)	$1 \times 10^{12}$ - $1 \times 10^{13}$
Garam Batu (Rock salt)	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granit (Granite)	200-100000
Andesit (Andesite)	$1.7 \times 10^2$ - $45 \times 10^4$
Basal (Basalt)	200-100000
Gamping (Limestone)	500-10000
Batu Pasir (Sandstone)	200-8000
Batu Tulis (Shales)	20-2000
Pasir (Sand)	1-1000
Lempung (Clay)	1-100
Air Tanah (Ground Water)	0.5-300
Air Asin (Sea water)	0.2
Magnetit (Magnetite)	0.01-1000
Kerikil Kering (Drygravel)	600-10000
Aluvium (Alluvium)	10-800
Kerikil (Gravel)	100-600

Sumber : Telford, (1990)

### 2.3.2 Metode Geolistrik Resistivitas

Telford (1990) menjelaskan bahwa geolistrika adalah metode untuk mengetahui berubahnya nilai resistivitas lapisan bebatuan di dalam tanah dengan dialirkannya listrik dengan tegangan tinggi ke bawah permukaan. Penginjeksian arus listrik ini memakai dua elektroda arus yang di masukan ke bawah permukaan dengan spasi

tertentu. Semakin panjang spasi elektroda arus tersebut maka arus akan menembus lapisan bebatuan yang dalam. Adanya arus listrik tersebut maka akan timbul tegangan listrik di bawah permukaan. Tegangan listrik yang terjadi di atas permukaan kemudian diukur dengan menggunakan voltmeter yang terhubung melalui 2 elektroda potensial yang memiliki jarak lebih pendek dari jarak elektroda arus. Apabila spasi elektroda arus dibuat jadi lebih besar maka nilai potensial listrik yang terjadi pada elektroda potensial akan mengikuti dan berubah sesuai dengan jenis bebatuan yang ikut terkena arus (Broto dan Afifah, 2008). Geolistrik sering dimanfaatkan untuk menjangkau permukaan yang dangkal, sekitar 300 hingga 500m. Dari hasil diukurnya arus dan tegangan listrik, dapat dihasilkan nilai resistiviti yang bermacam-macam (Telford,1990). Metode resistiviti memiliki berbagai konfigurasi elektroda yang biasanya dipakai. Besar medan listrik yang diukur akan dipengaruhi oleh perbedaan konfigurasi elektroda. Harga-harga tahanan jenis pada kedalaman yang sesuai dengan jarak elektroda akan diperoleh dengan cara pemindahan elektroda dengan jarak tertentu. kurva lapangan didapatkan dengan cara pembuatan plot dari harga tahanan jenis dari hasil perhitungan terhadap kedalaman (jarak elektroda) pada kertas 'log-log'. Penerjemahan kurva lapangan tersebut menjadi jenis batuan dan kedalamannya merupakan Langkah selanjutnya yang harus dilakukan. (Halik,2008). Gambar 2.4 Merupakan konfigurasi pada metode geolistrik resistivitas.



Gambar 2.3 Cara Kerja Metode Resistivitas (Sumber : Halik, 2008)

Dalamnya suatu lapisan batu yang dapat ditembus oleh arus listrik sama dengan jarak AB dibagi 2, maka hasil injeksi dari arus tersebut diperkirakan seperti

setengah bola dengan jari-jari elektroda arus dibagi 2. Metode resistivitas ini umumnya menggunakan 4 buah elektroda yang terletak pada satu garis lurus serta simetris terhadap titik tengah yaitu 2 elektroda arus di bagian luar dan 2 buah elektroda tegangan di bagian dalam. Pada penjalaran arus listrik di bawah permukaan mengikuti Hukum Ohm yaitu hubungan antara rapat arus dan kuat sebagai berikut :

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

dimana  $J = \frac{I}{A}$  = Rapat arus ( $A/m^2$ )

$\sigma$  = Konduktivitas medium (mho/m)

$E = \frac{V}{L}$  = Kuat medan listrik (V/m)

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

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

Ilmu tentang hambatan kelistrikan dan geofisika dapat dipelajari dalam aliran listrik yang melewati medium di bawah permukaan yang tersusun dari bagian- bagian material dengan resistivitas yang bervariasi. Semua lapisan dapat dibayangkan secara horizontal. Resistiviti  $\rho$  dari material adalah seberapa bagus material tersebut tidak mengaliri arus listrik. Perkiraan struktur geologi ini dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke dalam tanah, kemudian melakukan penganalisaan tahanan listrik yang bervariasi sesuai jenis batuanya, derajat kepadatan dan kondisi kelembaban tanah. Apabila arus listrik yang mengalir di dalam tanah dan gradien tekanan listriknya diukur diatas permukaan tanah maka kondisi lapisan-lapisan di bawahnya dapat diduga. Sebagaimana uraian diatas, fungsi geolistrik itu sendiri ialah sebagai survey serta dapat merencanakan tahap awal dalam dilaksanakanya eksplorasi air tanah (Herman, 2006).

Menurut Todd dan Keith (1980) tujuan survey geolistrik resistivitas adalah untuk mengetahui resistivitas bawah permukaan bumi dengan melakukan pengukuran di permukaan bumi. Resistivitas bumi berhubungan dengan mineral, kandungan fluida dan derajat saturasi air dalam batuan.

Resistivitas itu sendiri dipengaruhi oleh :

1. Jenis bahan pengantar.

nilai resistivitas bergantung pada kekuatan merambatnya listrik pada bahan tertentu. Resistivitas akan bernilai kecil jika bahan tersebut gampang mengantar listrik.

2. Kandungan Air

Resistivitas akan bernilai rendah jika batuan tersebut banyak memiliki air.

3. Batuan Berpori

Nilai resistivitas akan bernilai kecil jika semakin banyak pori di dalam batuan yang ada kandungan air didalamnya.

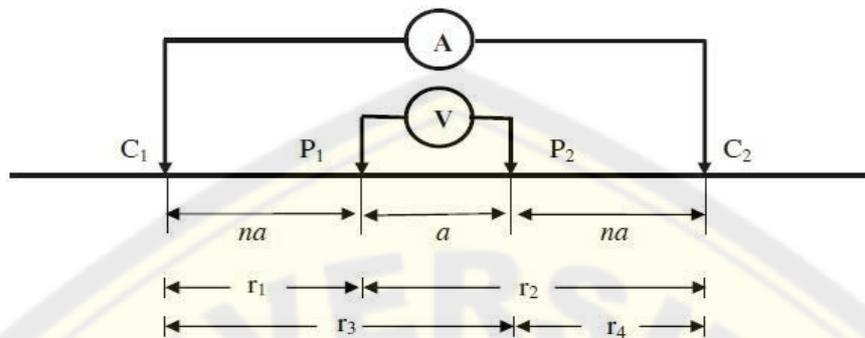
4. Kimiawi

Resistivitas akan bernilai semakin kecil jika air tersebut mengandung banyak garam.

### 2.3.3 Wenner Schlumberger

*Wenner Schlumberger* adalah konfigurasi yang menggabungkan konfigurasi *Wenner* dan juga konfigurasi *Schlumberger*. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* mendasarkan pengukuran kepada kontinuitas pengukuran dalam satu penampang dan hasilnya suatu penampang semu (pseudosection). Salah satunya dengan menggunakan metode resistivitas 2D mapping. Mapping atau traversing merupakan pengukuran perubahan resistivitas bawah permukaan secara lateral (horizontal). Mapping ini dapat dilakukan dengan cara berpindah titik pengukuran, namun mempertahankan jarak antar elektroda arus dan potensial. Pengukuran metode ini dipraktikkan memvariasi letak elektroda C dan elektroda P (Telford et al, 1990). Menurut Tearpock dan Bischke (1991), konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 atau C2-P2 dengan spasi antara P1-P2. Jika jarak antar elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah  $2na + a$ . Proses penentuan

resistivitas menggunakan 4 buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus danyang terlihat oleh Gambar 2.4

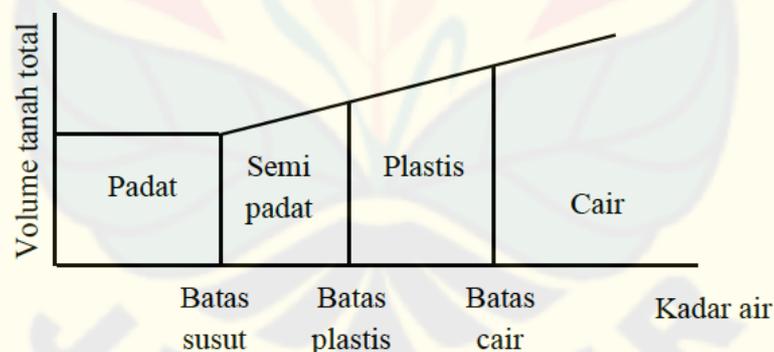


Gambar 2.4 Pola Wenner Schlumberger (Sumber : Todd dan Keith, 1980)

## 2.4 Pendekatan Geoteknik

### 2.4.1 Kuat Geser Tanah

Perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap getaran merupakan kuat geser tanah (Hardiyatmo, 2006). Kuat geser tanah diukur dengan 2 parameter tanah yaitu nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi ( $c$ ).



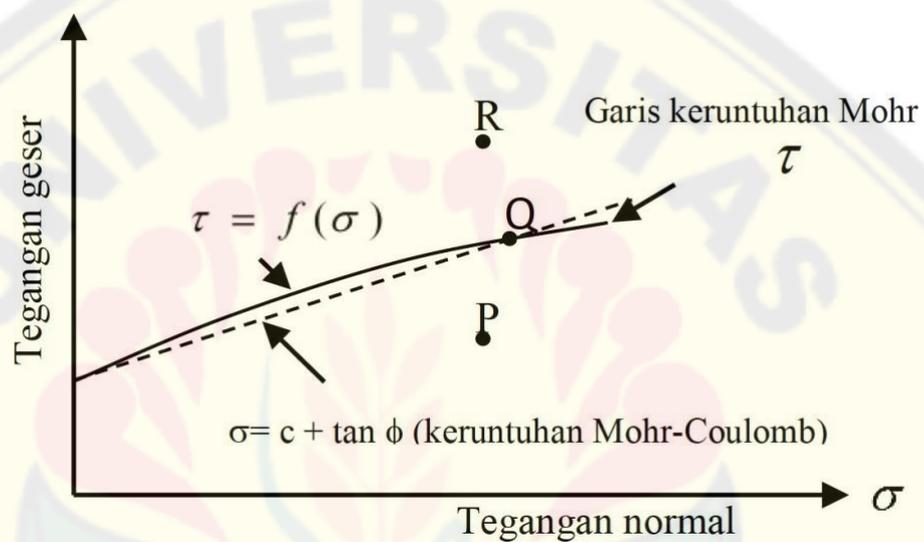
Gambar 2.5 Batas-batas Atterberg (Sumber : Nugroho, 2012)

Das, (1988) menjelaskan bahwa teori Mohr yaitu ketika runtuhnya suatu bahan terjadi dikarenakan pengaruh gabungan antara kondisi ambang batas antara tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan antara ke 2 tegangan tersebut dapat dirumuskan oleh:

$$\tau_f = f(\sigma) \tag{2.3}$$

Coulomb (1776) mendefinisikan fungsi  $f(\sigma)$  sebagai :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \tag{2.4}$$



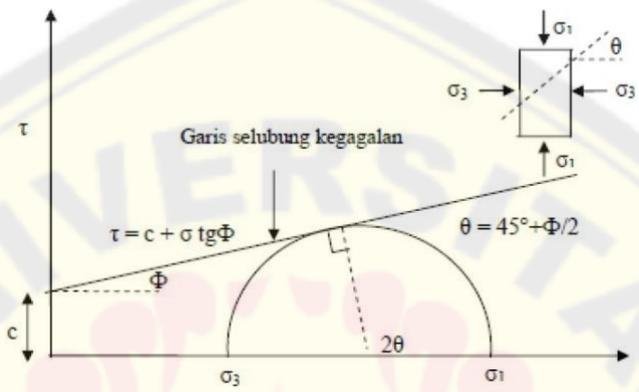
Gambar 2.6 Kriteria Kegagalan Mohr-Coulomb (Sumber : Nugroho, 2012)

(Gambar 2.6) menjelaskan jika dicapainya tegangan-tegangan pada titik P, maka tanah tersebut tidak akan terjadi kelongsoran. Longsor terjadi Ketika tegangan mencapai titik Q yaitu titik pada garis keruntuhan. Apabila tegangan terjadi pada titik R, maka pernah terjadi longsor karena material telah mengalami longsor sebelumnya. Gambar 2.6 menjelaskan hubungan antara ke dua tegangan dapat dirumuskan oleh:

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\theta \tag{2.5}$$

$$\sigma_f = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2\theta \tag{2.6}$$

$$\theta = 45^\circ + \frac{\sigma}{2} \tag{2.7}$$



Gambar 2.7 Lingkaran Mohr (Sumber : Nugroho, 2012)

Gambar 2.7 memperlihatkan hubungan antara tegangan utama efektif saat keruntuhan dan parameter kuat geser juga dapat diperoleh. Besarnya nilai parameter kuat geser, dapat ditentukan dari persamaan berikut:

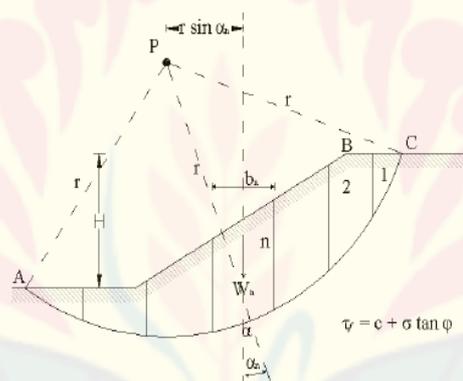
$$\sin \theta = \frac{1/2(\sigma_1 - \sigma_3)}{c \cot \theta + 1/2(\sigma_1 + \sigma_3)} \tag{2.8}$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = 2c \cos \theta + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \theta \tag{2.9}$$

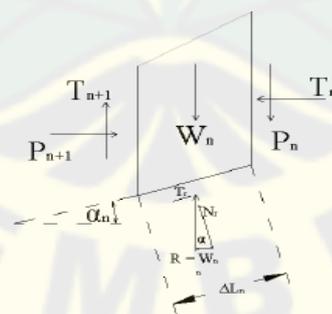
#### 2.4.2 Limit Equilibrium Method (LEM)

Limit Equilibrium Method atau LEM adalah metode untuk menganalisa stabilitas lereng (Yulikasari, 2017). Penentuan besarnya angka keamanan dari suatu talud/timbunan merupakan definisi dari metode LEM. Berbeda dengan metode Finite Elemen, metode ini tidak mempertimbangkan hubungan tegangan-regangan dan deformasi pada tanah. Menurut (Gouw dan Dave, 2012). Metode ini menggunakan prinsip kesetimbangan terhadap suatu gaya. Pertama yang dilakukan metode ini yaitu diasumsikan yang akan terjadinya bidang longsor. Bidang tersebut yaitu bidang longsor dengan bentuk circular dan bidang longsor dengan bentuk tidak circular. Prinsip analisa longsor dengan metode ini adalah:

1. Mekanisme keruntuhan diperoleh dengan mengasumsikan bidang longsor mengalami gaya kinematic.
2. Prinsip perhitungan dalam mengasumsikan tegangan geser adalah menggunakan prinsip static.
3. Tegangan geser yang menahan dan tegangan geser yang terjadi dalam suatu talud/timbunan digunakan dalam menentukan besarnya safety factor (SF).
4. Proses mencari nilai SF yang layak digunakan adalah dengan menggunakan proses iterasi pada masing-masing bidang longsor yang dibagi menjadi pias-pias irisan (Ksari,2015).



Gambar 2.8 Permukaan Longsor (Sumber : Yulikasari,2017)



Gambar 2.9 Gaya pada bagian tiap kelereng (Sumber: Yulikasari,2017)

Menurut Braja M. Das (2010) metode irisan dilakukan dengan cara membagi tanah yang berada dalam bidang longsor kedalam beberapa irisan- irisan. Gambar 2.8 merupakan penjelasan metode irisan dapat menganalisa stabilitas dengan

menggunakan metode irisan dimana bidang longsor ditunjukkan oleh lengkungan busur AC. Beberapa irisan tegak dibuat untuk membagi tanah diatas bidang longsor. Setiap irisan tidak harus memiliki lebar yang sama. Gambar 2.8) merupakan peninjauan satuan tebal yang berdiri tegak lurus irisan secara melintang terhadap lereng. Gambar (2.9) menunjukkan irisan tertentu memiliki gaya-gaya yang bekerja didalamnya (irisan no. n). Berat irisan adalah  $W_n$ . Gaya normal yang bekerja pada sisi-sisi irisan adalah  $P_n$  dan  $P_{n+1}$ .  $T_n$  dan  $T_{n+1}$  adalah gaya geser yang bekerja pada sisi irisan. Tegangan air pori diasumsikan nol secara sederhana.

#### 2.3.4 Analisa Bishop

Metode ini dikenalkan oleh A.W. Bishop. Metode ini membagi lereng kedalam bagian-bagian. Metode ini digunakan sebagai penganalisa permukaan gelincir dengan bentuk lingkaran. Dalam metode ini dijelaskan bahwa gaya-gaya normal total berada atau bekerja di bagian inti dari potongan dan untuk menentukannya dapat dengan diuraikanya gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Syarat kesetimbangan digunakan untuk potongan-potongan yang membentuk kelerengan tersebut serta dengan anggapan bgaya-gaya pada irisan memiliki resultan 0 pada arah vertikal. Menurut Susi (2007) perbandingan kuat geser maksimum yang dimiliki oleh tanah yang berada pada bidang longsor dengan ketahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan lereng merupakan faktor keamanan terhadap suatu keruntuhan lereng

$$FK = \frac{S_{tersedia}}{S_{perlu}} \quad (2.10)$$

Bila kekuatan geser tanah adalah:

$$S_{tersedia} = c' + (\sigma - \mu) \tan \theta = c' + \sigma' \tan \theta' \quad (2.11)$$

Maka tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan adalah:

$$S_{perlu} = \frac{1}{FK} (c' + (\sigma - \mu) \tan \theta) \quad (2.12)$$

Faktor keamanan dihitung berdasar rumus:

$$FK = \frac{\sum (c' + (\sigma - \mu) \tan \theta)}{W_n S_{3n \alpha}} \quad (2.13)$$

Dimana,

FK : Faktor keamanan lereng

$C'$ : kohesi

$L$  : lebar irisan

$W$  : berat

$\mu$  : tekanan air pori

$\theta'$  : sudut geser

$\alpha$ : sudut irisan

Persamaan FK kelerengan dengan metode Bishop dapat dilihat pada persamaan (2.18). Persamaan ini memasukan ( $\mu$ ) , apabila persamaan FK tersebut tidak memasukan ( $\mu$ ) maka persamaan tersebut:

$$FK = \frac{\sum (l \cdot (\cos \alpha \tan \theta'))}{W S n \alpha} \quad (2.14)$$

(**Gambar 2.10**) merupakan ketidak sesuaian FK bernilai sangat besar, apabila sudut yang bernilai (-) di posisi lereng bawah mendekati 30 derajat. Lingkaran longsor yang terbentuk berada di kedalaman yang dalam atau berada ditengah-tengah rotasi yang dapat diasumsikan berada didekat puncak dari suatu lereng merupakan penyebab kondisi ini terjadi. Metode Fellenius mendapatkan faktor keaman yang lebih rendah dari metode ini (Susi, 2007).

#### 2.4.4 Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanis

##### 2.4.4.1 Sifat Fisik Tanah

Menurut Yuliage (2019) pengujian sifat fisik tanah yaitu indeks properties yang terdiri dari kadar air, berat jenis, berat isi, batas attemberg, Analisa saringan dan Analisa hydrometer.

##### 1. Kadar Air (w)

Kadar air didefinisikan sebagai pengaruh massa air yang terkandung dalam tanah dengan massa kering tanah yang dinyatakan dalam :

$$\frac{CD\%CE}{CE\%CF} \times 100\% \quad (2.15)$$

Dimana

$w_1$  : Massa wadah + tanah basah (gram)

$w_2$  : Massa wadah + tanah kering (gram)

$w_3$  : Massa wadah kosong (gram)

- w1-w2 : Massa air (gram)  
 w2-w3 : Massa tanah kering (gram)

## 2. Berat Jenis Tanah (Gs)

Gs didefinisikan sebagai perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat isi air pada temperature tertentu.

$$G_s = \frac{CD\%CE}{(CE\%CD) \cdot (CG\%CF)} \quad (2.16)$$

Dimana :

- w1 : Massa picnometer (gram)  
 w2 : Massa picnometer + tanah kering (gram)  
 w3 : Massa picnometer + tanah + air (gram)  
 w4 : Massa picnometer + air (gram)

## 3. Berat Isi Tanah ( $\gamma$ )

Berat isi tanah merupakan berat volume tanah dalam keadaan utuh. Perbandingan antara berat tanah basah dengan volume tanah dalam gr/cm<sup>3</sup> merupakan cara untuk mendapatkan berat isi tanah.

$$\gamma = \frac{CD\%CE}{v} \quad (2.17)$$

Dimana

- w1 : Massa silinder (gram)  
 w2 : Massa silinder + tanah (gram)  
 v : volume silinder (gr/cm<sup>3</sup>)

## 4. Batas Konsistensi

Batas konsistensi terdiri dari batas cari dan batas plastis. Batas cair adalah batas air dimana tanah berada pada batas keadaan plastis dan cair. Batas plastis yaitu nilai kadar air paling rendah dari suatu contoh tanah dimana tanah tersebut masih dalam keadaan plastis.

$$\frac{\text{Berat A3r}}{\text{Berat tanaKker3nM}} \times 100\% \quad (2.18)$$

Indeks plastisitas :

$$I_p = W_1 - W_p$$

Dimana

I<sub>p</sub> adalah Indeks Plastisitas, W<sub>1</sub> adalah Batas cair dan W<sub>p</sub> adalah Batas Plastis

#### 5. Analisa Saringan

Analisa saringan merupakan pengelompokan besar butiran Analisa agregat kasar dan agregat halus yang ditinjau melalui saringan. Tujuan analisis ini untuk penentuan pengelompokan ukuran butiran pada suatu tanah. Analisa saringan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan Analisa saringan kering dan Analisa saringan basah. Analisa kering dilakukan dengan cara menggetarkan saringan baik secara manual maupun dengan menggunakan sleeve sheker. Analisa basah dilakukan dengan mencampur tanah dengan air sampai menjadi lumpur encer dan dibasuh melewati saringan.

#### 6. Analisa hidrometer

Analisa hydrometer adalah pengujian yang bertujuan sebagai penentuan bagian ukuran butiran dari tanah yang berhasil melewati saringan no.200. Perhitungan analisis hydrometer adalah:

1. Jumlah massa tertahan untuk tiap jenis saringan secara kumulatif
2. Jumlah persentase massa benda uji tertahan berat total secara kumulatif
3. Menghitung Jumlah persentase massa benda uji yang melalui saringan.

#### 2.4.4.2 Sifat Mekanis

Kekuatan geser merupakan sifat mekanis tanah. Kekuatan geser merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butiran-butiran tanah akibat tindihan atau tarikan yang dapat menyebabkan terjadi pergeseran tanah. Longsor pada tanah yang terjadi berupa geseran, maka kemampuan tanah yang di tinjau adalah kekuatan geser. Kuat geser pada kedalaman umumnya lebih kuat dari pada tanah yang berada di atas. Kuat geser tanah dipengaruhi oleh:

1. Kondisi tanah dan tipe tanah
2. Kandungan dari air terutama pada kondisi tanah lempung
3. Tipe dari pembebanan dan tingkat pembebananya
4. Beda tegangan di arah horizontal serta vertikal (bowles 1984)

Uji kuat geser langsung adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan tanah terhadap gaya horizontal . kuat geser tanah dapat dirumuskan oleh persamaan :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2.19)$$

Ketika tanah diberi beban maka tanah akan ditahan oleh:

1. Kohesi tanah yang bergantung pada karakteristik tanah dan kepadatannya, tetapi tidak bergantung dari sebuah tegangan yang bekerja pada bidang gesernya.
2. Bergeraknya butir-butir tanah yang nilainya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Pengujian penentuan geser dapat dilakukan dengan pengujian geser langsung, pengujian triaxial , pengujian tekan bebas serta pengujian geser kipas.

#### 2.4.5 Pengeboran Tangan

Pengeboran dimaksudkan agar mendapatkan contoh tanah secara visual dan kemudian dicatat. Jenis tanah pada lapisan yang berbeda dan juga kedalamannya merupakan hal yang perlu di catat dalam catatan ini. Pengeboran tanah ini dapat mencapai kedalaman sekitar 5 meter. Terdapat juga bor tangan dengan bantuan tali dan juga tripod sehingga bor tangan ini dapat mencapai kedalaman 8 meter hingga 10 meter. Boir tangan ini tidak bisa dipakai untuk jenis tanah keras seperti pasir atauy krikil yang padat. Bor tangan juga terdapat “casing” yang digunakan untuk pemboran tanah lunak dikarenakan jika tidak menggunakan casing maka tanah tersebut akan mengalami keruntuhan dan juga bila terdapat muka air tanah yang cukup tinggi di daerah pemngambilan sample tanah (Wesley,2012).

#### 2.4.6 Faktor Keamanan (FK)

Parluhutan (2014) menyampaikan bahwa FK terhadap longsor diartikan sebagai pengaruh kuat geser maksimum tanah dibidang kellongsor yang diandaikan (s) berbanding dengan ketahanan geser yang diperlukan untuk kesetimbangan ( $\tau$ ). Secara teoritis besar FK yaitu :

**Tabel 2.3 Tingkat nilai Fk Teoritis**

FK	Keterangan
> 1	Stabil
= 1	Kritis
< 1	Labil

**Sumber : Parluhutan (2014)**

Dalam praktek (Bowles,1984) tingkat nilai faktor keamanan

**Tabel 2.4 Tingkat nilai Fk dalam praktek**

FK	Keterangan
> 1,5	Bernilai Stabil
1,07<FK<1,5	Bernilai Kritis
< 1,07	Bernilai Labil

**Sumber : Parluhutan (2014)**

Sehingga FK dapat dirumuskan dengan

$$FK = \frac{\tau_f N}{\tau_0} \quad (2.20)$$

Dimana

FK : Faktor Keamanan

$\tau_f$  : Kekuatan Geser

$\tau_0$  : Tegangan Geser

Komponen friksi dan kohesi merupakan kekuatan geser suatu lahan dan dapat ditulis :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \theta \quad (2.21)$$

Dimana,

kohesi tanah penahan (c), sudut geser penahan ( $\sigma$ ), tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor ( $\theta$ )

Dapat dirumuskan dengan :

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \theta_d \quad (2.22)$$

Dimana

$c_d$  : kohesi

$\theta_d$  : sudut geser

Distribusikan persamaan sebelumnya ke persamaan (2.20) sehingga menjadi :

$$FK = \frac{; , \sigma PQ = \theta}{; d , \sigma PQ = \theta d} \quad (2.23)$$

FK terhadap kohesi dan FK terhadap sudut geser mempengaruhi angka keamanan. Sehingga

$$F_c = \frac{;}{; d} \quad (2.24)$$

dan

$$F_\theta = \frac{PQ = \theta}{PQ = \theta d} \quad (2.25)$$

Persamaan (2.27), (2.28), dan (2.29) dibandingkan adalah sama dengan  $F_\theta$ , maka dapat dituliskan

$$FK = F_c = F_\theta$$

Nilai  $FK = 1$  lereng berkeadaan kritis. Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1987). Resiko longsor sendiri dapat dikategorikan menjadi tiga jenis antara lain :

1. Resiko longsor jika berdampak pada manusia, atau bangunan bernilai mahal, atau bangunan yang memiliki fungsi penting merupakan resiko yang tinggi.
2. Apabila sedikit berdampak terhadap manusia tetapi bukan pemukiman, dan atau bangunan yang tidak begitu mahal atau tidak begitu penting merupakan tingkat resiko menengah.
3. Apabila tidak ada konsekuensi terhadap manusia dan terhadap bangunan merupakan resiko rendah

Harga puncak merupakan kekuatan geser maksimum yang belum terjadi pergerakan serta digunakan jika terdapatnya bidang diskontinuitas terhadap massa tanah yang berpotensi longsor seperti pelapisan, retakan, sesar, dll didalamnya.

Kekuatan residual tersebut dipakai apabila:

1. Terdapat bidang diskontinuitas yang memiliki massa tanah atau batuan yang berpotensi bergerak.
2. Pergerakan pernah terjadi sebelumnya (walaupun tidak mempunyai bidang diskontinuitas) (Departemen Pekerjaan Umum, 1987).

## 2.5 Software Pendukung

### 2.5.1 Software Res2Dinv

Software ini merupakan program PC yang secara otomatis dapat memproyeksikan atau membuat model 2D bawah tanah dari data survei resistivitas. Software ini memakai teknik inver modeling dari data resistiviti semu hasil pengukuran untuk mendapatkan hasil inversnya. Software Res2Dinv ini juga menyediakan untuk memilih memakai teknik nonlinier finit different forward modelling dan finit element forward modelling. Selain itu, Software Res2Dinv ini juga dapat digunakan untuk konfigurasi *Wenner*, *Pole-pole*, *Dipole-dipole*, dan *Wenner-Schlumberger* (Loke, 2004). Menurut Rahmi (2005) berikut merupakan tahap-tahap penggunaan Software Res2Dinv untuk memproses data geolistrik:

1. Data hasil penelitian berupa arus, tegangan, dan spasi elektroda diolah dengan bantuan Microsoft Excel untuk penentuan faktor geometri dan nilai rho.
2. Data input Software Res2Dinv diletakkan pada text editor (notepad) dengan format input sebagai berikut:
  - Line 1 Nama File
  - Line 2 Spasi elektroda terpendek
  - Line 3 Kode konfigurasi yang dipakai (*Wenner* = 1, *Pole-pole* = 2, *Dipole-dipole* = 3, *Pole-dipole* = 6, *Wenner-Schlumberger* = 7)
  - Line 4 Jumlah total titik datum
  - Line 5 Tipe dari lokasi x untuk datum point (memasukkan bila datum pertama berada pada elektroda pertama, 1 jika datum pertama berada di tengah tengah elektroda)
  - Line 6 Memasukkan nilai 0 untuk data resistiviti
  - Line 7 Memasukkan nilai datum, spasi elektroda, nilai n, dan nilai resistivitas semu untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger*
  - Line 8 Akhiri input data dengan nilai 0 sebanyak 7 baris ke bawah 3. File notepad disimpan dengan ekstensi file .dat
3. Software Res2Dinv dibuka dan buka File klik Read data file lalu klik file yang telah tersimpan tadi dengan ekstensi file .dat
4. Muncul perintah data telah siap dibaca lalu klik ok

5. Pilih Use apparent resistivity pada Menu Inversi lalu Choose logarithm of apparent resistivity.
6. Pilih Least-squares inversion pada menu Inversion
7. Menunggu beberapa detik data akan memunculkan penampang 2D resistivitas semu bawah permukaan yang telah diinginkan.

#### 2.5.2 Rocscience Slide

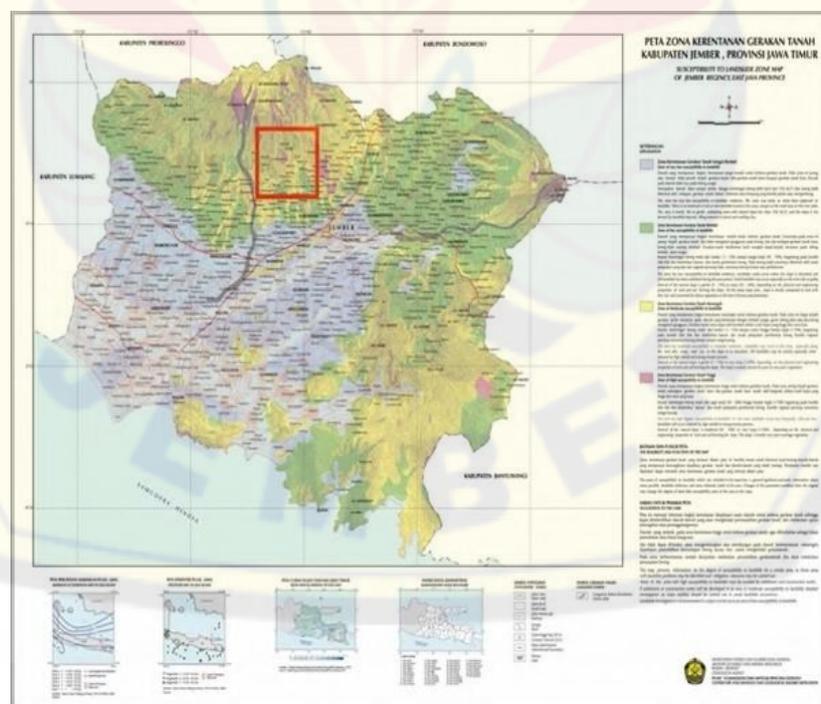
*Rocscience Slide* adalah salah satu software geoteknik yang mempunyai spesialisasi sebagai software perhitungan kestabilan lereng. Pada dasarnya Rocscience Slide adalah salah satu program di dalam paket perhitungan geoteknik Rocscience yang terdiri dari Swedge, Roclab, Phase2, RocPlane, Unwedge, dan RocData. Secara umum langkah analisis kestabilan lereng dengan Rocscience Slide adalah pemodelan, identifikasi metode dan parameter perhitungan, identifikasi material, penentuan bidang gelincir, running/kalkulasi, dan interpretasi nilai FoS dengan software komplemen Slide bernama Slide Interpret (Inayatillah, 2010).

### BAB 3. METODE PENELITIAN

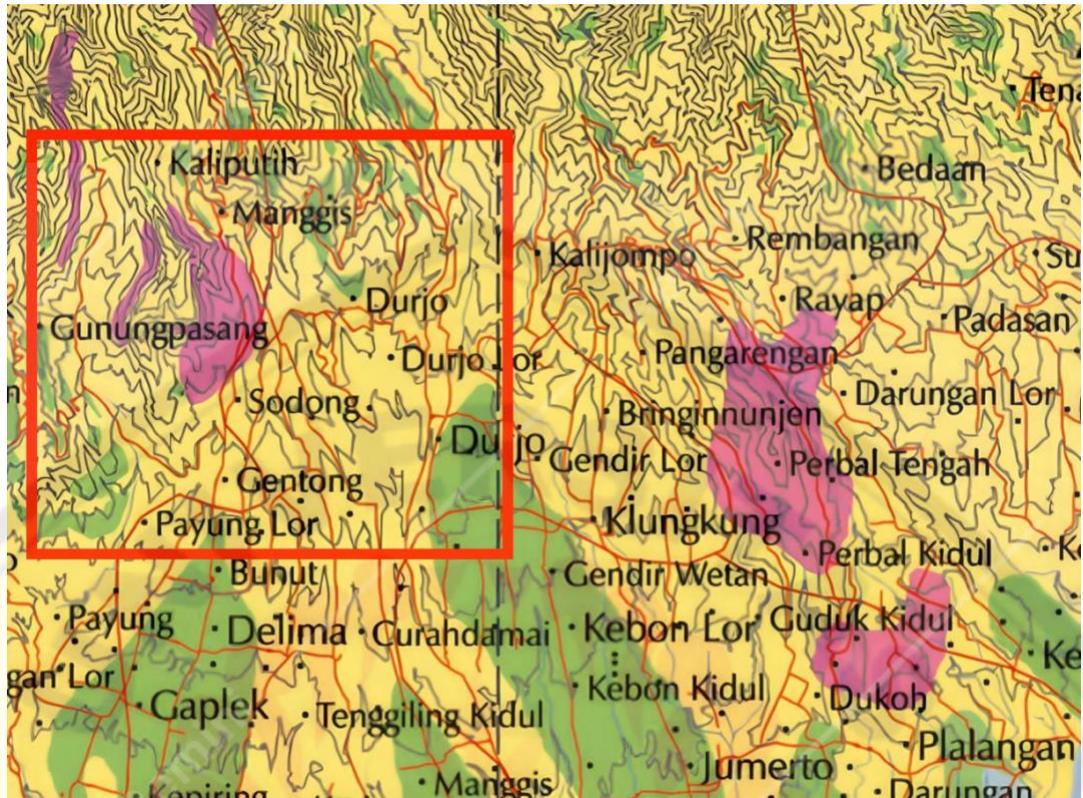
Metode penelitian merupakan cara penyajian suatu penelitian, disebut juga tahapan-tahapan sistematis dalam melakukan penelitian. Dalam hal ini terdapat lokasi ,metode, jenis dan sumber data variabel penelitian, skala pengukuran, kerangka pemecahan masalah, teknik penyajian data dan interpretasi serta analisis data.

#### 3.1 Lokasi Penelitian

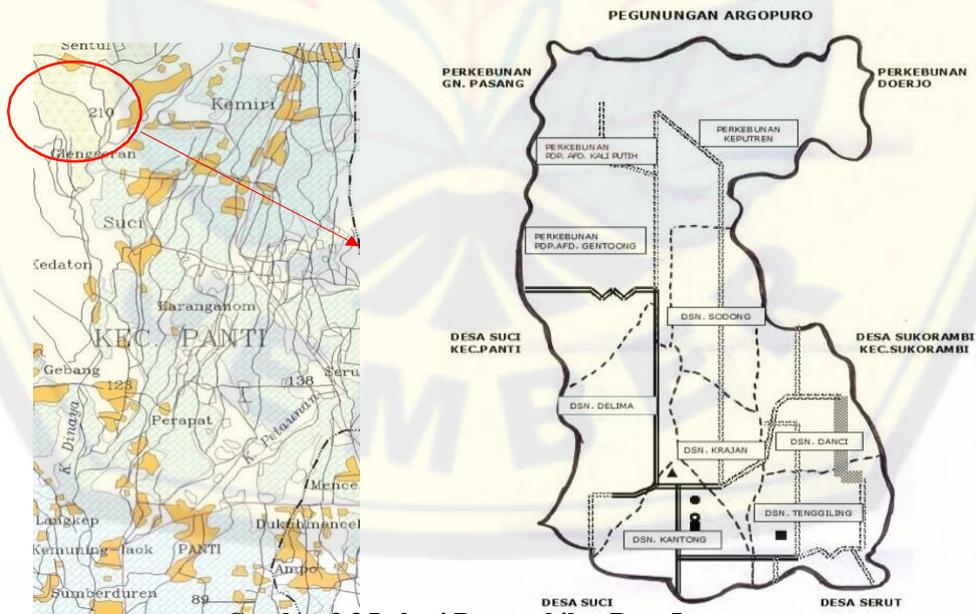
Survey lokasi penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan di Kecamatan Panti yang sebelumnya memiliki sejarah akan terjadinya bencana tanah longsor. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1, Gambar 3.2, Gambar 3.3. Gambar 3.1** dan **Gambar 3.2** merupakan gambar yang menunjukkan bahwa Desa Kemiri Kecamatan panti terlihat berwarna kuning dan sedikit berwarna ungu, warna tersebut menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki tingkat pergeseran tanah yang menengah hingga tinggi.



**Gambar 3.1** Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah (Sumber : Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2017)



Gambar 3.2 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah (Sumber : Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2017)



Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Data Lapangan

### 3.1.1 Penentuan Lokasi

Penentuan lokasi yang diambil datanya didasarkan daerah yang rawan bencana tanah longsor. Selain itu juga disesuaikan dengan area yang memungkinkan untuk pengambilan data. lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.4 – 3.8** berikut :



**Gambar 3.4 Lokasi Pengambilan Data Lapang**

Keterangan Gambar

-  = Agrowisata Gunung Pasang Jember
-  = Lokasi Pengambilan Data Lapang



**Gambar 3.5 Lokasi Pengambilan Data Lapang Pertama**

Lokasi pengambilan data pertama terletak pada  $8^{\circ}5'60''S$   $113^{\circ}38'11''E$ . Lokasi pengambilan data pertama ini memiliki Panjang lintasan sebesar 20 meter dan spasi antar elektroda sebesar 2 m. Pergerakan elektroda untuk  $n=1$  berdasarkan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sebagai berikut: elektroda arus (C1 dan C2) berada di luar elektroda potensial (P1 dan P2). Elektroda C1 berada pada titik 0 m, elektroda C2 berada pada titik 6 m, elektroda P1 berada pada titik 2m dan yang terakhir elektroda P2 berada pada titik 6m. selanjutnya pergerakan untuk  $n=2$  dan  $n$  seterusnya mengikuti konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dengan memperluas jarak C1 terhadap P1 dan C2 terhadap P2 sedangkan jarak P1 dan P2 bernilai konstan.



**Gambar 3.6 Lokasi Pengambilan Data Lapang Kedua**

Lokasi pengambilan data kedua terletak pada  $8^{\circ}6'5'' S$   $113^{\circ}38'6'' E$ . Lokasi pengambilan data kedua ini memiliki panjang lintasan sebesar 20 meter dan spasi antar elektroda sebesar 2 m. Pergerakan elektroda untuk  $n=1$  berdasarkan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sebagai berikut: elektroda arus (C1 dan C2) berada di luar elektroda potensial (P1 dan P2). Elektroda C1 berada pada titik 0 m, elektroda C2 berada pada titik 6 m, elektroda P1 berada pada titik 2m dan yang terakhir elektroda P2 berada pada titik 6m. selanjutnya pergerakan untuk  $n=2$  dan

n seterusnya mengikuti konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dengan memperluas C1 terhadap P1 dan C2 terhadap P2 sedangkan jarak P1 dan P2 bernilai konstan.



**Gambar 3.7 Lokasi Pengambilan Data Lapang Ketiga**

Lokasi pengambilan data ketiga terletak pada  $8^{\circ}6'1''$  S  $113^{\circ}38'11''$  E. Lokasi pengambilan data ketiga ini memiliki Panjang lintasan sebesar 20 meter dan spasi antar elektroda sebesar 2 m. Pergerakan elektroda untuk  $n=1$  berdasarkan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sebagai berikut: elektroda arus (C1 dan C2) berada di luar elektroda potensial (P1 dan P2). Elektroda C1 berada pada titik 0 m, elektroda C2 berada pada titik 6 m, elektroda P1 berada pada titik 2m dan yang terakhir elektroda P2 berada pada titik 6m. selanjutnya pergerakan untuk  $n=2$  dan n seterusnya mengikuti konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dengan memperluas C1 terhadap P1 dan C2 terhadap P2 sedangkan jarak P1 dan P2 bernilai konstan.

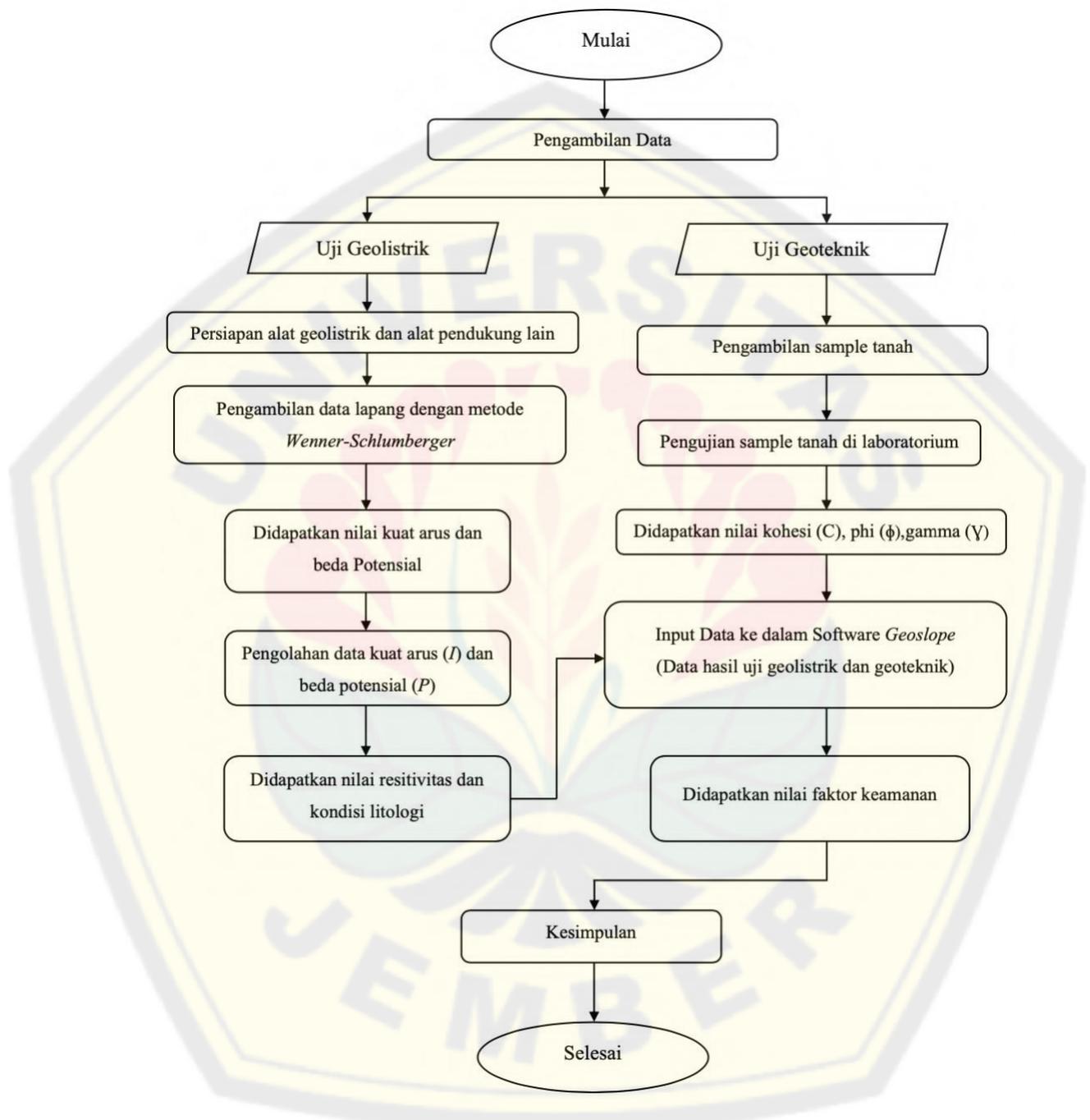


**Gambar 3.8 Lokasi Pengambilan Data Lapangan Keempat**

Lokasi pengambilan data keempat terletak pada  $8^{\circ}6'11''$  S  $113^{\circ}37'45''$  E. Lokasi kedua ini merupakan lokasi yang terletak di dekat agrowisata gunung pasang. Lokasi pengambilan data keempat ini memiliki Panjang lintasan sebesar 20 meter dan spasi antar elektroda sebesar 2 m. Pergerakan elektroda untuk  $n=1$  berdasarkan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sebagai berikut: elektroda arus (C1 dan C2) berada di luar elektroda potensial (P1 dan P2). Elektroda C1 berada pada titik 0 m, elektroda C2 berada pada titik 6 m, elektroda P1 berada pada titik 2m dan yang terakhir elektroda P2 berada pada titik 6m. selanjutnya pergerakan untuk  $n=2$  dan  $n$  seterusnya mengikuti konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dengan memperluas C1 terhadap P1 dan C2 terhadap P2 sedangkan jarak P1 dan P2 bernilai konstan.

### 3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ditunjukkan pada **Gambar 3.9** berikut ini:



Gambar 3.9 Rancangan Penelitian

Penjelasan secara umum mengenai rancangan penelitian pada **Gambar 3.9** adalah sebagai berikut:

### 3.2.1 Persiapan Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk menunjang proses pengambilan ataupun proses akuisisi data penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu alat penelitian lapang serta alat untuk uji laboratorium. adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1.1 Alat Pengambilan Data Lapang

##### 1. GPS (Global Positioning System)

GPS digunakan untuk mengetahui titik elevasi lokasi pengambilan data, serta mengetahui koordinat dari lokasi pengambilan data.

##### 2. Resistivity Meter

Resistivity meter merupakan alat utama yang berfungsi untuk mengukur kuat arus (I) dan beda potensial (V)

##### 3. Kabel dan Penghubung

Kabel dan Penghubung digunakan untuk menyatukan antara keempat elektroda dan Resistivity Meter

##### 4. Meteran

Meteran dipakai untuk pengukuran panjang lintasan yang nantinya diambil datanya.

##### 5. Palu

Palu dimanfaatkan untuk membantu menanam keempat elektroda kedalam permukaan tanah.

##### 6. Kamera

Kamera digunakan untuk pengambilan gambar yang diperlukan untuk dokumentasi selama proses pengambilan data.

##### 7. Bor Tanah

Bor tanah digunakan sebagai alat bantu untuk mengambil sampel tanah di lokasi penelitian

### 3.2.2 Pengambilan Data Lapang

Pengambilan data lapang merupakan Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini. Pengambilan data lapang menggunakan metode resistivitas 2d konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Secara garis besar data lapang diambil menurut Langkah Langkah point 3.2.2.1 hingga point 3.2.2.3 seperti yang di jelaskan sebagai berikut :

#### 3.2.2.1 Proses Pengambilan Data Lapang

Data yang didapatkan dari hasil pengukuran lintasan berupa arus, tegangan dan jarak spasi antar elektroda. Dilakukan Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mencatat titik koordinat setiap lintasan dengan menggunakan GPS.
2. Menentukan dan menandai pengambilan data dengan memasang elektroda C dan elektroda P.
3. Menyambungkan keempat elektroda ke resistivity meter dengan penghubung berupa kabel yang telah disiapkan.
4. Menghidupkan atau mengaktifkan resistivity meter yang kemudian diinjeksikan arus listrik.
5. Mencatat nilai arus (I) dan beda potensial (V).
6. Memindahkan elektroda arus dan elektroda potensial sesuai dengan aturan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Kemudian menginjeksikan arus dan catat hasilnya. Memindahkan elektroda arus dan lakukan penginjeksian secara berulang-ulang terus hingga mencakup panjang seluruh titik.

#### 3.2.2.2 Pengolahan Data Lapang

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan dari Res2dinv yang merupakan salah satu program bantu pada PC yang dapat digunakan untuk penentuan suatu nilai resistivitas suatu permukaan tanah. Pengolahan data dari software Res2dinv menggunakan data hasil dari output dari alat resistivitas. Data yang dihasilkan yaitu (I) dan (V) yang nantinya diolah dan menghasilkan nilai resistivitas. Microsoft excel juga membantu memproses pengolahan data lapang. Tidak perlunya melakukan kalkulasi lagi dikarenakan data yang didapat dari

pengukuran lapangan diinputkan kedalam software Res2Dinv. Tahapan selanjutnya ditentukannya lapisan batuan dan zona-zona lemah melalui penginterpretasian data lapang dengan penyesuaian nilai resistiviti yang diperoleh sesuai dengan literatur dan kondisi lokasi pengambilan data. Data resistivitas kemudian divalidasi sehingga didapatkan kepercayaan yang lebih tinggi.

### 3.2.2.3 Pembuatan Model Lereng

Data geolistrik dapat membantu dalam permodelan lereng. Sehingga bentukan dan purwarupa lereng mengikuti hasil dari nilai resistivitas. Sedangkan geometri asli kelerengan digunakan sebagai bentuk dari lereng yang akan dimodelkan. Sudut kemiringan lereng, panjang lereng, merupakan geometri yang harus diperhatikan, sedangkan data geolistrik dapat menentukan kedalaman lereng. software AutoCad ataupun software pendukung lainnya dapat digunakan untuk membantu dalam pembuatan permodelan lereng

### 3.2.3 Pengambilan Data Uji Laboratorium

Pengambilan data uji laboratorium merupakan Langkah selanjutnya yang dilakukan dalam penelitian ini. Langkah ini dilakukan setelah mendapatkan sample tanah dari lokasi diambilnya data lapang (data resistivitas). Pengambilan data uji laboratorium ini dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Jember. Secara garis besar pengambilan data uji laborotrium dilakukan menurut Langkah Langkah point 3.2.3.1 hingga point 3.2.3.2 seperti yang di jelaskan sebagai berikut:

#### 3.2.3.1 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sample tanah dilakukan setelah dilakukanya proses identifikasi melalui metode geolistrik. Pengambilan sample tanah dilakukan menggunakan alat bor tanah sesuai kedalaman yang diinginkan. Sample tanah ini diambil sesudah mendapatkan kondisi litologi didaerah penelitian. Hal ini dilakukan guna mendapatkan keterangan pada kedalaman berapa harus dilakukanya pengambilan sample tanah. Setelah didapatklan beberapa sample tanah yang diperlukan, tahap selanjutnya yaitu dilakukannya pengujian sampel tanah yang telah diambil dari

lapangan. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Jember untuk mendapat data yaitu berupa data berat volume tanah, kuat geser tanah, dan nilai sudut geser tanah. Data-data tersebut merupakan parameter tanah yang diperlukan untuk analisis tingkat safety factor dari lokasi yang diteliti. Uji sifat fisis tanah dilakukan guna mendapatkan nilai berat isi tanah ( $\gamma$ ) sedangkan uji sifat mekanis tanah dilakukan guna memperoleh kohesi ( $c$ ) serta sudut geser ( $\phi$ ).

#### 3.2.4 Penggabungan Data Uji Lapangan dan Uji Laboratorium

Penggabungan data hasil uji lapangan dan uji laboratorium dilakukan dengan menggunakan bantuan dari *software Rockscience Slide*. Data dari hasil uji sifat fisis tanah dan uji sifat mekanis tanah dari masing-masing lapisan tanah merupakan variabel input yang diperlukan. Model lereng yang dihasilkan dari metode geolistrik yang telah dibuat sebelumnya juga merupakan variabel yang dibutuhkan untuk di input kedalam software.

#### 3.2.5 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan

Tahapan ini dilakukan perhitungan nilai faktor keamanan dari daerah penelitian di Kecamatan Panti dengan menggunakan metode Limit Equilibrium Method. Perhitungan FK ini dilakukan dengan bantuan dari *software Rockscience Slide*. *Software Rockscience Slide* adalah program yang dapat membantu untuk analisis stabilitas lereng, baik tanah maupun batuan, termasuk galian dan timbunan. *Software Rockscience Slide* juga dapat digunakan untuk mengetahui *safety factor* dari suatu lereng yang diteliti. Metode penentuan *safety factor* yang ada dalam *software Rockscience Slide* adalah Ordinary or Fellenius method, Bishop's simplified method, Janbu's simplified method, dan lain sebagainya. *Software Rockscience Slide* menggunakan data inputan yaitu nilai kohesi, nilai phi, dan juga nilai berat jenis tanah. Data-data tersebut diperoleh dengan cara melakukan uji sampel tanah yang telah diambil di lokasi penelitian yang kemudian dilakukan pengujian di laboratorium.

### 3.3 Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data yang didapatkan berupa data kuantitatif. Data lapang didapatkan dengan cara melakukan pengukuran langsung di area lokasi penelitian dan sekitarnya. Pengukuran data tersebut meliputi pengukuran arus listrik ( $I$ ) yang diinjeksikan ke dalam bumi, tegangan ( $V$ ) yang timbul akibat pengaruh beda potensial yang terjadi pada titik-titik pengukuran selanjutnya yaitu koordinat lokasi di lingkungan penelitian. Data lainya yaitu berupa data hasil uji laboratorium. Data hasil uji laboratorium didapatkan berupa data berat isi tanah, kuat geser tanah, dan sudut geser tanah .

### 3.4 Definisi Operasional Variabel

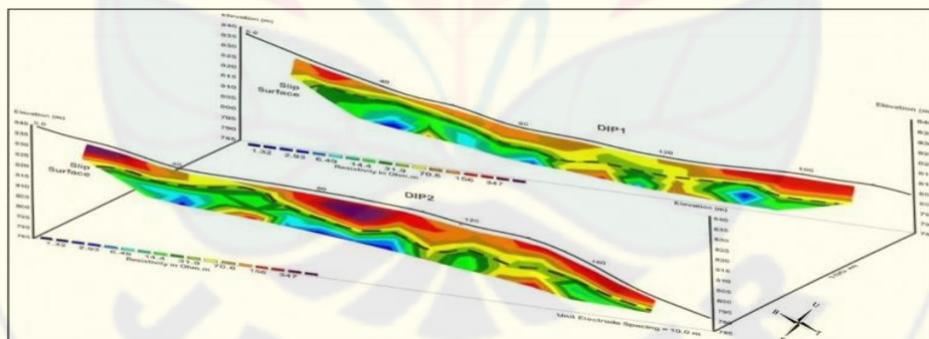
Variabel-variabel yang diamati dan diukur dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Spasi atau jarak antar elektroda pada setiap lintasan yaitu sebesar 1 M.
2. Digunakan adalah konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.
3. Koordinat titik data oleh pengukuran GPS.
4. Beda potensial ( $V$ ) yang terukur pada resistivity meter.
5. Arus ( $I$ ) yang terukur pada resistivity meter.
6. Berat isi tanah ( $\gamma$ ) yang didapatkan dari hasil uji laboratorium
7. Kuat geser tanah ( $C$ ) yang didapatkan dari hasil uji laboratorium
8. Sudut geser tanah ( $\phi$ ) yang didapatkan dari hasil uji laboratorium

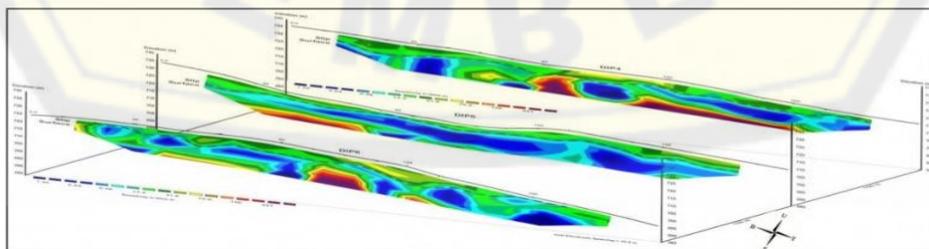
### 3.5 Pengolahan Data

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu pengukuran lapang secara langsung (uji geolistrik) dan uji geoteknik. Pengukuran lapang dilakukan di beberapa titik titik. Titik yang diambil disesuaikan dengan kondisi pengamatan di lokasi. Pertimbangan penentuan lokasi adalah lokasi yang rawan longsor dan juga melihat panjang lintasan yang dapat dibuatkannya titik pengambilan data. Hal tersebut dilakukan untuk menghasilkan litologi bawah tanah sesuai tujuan dari tesis ini. Hasil dari pengambilan data lapang berupa nilai arus listrik ( $I$ ) dan juga nilai beda potensial ( $P$ ), Nilai tersebut kemudian diolah

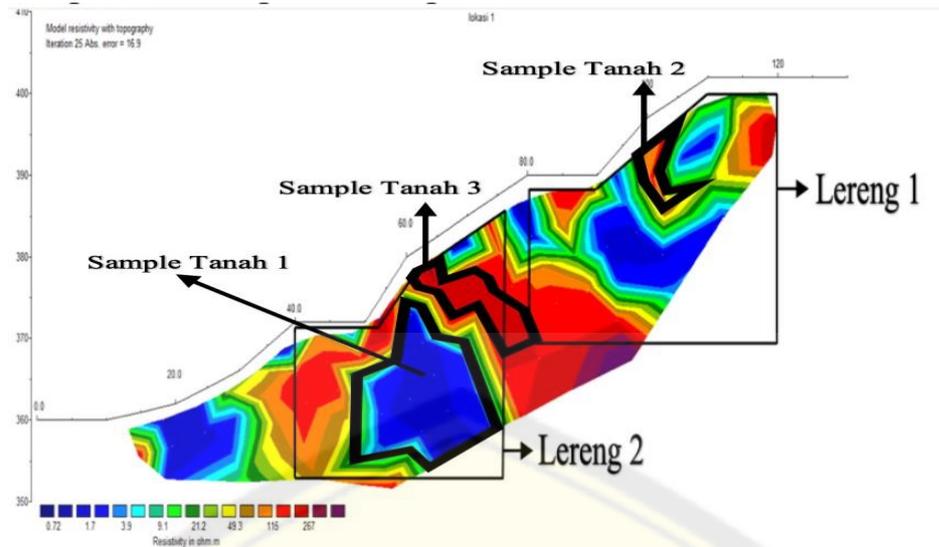
menggunakan *software Microsoft excel* guna mendapatkan nilai resistivitas. resistivitas. Nilai resistivitas selanjutnya di gabungkan dengan faktor geometri dengan cara dikalikan langsung guna mendapatkan nilai resistivitas semu. Selanjutnya nilai resistivitas semu tersebut beserta nilai altitude dan titik datum dari tiap tiap lokasi diinputkan kedalam *software res2dinv*. Hasil output dari *software res2dinv* berupa penampang 2d kondisi bawah permukaan Di Desa Kemiri yang dicontohkan pada **Gambar 3.10**. **Gambar 3.10** selanjutnya akan menjadi informasi dimana saja akan diambil sample tanah untuk dilakukannya pengujian laboratorium. Sampel tanah pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 3 jenis sampel. Sampel pertama yaitu dengan nilai resistivitas rendah yang berwarna biru hingga hijau. Sampel kedua yaitu yang memiliki nilai resistivitas menengah dengan warna kuning hingga orange. Sampel ketiga yaitu dengan nilai resistivitas tinggi yang berwarna merah hingga ungu. Contoh pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada **Gambar 3.11**. sebelum diinputkan kedalam *software Rockscience Slide* maka lereng hasil penampang 2d dibagi menjadi dua lereng yaitu lereng pertama dan lereng kedua. Pembagian ini dimaksudkan supaya dapat mengetahui nilai faktor keamanan di lereng atas maupun di lereng bawah (**Gambar 3.11**)



lisan 1 dan 2).

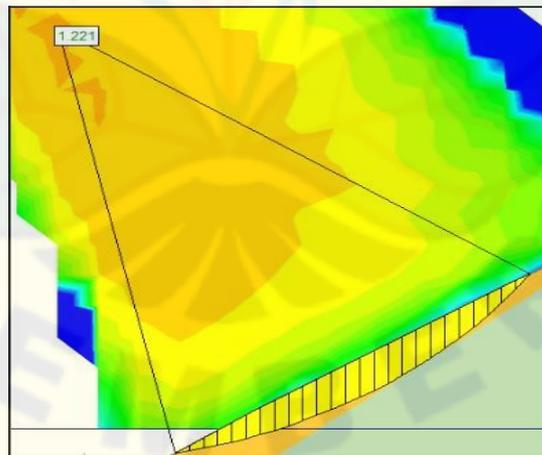


**Gambar 3.10** Contoh Hasil Output Software Res2Dinv (Sumber : Muhardi,2020)



Gambar 3.11 Contoh pengambilan sampel pada lokasi penelitian

Sampel tanah yang telah diambil kemudian akan di ujikan secara geoteknik untuk menghasilkan nilai kohesi, psi, dan gamma. Setelah mendapatkan nilai kohesi, psi, dan gamma hasil uji geoteknik dan nilai resistivitas serta penampang 2d litologi daerah penelitian selanjutnya data-data tersebut akan diolah menggunakan *software Rockscience Slide* untuk menghasilkan nilai faktor keamanan (safety factor). Data-data tersebut kemudian di compute menggunakan analisa *Bishop* dan menghasilkan nilai faktor keamanan. Contoh output dari hasil *Rockscience Slide* dapat dilihat pada **Gambar 3.11**.



Gambar 3.11 Contoh Tampilan Hasil Software Rockscience Slide (Inayatillah,2010)

### 3.6 Indikator Keberhasilan Penelitian

Keberhasilan pada penelitian ini dapat diperoleh dengan:

**Table 3.1 Indikator Keberhasilan Penelitian**

No	Tahapan	Jenis Dan Sumber Data	Metode Analisis	Output
1	Pengumpulan Data Beda Potensial	Data diperoleh dari pengukuran lapang menggunakan metode geolistrik	Analisi data di dapatkan dengan melakukan perhitungan pada software excel	Data beda potensial (V)
2	Pengumpulan Data Kuat Arus	Data Kuat Arus diperoleh dari alat geolistrik yang diinjeksikan ke dalam permukaan tanah	Analisis didapatkan dengan melihat keluaran kuat arus yang terlihat pada alat geolistrik	Data kuat arus (I)
3	Pengumpulan data nilai resistivitas	Data nilai resistivitas diperoleh dari hasil data beda potensial dan data kuat arus	Analisis didapatkan dengan melakukan perhitungan dengan software excel	Data besar nilai resistivitas ( $\rho$ )
4	Pengumpulan data uji laboratorium	Analisa sample tanah yang di ambil dari lokasi penelitian	Analisa didapatkan dengan cara melakukan uji laboratorium untuk menentukan sifat fisis dan mekanis tanah	Data parameter fisis dan mekanis tanah
5	Identifikasi jenis litologi	Jenis litologi didapatkan dsari data nilai rsistivitas	Jenis litologi didapatkan setelah melakukan input data ke dalam software Res2Dinv	Data berupa jenis litologi di daerah penelitian
6	savety factor	Output hasil dari software geoslope	Analisis diperoleh dengan menginputkan data nilai resistivitas dan data hasil uji laboratorium ke software Geoslope	Nilai savety factor di daerah penelitian

#### BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai resistivitas yang didapatkan dari uji lapang (Uji Geolistrik) dan juga nilai faktor keamanan (Uji Geoteknik) yang diperoleh dari uji laboratorium. Perbedaan uji geolistrik dan juga uji geoteknik dalam penelitian ini yaitu untuk uji geolistrik merupakan uji lapang yang bertujuan menghasilkan nilai resistivitas dan juga jenis litologi bawah permukaan tanah, sedangkan uji geoteknik bertujuan untuk menghasilkan nilai kohesi,  $\psi$ , dan juga nilai  $\gamma$  sebagai data input untuk menghasilkan nilai faktor keamanan. Pengujian lapang menggunakan metode geolistrik resistivitas yang menghasilkan kuat arus dan beda potensial, selanjutnya diolah dengan bantuan *software RES2DINV*. Hasil *output* penampang 2d digunakan sebagai acuan dalam penentuan jenis lapisan tanah di lokasi penelitian. Pengujian laboratorium dilakukan setelah melakukan pengambilan *sample* tanah. *Sample* tanah yang diambil yaitu sebanyak tiga *sample* pada tiap-tiap lokasi sesuai dengan nilai resistivitas. Nilai resistivitas yang digunakan sebagai acuan pengambilan data yaitu nilai berdasarkan warna yang terlihat pada hasil penampang 2d. *Sample* tanah pertama yaitu *sample* tanah dengan warna resistivitas biru hingga hijau dengan kisaran nilai resistivitas antara  $0 \Omega\text{m} - 23 \Omega\text{m}$ . *Sample* kedua yaitu yang berada pada warna kuning hingga oranye dengan nilai resistivitas mulai  $30 \Omega\text{m} - 100 \Omega\text{m}$ , dan *sample* ketiga yaitu yang berwarna merah hingga ungu yang bernilai di atas  $100 \Omega\text{m}$ . Data lapang yang dihasilkan dapat dilihat dalam Gambar 4.1, Gambar 4.3, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, sedangkan tabel jenis lapisan tanah di lokasi penelitian ditunjukkan dalam Table 4.2, Tabel 4.4, Tabel 4.6, dan Tabel 4.8. pemilihan lokasi didasarkan daerah dengan tingkat kerawanan pergeseran tanah tinggi di Kabupaten Jember (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2017). Empat lokasi tersebut juga dipilih karena lokasi tersebut merupakan jalan satu-satunya menuju ke Agrowisata gunung pasang. Hasil pengujian laboratorium yaitu berupa nilai kohesi, sudut geser dalam tanah, dan berat volume tanah dan ditunjukkan pada tabel 4.3, tabel 4.5, tabel 4.7 dan tabel 4.9.

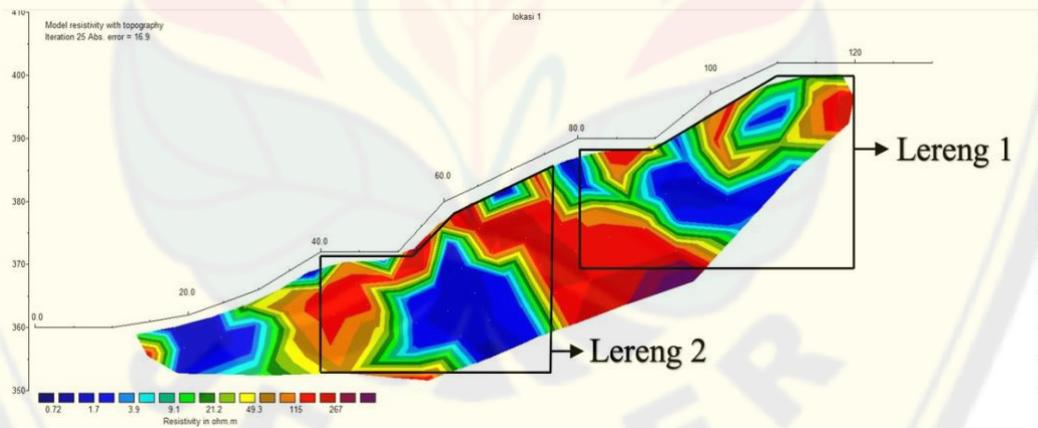
dengan tabel 4.1. Hasil olah data dapat terlihat pada Gambar 4.2, Gambar 4.4, Gambar 4.6, dan Gambar 4.8.

**Tabel 41. Kisaran Faktor Keamanan**

Faktor Keamanan	Kerentanan Gerakan Tanah
$\leq 1,2$	Tinggi: Gerakan Tanah Sering Terjadi
$1,2 < FK < 1,7$	Menengah: Gerakan Tanah Dapat Terjadi
$1,7 < FK < 2,0$	Rendah: Gerakan Tanah Jarang Terjadi
$> 2,0$	Sangat Rendah: Gerakan Tanah Sangat Jarang Terjadi

(Sumber: Badan Standarisasi Nasional,2005)

**4.1 Lokasi Pertama**

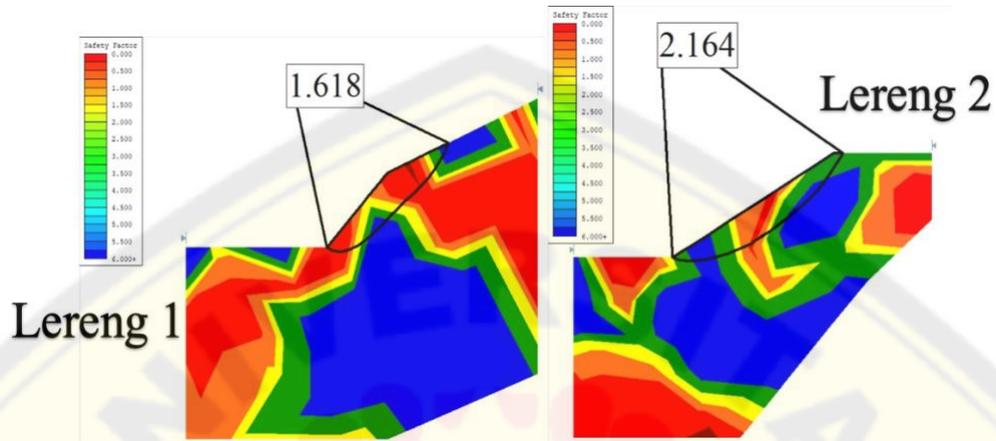


**Gambar 4.1 Sebaran Nilai Resistivitas Lokasi Pertama**

**Tabel 4.2 Jenis Litologi Lokasi Pertama**

Resistivitas	Jenis Tanah	Ketebalan
0.72 - 1	Air Tanah	1m - 20m
1.1 - 8.4	Lempung Basah	1m - 20m
8.5 - 21.2	Lempung Sedang	1m - 10m
21.3 - 70.8	Lempung Kering	1m - 10m
70.9 - 115	Lanau	1m - 10m

115.5 - 150	Lanau	1m - 10m
150.5 - 267	Batuan Pasir	1m - 24m



Gambar 4.2 Nilai faktor keamanan lokasi pertama

Tabel 4.3 Nilai Kohesi, Phi, dan Gamma Lokasi Pertama

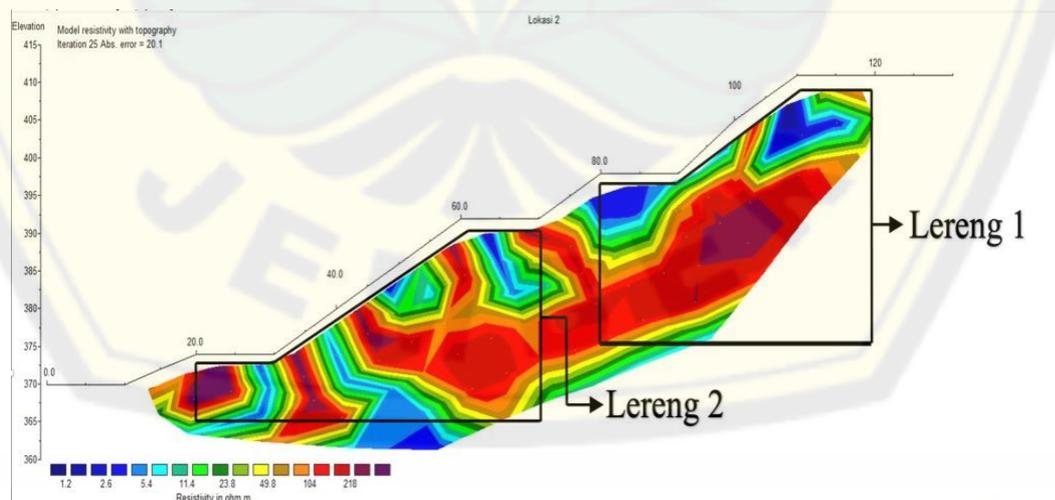
Sample	Warna	C	$\phi$	$\gamma$
1	Biru - Hijau	7.345	44.572	15.125
2	Kuning - Orange	12.995	39.385	15.386
3	Merah - Ungu	16.949	22.317	15.55

Pengambilan data geolistrik di lokasi pertama dilakukan dengan panjang lintasan 130 meter dan besar spasi antar elektroda yaitu 10 meter. Titik awal diletakkan elektroda yaitu pada titik 0 meter terus berpindah hingga ketitik 130 meter. Pengujian lapang mendapatkan hasil yang bervariasi. Gambar 4.1 merupakan hasil sebaran resistivitas pada lokasi pertama. Selanjutnya resistivitas yang didapatkan kemudian didefinisikan sesuai jenis litologi menurut (Telford,1990). Jenis litologi yang didapatkan juga berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu menurut (Emawati,2019), dan (Rohimah,2019). Penampang 2d dengan warna biru menandakan pada lokasi pertama nilai resistivitas berada pada kisaran 0.72  $\Omega$ m hingga 3.9  $\Omega$ m dan didefinisikan sebagai tanah dengan jenis air tanah hingga tanah l. Rentang tersebut dapat ditemukan pada titik 20 meter dengan kedalaman dari 1 meter hingga 10 meter, titik 60 meter pada kedalaman mencapai 15 meter, dan

tersebar di titik 80 meter hingga 110 meter. Resistivitas sebesar 115  $\Omega\text{m}$  hingga 267  $\Omega\text{m}$  didefinisikan sebagai tanah lanau hingga tanah berjenis batuan pasir sesuai yang terlihat pada tabel 4.1 dan tersebar merata mulai dari titik 40 meter hingga 120 meter. Tanah lanau dan batuan pasir juga terlihat di antara lereng 1 dan juga lereng 2. Perbedaan antara dua jenis lapisan tanah yang memiliki nilai resistivitas yang berbeda sangat jauh dapat mengakibatkan tanah dengan resistivitas rendah akan mengalami pergeseran.

Nilai faktor keamanan lokasi pertama dapat dilihat pada Gambar 4.2. Terlihat lereng kedua memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1.618 yang menandakan gerakan tanah dapat terjadi. Nilai tersebut termasuk dalam kategori rendah yang berbahaya jika sewaktu – waktu terjadi longsor. Lereng kedua juga merupakan lereng yang bersinggungan langsung dengan jalan utama menuju agrowisata. Lereng pertama memiliki nilai faktor keamanan sebesar 2.164 dan diartikan sebagai gerakan tanah sangat jarang terjadi. Gerakan tanah yang sangat jarang terjadi ini bukan menjadi jaminan bahwa lereng pertama tidak akan terjadi pergeseran tanah. Bidang gelincir yang terbentuk pada lereng pertama berada pada titik 50 meter – 65 meter dengan kedalaman 5 meter sedangkan untuk bidang gelincir lereng kedua yaitu pada titik 90 meter – 110 meter dengan kedalaman 5 meter.

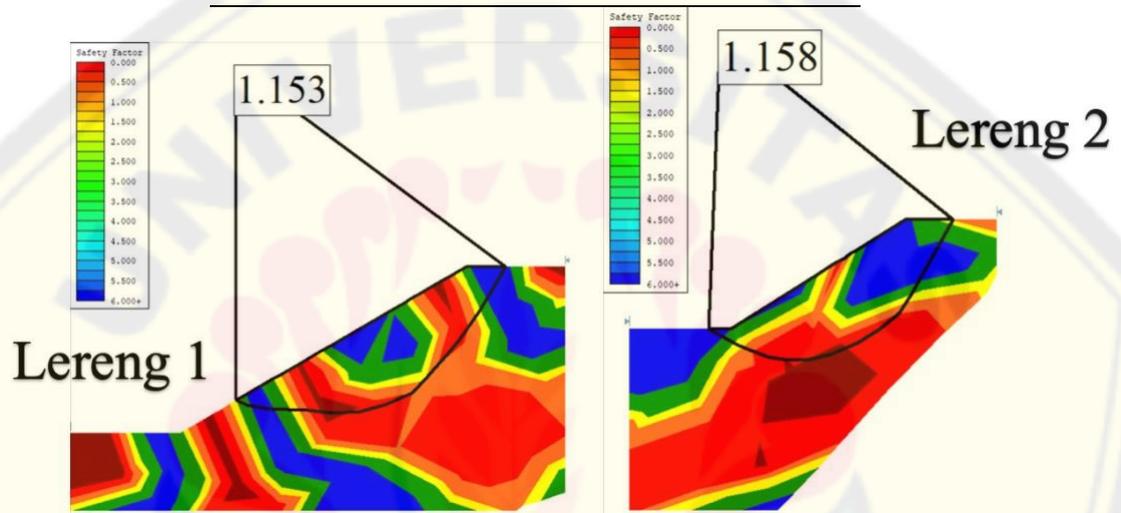
#### 4.2 Lokasi Kedua



Gambar 4.3 Sebaran Nilai Resistivitas Lokasi Kedua

**Tabel 4.4 Jenis Litologi Lokasi Kedua**

Resistivitas ( $\Omega m$ )	Jenis Tanah	Ketebalan
1.2 - 8.4	Lempung Basah	1m - 25m
8.5 - 20.9	Lempung Sedang	1m - 25m
21 - 23.8	Lempung Kering	1m - 30m
23.9 - 70.8	Lempung Kering	1m - 27m
70.8 - 104	Lanau	1m - 30m
104.1 - 150	Lanau	1m - 30m
150.1 - 218	Batuan Pasir	3m - 10m



**Gambar 4.4 Nilai faktor keamanan lokasi kedua**

**Tabel 4.5 Nilai Nilai Kohesi, Phi, dan Gamma Lokasi kedua**

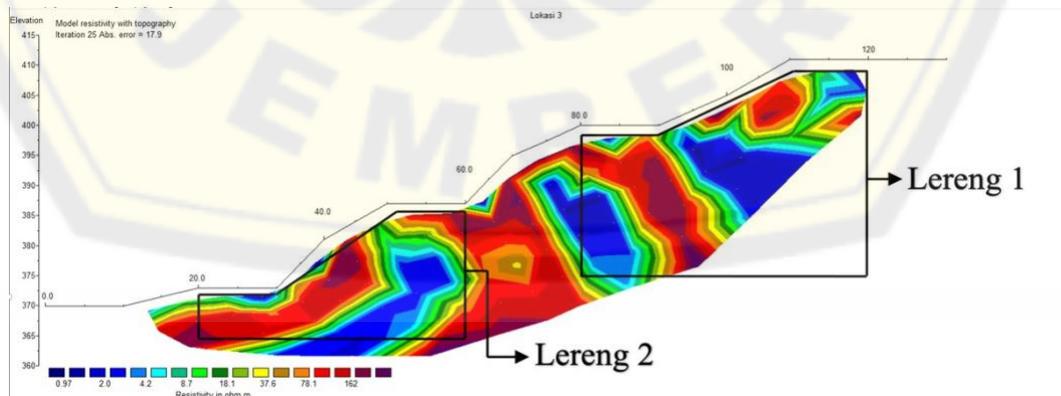
Sample	Warna	C	$\phi$	$\gamma$
1	Biru - Hijau	3.390	33.296	14.729
2	Kuning - Orange	11.865	26.224	15.249
3	Merah - Ungu	14.124	13.836	15.396

Hampir sama dengan lokasi pertama, lokasi kedua ini jenis tanah yang teridentifikasi berjenis lempung basah hingga lanau. Lempung basah dan lanau tersebut sudah sesuai dengan karakteristik jenis tanah wilayah Kabupaten Jember yang didominasi oleh tanah berjenis lempung basah. Lempung basah dapat menyimpan banyak air dan juga dapat menjadi bidang gelincir yang menyebabkan pergeseran tanah. Gambar 4.3 yang memperlihatkan warna merah dengan kisaran 104  $\Omega m$  hingga 218  $\Omega m$  dan merupakan jenis tanah lanau hingga batuan pasir.

Resistivitas terkecil yaitu sebesar  $1.2 \Omega\text{m}$  hingga  $5.4 \Omega\text{m}$  terlihat terdapat pada permukaan tanah yaitu pada titik 80 meter hingga 120 meter. Dekat dengan permukaan inilah yang nantinya akan mengalami pergeseran tanah dikarenakan pada titik ini lapisan tanahnya bertemu langsung antara resistivitas rendah dan resistivitas tinggi. Ketika tanah yang memiliki nilai resistivitas rendah ini menyimpan terlalu banyak air maka besar kemungkinan tanah akan longsor.

Faktor keamanan baik lereng pertama maupun lereng kedua memiliki nilai yang rendah. Nilai rendah ini sangat berbahaya dikarenakan baik 1.153 maupun 1.158 merupakan tingkat kerentanan yang sangat tinggi. Kerentanan tinggi ini menandakan bahwa gerakan tanah sangat sering terjadi. Gerakan tanah yang sering terjadi berbahaya karena gerakan tanah dapat terjadi sewaktu-waktu dan dapat juga menyebabkan longsor di lokasi. Lereng pertama dan lereng kedua juga dapat dilihat dari kontur lereng sangat curam yang dikhawatirkan terjadinya longsor di lokasi membawa material tanah yang sangat besar yang nantinya akan berakibat timbulnya korban jiwa yang besar. Lereng pertama memiliki bidang gelincir berada pada titik 30 meter – 53 meter dengan kedalaman 7 meter sedangkan untuk bidang gelincir lereng kedua yaitu pada titik 90 meter – 113 meter dengan kedalaman 5 meter. Lokasi kedua ini juga memiliki tingkat kerawanan longsor yang sangat tinggi, hal ini dapat menjadi informasi untuk masyarakat sekitar ataupun pengunjung wisata untuk lebih berhati-hati jika melewati lokasi ini.

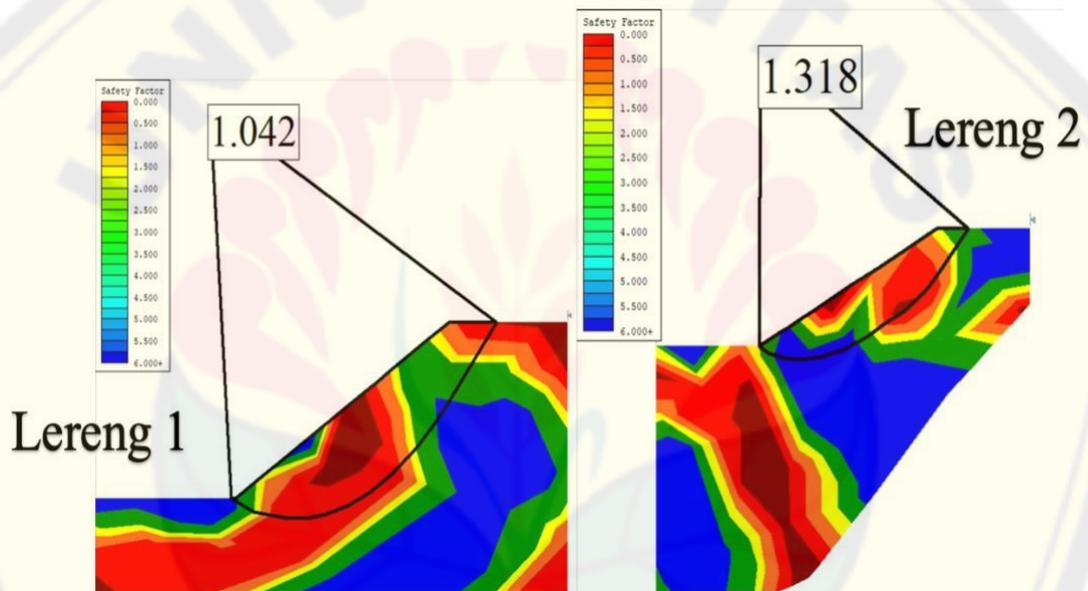
### 4.3 Lokasi Ketiga



Gambar 4.5 Sebaran Nilai Resistivitas Lokasi Ketiga

**Tabel 4.6 Jenis Litologi Lokasi Ketiga**

Resistivitas ( $\Omega m$ )	Jenis Tanah	Ketebalan
0.97 - 1	Air Tanah	1m - 30m
1.1 - 8.4	Lempung Basah	1m - 20m
8.5 - 18.1	Lempung Sedang	1m - 20m
18.2 - 20.9	Lempung Sedang	1m - 20m
21 - 70.8	Lempung Kering	1m - 25m
70.9 - 78.1	Lanau	1m - 30m
78.2 - 150	Lanau	1m - 10m
150.1 - 162	Batuan Pasir	1m - 30m



**Gambar 4.6 Nilai faktor keamanan lokasi ketiga**

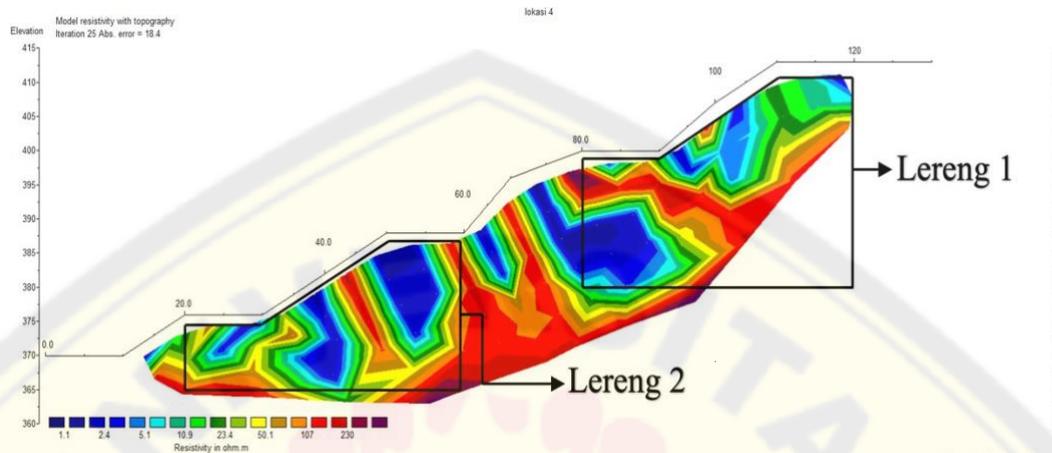
**Tabel 4.7 Nilai Nilai Kohesi, Phi, dan Gamma Lokasi ketiga**

Sample	Warna	C	$\phi$	$\gamma$
1	Biru - Hijau	9.040	22.317	14.68
2	Kuning - Orange	12.430	26.224	15.219
3	Merah - Ungu	18.079	13.836	15.072

Lokasi ketiga memiliki rentang resistivitas yang cenderung kecil. Lokasi ketiga memiliki nilai resistivitas terkecil yaitu hanya sampai 162  $\Omega\text{m}$ . Nilai resistivitas berwarna biru yang menunjukkan besar 0.97  $\Omega\text{m}$  hingga 4.2  $\Omega\text{m}$  tersebar merata. Persebaran tersebut berada pada titik 30 meter – titik 60 meter dengan kedalaman bervariasi mulai dari 10 meter dan terakhir pada kedalaman 15 meter. Terdapat juga pada titik 75 meter dengan kedalaman 5 meter hingga kedalaman 20 meter. selain itu resistivitas rendah juga terdapat pada titik 100 meter dengan kedalaman 5 meter sampai dengan 20 meter. Jenis tanah lain yaitu tanah dengan jenis lanau hingga batuan pasir yang ditandai dengan warna merah hingga warna ungu juga tersebar diseluruh penampang 2d. Sebaran tersebut dapat dilihat mulai dari titik 15 meter kedalaman 5 meter. tanah lanau juga terlihat berperan sebagai pembatas antara lereng pertama dan juga lereng kedua serta berada pada daerah yang sangat berbahaya dikarenakan pada lokasi ketiga ini berada pada jalan sempit dan juga berkelok-kelok. Kondisi seperti ini sangat berbahaya dan ditakutkan jika masyarakat sekitar tidak mengetahui informasi mengenai tingkat berbahayanya maka akan timbul korban jiwa.

Lokasi ketiga ini memiliki nilai faktor keamanan yaitu 1.318 pada lereng pertama dan 1.042 pada lereng kedua. Lereng pertama didefinisikan sebagai lereng memengah yaitu gerakan tanah masih dapat terjadi. Berbeda dengan lereng pertama lereng kedua didefinisikan sebagai gerakan tanah sering terjadi. Lereng kedua ini juga merupakan lereng dengan nilai faktor keamanan paling rendah diantara lereng lainnya. Lereng kedua ini juga merupakan lereng yang bersinggungan langsung dengan jalan utama menuju ke daerah Agrowisata. Bidang gelincir yang terbentuk pada lereng pertama diperkirakan berada pada titik 30 meter – 53 meter dengan kedalaman sekitar 7 meter sedangkan untuk bidang gelincir lereng kedua yaitu pada titik 90 meter – 113 meter dengan kedalaman sekitar 5 meter. Oleh karena itu pengunjung maupun masyarakat diharapkan lebih berhati-hati jika melewati jalan tersebut.

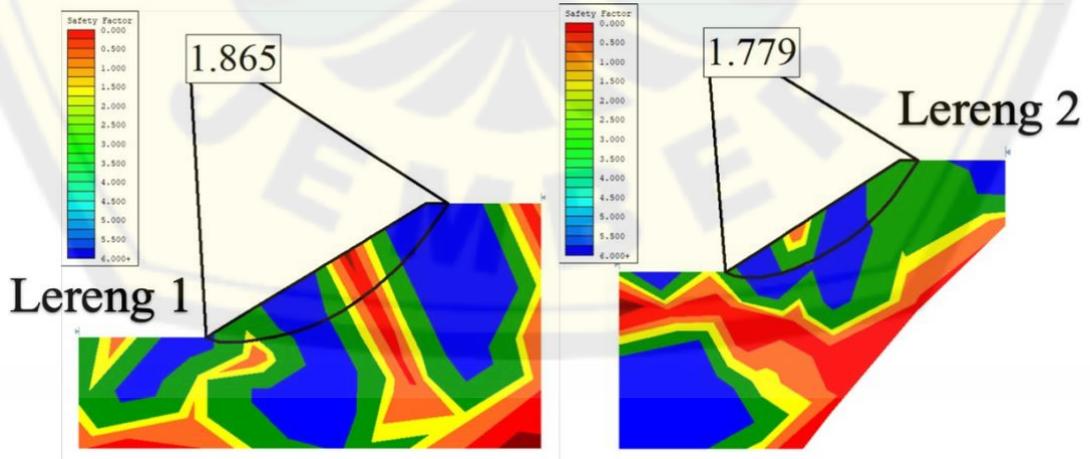
### 4.3 Lokasi Keempat



Gambar 4.7 Sebaran Nilai Resistivitas Lokasi Keempat

Tabel 4.8 Jenis Litologi Lokasi Keempat

Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis Tanah	Ketebalan
1.1 - 8.4	Lempung Basah	1m - 20m
8.5 - 20.9	Lempung Sedang	1m - 25m
21 - 23.4	Lempung Kering	1m - 25m
23.5 - 70.8	Lempung Kering	1m - 20m
70.9 - 107	Lanau	1m - 20m
107 - 150	Lanau	3m dan 20m
150.1 - 230	Batuan Pasir	1m dan 25m



Gambar 4.8 Nilai faktor keamanan lokasi keempat

**Tabel 4.9 Nilai Nilai Kohesi, Phi, dan Gamma Lokasi keempat**

Sample	Warna	C	$\phi$	$\gamma$
1	Biru - Hijau	10.170	36.460	14.734
2	Kuning - Orange	11.300	42.084	15.665
3	Merah - Ungu	19.774	18.179	15.721

Lokasi keempat merupakan lokasi terakhir dari penelitian ini dan berdekatan dengan tempat wisata yaitu Agrowisata Gunung Pasang. Agrowisata merupakan salah satu Agrowisata yang sangat ramai dikunjungi masyarakat. Tingkat keramaian pengunjung di Agrowisata ditakutkan akan berbanding lurus jika terdapat bencana tanah longsor yang terjadi. Hal ini dikuatkan karena jalan menuju ke lokasi merupakan jalan satu-satunya jika jalan tertutupi longsor maka akan menutup akses jalan secara total. Gambar 4.7 menunjukkan bahwa resistivitas di lokasi keempat ini berkisar antara 1.1  $\Omega$ m hingga 230  $\Omega$ m. Resistivitas tersebut dapat diidentifikasi merupakan jenis tanah lempung basah hingga tanah batuan pasir. Terlihat jenis tanah lempung sedang tersebar merata ditandai dengan warna biru. Tanah lempung sedang ini tersebar antara lain pada titik 25 meter, 35 meter, 50 meter, 60 meter, 70 meter, 90 meter, 100 meter dan 120 meter. Kedalaman tanah lempung sedang juga bervariasi yaitu antara 1 meter paling rendah dan yang paling dalam yaitu 20 meter. Tanah jenis lain yaitu tanah berjenis lanau dan batuan pasir yang tersebar di bawah permukaan dalam tanah tetapi terdapat juga pada lapisan tanah atas yaitu pada titik 43 meter, 73 meter, dan 80 meter dengan kedalaman paling dalam yaitu 28 meter. Tanah dengan jenis lempung basah dan lempung sedang yang memiliki resistivitas kecil berada di permukaan tanah sedangkan tanah dengan resistivitas besar berada di bawah tanah dengan resistivitas kecil. Kondisi itu dapat mengakibatkan tanah dengan resistivitas kecil mengalami pergeseran. Pergeseran tersebut yang nantinya akan mengakibatkan terjadinya longsor.

Lokasi keempat gerakan tanah jarang terjadi dengan faktor keamanan yaitu sebesar 1.779 dan 1.865. Faktor keamanan yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh perbedaan nilai Kohesi, Phi, dan Gamma antara kedua lapisan tanah. Selain perbedaan Kohesi, Phi, dan Gamma jenis litologi berdasarkan resistivitas juga

sangat berpengaruh terhadap longsor. Terlihat bahwa jika adanya perbedaan yang besar antara dua lapisan tanah dengan resistivitas yang terpaut jauh maka nilai faktor keamanan yang dihasilkan bernilai kecil. Nilai kecil inilah yang menyebabkan terjadinya longsor. Lokasi keempat ini jarang terjadi pergeseran tanah tetapi hal ini bukan berarti gerakan tanah tidak dapat terjadi melihat ketiga lokasi lain dan juga lokasi keempat ini faktor keamanannya berada di bawah 2. Bidang gelincir yang terbentuk pada lereng pertama berada pada titik 30 meter – 53 meter dengan kedalaman 5 meter sedangkan untuk bidang gelincir lereng kedua yaitu pada titik 90 meter – 111 meter dengan kedalaman 5 meter.

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu tingkat kerawanan longsor di Desa Kemiri kecamatan Panti sangat tinggi dilihat dari hasil nilai faktor keamanan yang didapatkan di lokasi penelitian. Lokasi pertama yang memiliki nilai faktor keamanan di atas 2 yaitu yang berada pada lereng pertama dengan nilai faktor keamanan di atas 2. Hasil nilai faktor keamanan di lokasi penelitian lainnya yaitu lokasi kedua, lokasi ketiga, lokasi keempat mendapatkan hasil yang bernilai di bawah 2, oleh karena itu pada lokasi ini sangat rawan terjadinya pergeseran tanah yang takutnya akan menimbulkan longsor. Tingkat kerawanan longsor sangat berbanding lurus dengan nilai resistivitas yang didapatkan. Nilai resistivitas kecil akan mengakibatkan nilai faktor keamanan yang diperoleh juga bernilai kecil. Pengaruh nilai resistivitas tersebut dapat mengakibatkan longsor jika tanah lapisan atas tersebut memiliki nilai resistivitas kecil bertemu dengan tanah lapisan bawah yang memiliki nilai resistivitas besar. Faktor lain yang dapat mempengaruhi nilai faktor keamanan yaitu kondisi geometri dari lereng tersebut semakin curam lereng maka nilai faktor keamanan juga akan semakin rendah. Hujan yang terjadi sebelum dilakukannya pengambilan data lapang juga sangat berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan. Hujan akan mengakibatkan tanah di daerah penelitian menjadi basah. Tanah basah ini akan mengakibatkan nilai faktor keamanan yang diperoleh menjadi sangat kecil sehingga akan berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan.

Penelitian serupa juga telah banyak dilakukan baik menggunakan metode geolistrik, Uji laboratorium, dan juga penggabungan antara dua metode tersebut. Penelitian ini dilakukan pengambilan sample tanah sesuai dengan nilai

resistivitas dan bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan yang didapatkan merupakan hasil pertemuan dari jenis litologi tertentu yang menghasilkan nilai faktor keamanan bervariasi. Permodelan lereng pada penelitian ini juga dilakukan sesuai hasil interpretasi 2d pada output program *Res2dinv*. Permodelan seluruh lapisan tanah ini dapat digunakan sebagai inputan dalam program Rockscience agar nantinya program tersebut dapat memetakan dan menentukan titik mana saja serta kedalaman berapa yang memiliki nilai faktor keamanan terendah. Tujuan lain dilakukannya pengambilan sample tanah sesuai dengan jenis litologi ini yaitu dapat menjadi acuan masyarakat sekitar bahwa perbedaan jenis litologi dalam suatu kelerengan dapat mempengaruhi nilai faktor keamanan.

## BAB 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya penelitian dengan menggunakan gabungan antara uji geolistrik dan uji geoteknik maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Lokasi yang telah diteliti memiliki besar nilai resistivitas antara  $0,72 \Omega\text{m}$  hingga  $267 \Omega\text{m}$ . Tanah di lokasi penelitian berjenis lempung basah hingga tanah berjenis batuan pasir. Kondisi tersebut sama halnya dengan kondisi tanah di Kabupaten Jember yang merupakan wilayah dengan jenis tanah lempung. Nilai resistivitas yang didapatkan juga bernilai relatif kecil. Nilai kecil ini dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah yang basah, hal ini disebabkan karena waktu pengambilan data lapangan dilakukan setelah terjadinya hujan.
2. Kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa hal. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu jenis litologi antara lapisan tanah atas dan lapisan tanah bawah. Ketika lapisan tanah atas memiliki jenis litologi dengan nilai resistivitas kecil bertemu lapisan tanah bawah yang memiliki litologi dengan nilai resistivitas besar maka akan mempengaruhi nilai faktor keamanan. Semakin besar perbedaan nilai resistivitas antar kedua lapisan tanah maka semakin kecil nilai faktor keamanan yang didapatkan.
3. Tingkat kerawanan longsor di desa Kemiri tersebar merata dan hanya lokasi pertama yang memiliki nilai faktor keamanan di atas 2. Nilai yang rendah tersebut rawan terjadinya longsor secara tiba-tiba dan dapat menyebabkan masyarakat maupun pengunjung Agrowisata terkena dampak dari longsor. Tingginya tingkat pergeseran tanah di lokasi penelitian mengharuskan masyarakat lebih berhati-hati jika melewati lokasi tersebut khususnya pada musim penghujan.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk lebih menambah panjang lintasan pengambilan data dan memperpendek lokasi elektroda untuk menambah tingkat ketelitian dari pengujian. Saran lain yaitu menambah jumlah sample tanah yang diteliti. Kondisi cuaca juga sangat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Atiyya Inayatillah. 2010. Analisis Kestabilan Lereng dengan Software Rocscience Slide. Penerbit Rizki Slamet Nugroho
- Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana. 2007. Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia. [serial Online]. <http://www.bpbda.acehselatankab.go.id/filemanager/index.php>.
- Bahri. 2005. Hand Out Mata Kuliah Geofisika Lingkungan Dengan Topik Metoda Geolistrik Resistivitas, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS, Surabaya.
- Bishop, A.W., 1955. The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5. London
- Bowles, J. E., 1984. Physical and Geotechnical Properties of Soils, McGraw-Hill Book Company, USA.
- Brady, N. C., R. R. Weil, dan R. R. Weil. 2008. The nature and properties of soils. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ. Vol. 13
- Braja M. Das. 2010. *Principles of Geotechnical Engineering*. Edisi ke-7. Stamford: USA.
- Broto, S dan Afifah, S. 2008. Pengolahan Data Geolistrik dengan Metode Schlumberger, Jurnal, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember. 2008.
- Darmawan. 2014. Studi Potensi Tanah Longsor Dan Upaya Pengendaliannya Di Wilayah Sub Das Konto Hulu. [Serial Online]. <http://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/206>.
- Darmawijaya, M. I. 1997. Klasifikasi tanah. Dasar dan Teori bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia. Yogyakarta: Gadjah mada Universitas Press.
- Das, B. M., 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1 dan Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsor, SKBI-2.3.06*. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Diandong, R, R. F, L.M. Leslie, and R.E. Dickinson, 2011, Predicting Storm triggered Landslides. Bull. Amer. Meteor. Soc., 92, 129–139.

- Effendi. 2008. Identifikasi Kejadian Longsor Dan Penentuan Faktor-Faktor Utama Penyebabnya Di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor. [Serial Online]. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/11607/E08ade.pdf;jsessionid=74282BEF06B08CF4CA82E291334ACA8E?sequence=2>.
- Emawati, E. 2019. Identifikasi Lahan Pertanian Berdasarkan Nilai Resistivitas dan Sifat Fisik Tanah Di Dusun Sodong Kabupaten Jember. Universitas Jember.
- Erfandi, D. 2014. Sistem Vegetasi dalam Penanganan Lahan Rawan Longsor pada Areal Pertanian. [Serial Online]. [http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/prosiding/28\\_DE\\_PROOF-TK.pdf](http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/prosiding/28_DE_PROOF-TK.pdf).
- Foth, H. D. 1994. Dasar-dasar Ilmu Tanah Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Gouw dan Dave. 2012. Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method. HATTI-PIT-XVI. Hotel Borobudur. Jakarta.
- Halik G., Widodo S.J. Pendugaan Potensi Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Kampus Tegal Boto Universitas Jember. Jurnal MEDIA TEKNIK SIPIL/ JULI 2008/109
- Hardiyatmo, H C., 2006. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu tanah ultisol. In Edisi Baru. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Herman. 2006. Potensi Panas Bumi dan Pemikiran Konservasinya. Sub Direktorat Konservasi – DIM. Tersedia:<http://www.dim.esdm.go.id>. (Diakses tanggal 20 Agustus 2017).
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. New York: Academic Press.
- Jenny, H. 1941. Factors of soil formation. McGraw-Hill, New York. Factors of soil formation. McGraw-Hill, New York.
- Karnawati, D. 2003. Bencana alam gerakan massa tanah di Indonesia dan Upaya penanggulangannya. Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Karnawati, D. 2003. Manajemen Bencana Gerakan Tanah. Diktat Kuliah. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gajah Mada.

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2008. Faktor-Faktor Penyebab Tanah Longsor. [Serial Online]. <http://www.esdm.go.id/berita/42-geologi/1162-faktor-faktor-penyebab-tanah-longsor>. [5 November 2014]
- KSari P.T.,Lastiasih Y. 2015. Studi Analisa Stabilitas Timbunan Dengan Metode Limit Equilibrium Dan Finite Elemen Berdasarkan Kondisi Tanah Di Indonesia. Jurnal Intake Vol. 6, Nomor 1, April 2015
- Loke, M. H. 2004. Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A practical guide to 2-D and 3-D Surveys. Malaysia: Penang.
- Lowrie, W. 2007. Fundamentals of Geophysics. New York: Cambridge University Press.
- Muhardi dan Wahyudi. 2019. Identifikasi Litologi Area Rawan Longsor Di Desa Clapar-Banjarnegara Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger. Jurnal Fisika 9 (2) (2019) 52-59.
- Muhardi dan Wahyudi. 2020. Prediksi Tipe Longsor di Desa Clapar Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Dipol-dipol. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi Vol. 11 No. 2, Agustus 2020: 115 – 123.
- Muntohar, A. S. (2010). Tanah Longsor Analisis -Prediksi - Mitigasi. Yogyakarta: Geotechnical Engineering Research Group.
- Naryanto. Heru Sri. 2011. Analisis Risiko Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah. Jurnal Penanggulangan Bencana Vol 2 No 1.
- Nugroho S.A., Agus Ika Putra A.I., Ermina R. 2012. Korelasi Parameter Kuat Geser Tanah Hasil Pengujian Triaksial Dan Unconfined Compression Strength (Ucs). Jurnal Sains dan Teknologi 11 (1), Maret 2012: 1-10
- Nurchahyo,A. 2011. Zonasi Indeks Stabilitas Lereng Dengan Software Sinmap I (Studi Kasus : Kecamatan Panti). Skripsi. Jember:Universitas Jember
- Parluhutan, Octavian Cherianto. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta. 1000m)*. Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No.3, Hal. 139-147.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Jember Provinsi Jawa Timur. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung. 2017

- Rahmi, A., dan M. P. Biantary. 2014. Karakteristik sifat kimia tanah dan status kesuburan tanah lahan pekarangan dan lahan usaha tani beberapa kampung di Kabupaten Kutai Barat. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian* 39 (1): 30-36.
- Rahmi, P. A. 2005. *Citra Bawah Permukaan: Pengaruh Jenis dan Kedalaman Obyek terhadap Distribusi Resistivitas*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Rohimah, S. 2019. *Penentuan Kestabilan Tanah Menggunakan Metode Geofisik Dan Uji Sifat Fisis-Mekanis (Studi Kasus : Perumahan Panti Asri-Jember)*. Universitas Jember.
- Sapei, T., A. Suganda, K. Astadiredja, dan Suharsono. 1992. *Peta Geologi Lembar Jember, Jawa, Skala 1: 100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sismanto, Erintina, M.D, Lutfia Tri Wahyuni L.T. Identification Slip Surface Using Resistivity And Vlf-R Mode In Goa Kiskendo Yogyakarta Indonesia. *International Journal Of Geomate*, Jan. 2019, Vol.16, Issue 53, Pp.177 – 183.
- Soenarmo, S.H., I.A. Sadisun, & E. Saptohartono. 2008. Kajian Awal Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Pendugaan Potensi Tanah Longsor Berbasis Spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Jurnal Geoaplika*, Volume 3, No. 3, Hal 133-141.
- Sudiyono, A. 2012. *Potensi dan Peluang Investasi Kabupaten Jember*. Jember.
- Sujatmiko, E. 2016. *Peta Geologi Jember*. Diakses dari <https://www.scribd.com/document/319862999/Peta-Geologi-Jember> pada tanggal 10 Juli 2021
- Sultan. 2009. *Penyelidikan Geolistrik Resistivity pada Penentuan Titik Sumur Bor untuk Pengairan di Daerah Garongkong Desa Lempang Kecamatan Tanete Rianja Barru*. Makasar: Teknik Universitas Hasanuddin.
- Supriyanto, 2007, *Analisis Data Geofisika : Memahami Teori Inversi*, edisi pertama, Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia, Depok.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Susi dan Yohan. 2007. *Program Analisis Stabilitas Lereng*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Susilo A.,Suryo E.A.,Fitriah F.,Sutasoma M.,Bahtiar. Preliminary Study Of Landslide In Sri Mulyo, Malang, Indonesia Using Resistivity Method And Drilling Core Data. *International Journal of Geomate*, Aug., 2018 Vol.15, Issue 48, pp.161-168.

- Syamsuddin, Penulisan Model Pembelajaran Matakuliah Geologi Dasar. Departemen Geofisika-UNHAS, 2009.
- Taufiqurohman, S.H. 2020. Perencanaan Plastic Concrete Cut Off Wall Pada Bendungan Semantok Kabupaten Nganjuk. Program Studi Strara 1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Tearpock, D. J. dan Bischke, R. E. 1991. Applied Subsurface Geological Mapping. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Telford, W.M., L.P, Geldart. R.E. Sheriff dan D.A. Keys, 1990. Applied Geophysic. London: Cambridge University Press
- Tood and D. Keith. 1980. Groundwater Hydrology, Second Edition. USA: John Wiley & Spns, Inc.
- Umeh, V.O,C. Ezeh dan C. Okonkwo. Groundwater Exploration of Lokpaukwu, Abia State Southeastern Nigeria, Using Electrical Resistivity Method. International Research Journal of Geology and Mining. Vol. 4(3) pp. 7683, April, 2014
- Usman, B. Identifikasi Akuifer Air Tanah Kota Palopo Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger. Program Studi Fisika dan Program Studi Teknik Informatika Universitas Cokroaminoto Palopo. Jurnal Fisika Flux Volume 14, Nomor 2, Februari 2017.
- Utomo, I. M. 2016. Ilmu Tanah Dasar-Dasar dan Pengelolaan. Jakarta: Kencana Prenadamedia Group
- Varnes, D. J. (1978). Slope Movement Types and Processes. Dalam R. L. Schuster, & R. J. Krizek, Landslide Analysis and Control (hal. 11-33). Washington D.C.: Transportation Research and Board.
- Verhoef, P. 1989. Geologi untuk teknik sipil. Jakarta: Penerbit Erlangga. Wahyudi.
2001. Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika. Yogyakarta: Laboratorium FMIPA Universitas Gajah Mada.
- Wesley, Laurence D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Ed.1. Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Wuryantoro. 2007. Aplikasi Metode Geolistrik tahanan Jenis Untuk Menentukan Letak dan Kedalaman Akuifer Air Tanah (Studi Kasus di Desa Temperak, Kecamatan Sarang, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah). Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Yuliage,U.M.2019. Penyelidikan Tanah Dasar Pada Proyek Pembangunan Jembatan Daerah Kalidilem Randu Agung Kabupaten Lumajang. Skripsi. Jember : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Yulikasari, A. 2017. Analisis Faktor Keamanan Lereng Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2d Dan *Limit Equilibrium Method* Di Daerah Olak Alen, Selorejo, Blitar. Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



1. Data Uji Geolistrik

1.1 Lokasi Pertama

No	N	C1	P1	P2	C2	I	V1	V2	$\Delta V$	R	K	$\rho$	Datum
1	1	0	2	4	6	13	6.4	35.2	28.8	2.215	3.14	6.956	3
2	1	2	4	6	8	19	8.4	18.7	10.3	0.542	3.14	1.702	5
3	1	4	6	8	10	23	7.2	34.7	27.5	1.196	3.14	3.754	7
4	1	6	8	10	12	22	9.6	36.8	27.2	1.236	3.14	3.882	9
5	1	8	10	12	14	17	4	20.8	16.8	0.988	3.14	3.103	11
6	1	10	12	14	16	17	10.4	41	30.6	1.800	3.14	5.652	13
7	1	12	14	16	18	24	7.8	34.6	26.8	1.117	3.14	3.506	15
8	1	14	16	18	20	12	9.6	31.9	22.3	1.858	3.14	5.835	17
9	1	16	18	20	22	12	5.4	41.9	36.5	3.042	3.14	9.551	19
10	1	18	20	22	24	33	9.6	19.1	9.5	0.288	3.14	0.904	21
11	1	20	22	24	26	16	9.5	18.6	9.1	0.569	3.14	1.786	23
12	1	22	24	26	28	28	8	12.4	4.4	0.157	3.14	0.493	25
13	1	24	26	18	30	25	7.2	33.5	26.3	1.052	3.14	3.303	22
14	2	0	4	6	10	31	8.7	47.2	38.5	1.242	9.42	11.699	5
15	2	2	6	8	12	25	9.3	35.6	26.3	1.052	9.42	9.910	7
16	2	4	8	10	14	23	10.8	28	17.2	0.748	9.42	7.045	9
17	2	6	10	12	16	21	6.3	10.8	4.5	0.214	9.42	2.019	11
18	2	8	12	14	18	13	6.5	16.2	9.7	0.746	9.42	7.029	13
19	2	10	14	16	20	22	5	27	22	1.000	9.42	9.420	15
20	2	12	16	18	22	19	7.4	31.6	24.2	1.274	9.42	11.998	17
21	2	14	18	20	24	12	5.5	41.1	35.6	2.967	9.42	27.946	19
22	2	16	20	22	26	14	8.5	41.1	32.6	2.329	9.42	21.935	21
23	2	18	22	24	28	13	7.2	11.9	4.7	0.362	9.42	3.406	23
24	2	20	24	26	30	31	7.4	35.3	27.9	0.900	9.42	8.478	25
25	3	0	6	8	14	23	9.5	21.2	11.7	0.509	18.84	9.584	7
26	3	2	8	10	16	22	7.6	26	18.4	0.836	18.84	15.757	9
27	3	4	10	12	18	38	9	31.2	22.2	0.584	18.84	11.007	11
28	3	6	12	14	20	14	7.1	41.2	34.1	2.436	18.84	45.889	13
29	3	8	14	16	22	23	9.2	37.3	28.1	1.222	18.84	23.018	15
30	3	10	16	18	24	26	7.2	35.4	28.2	1.085	18.84	20.434	17
31	3	12	18	20	26	27	8.5	38.2	29.7	1.100	18.84	20.724	19
32	3	14	20	22	28	22	8.4	40.9	32.5	1.477	18.84	27.832	21
33	3	16	22	24	30	21	8.6	37.6	29	1.381	18.84	26.017	23
34	4	0	8	10	18	27	6.8	25.6	18.8	0.696	31.4	21.864	9
35	4	2	10	12	20	17	6.7	23.7	17	1.000	31.4	31.400	11
36	4	4	12	14	22	39	7.4	21	13.6	0.349	31.4	10.950	13

No	N	C1	P1	P2	C2	I	V1	V2	$\Delta V$	R	K	$\rho$	Datum
37	4	6	14	16	24	14	8	48	40	2.857	31.4	89.714	15
38	4	8	16	18	26	33	8.7	37.9	29.2	0.885	31.4	27.784	17
39	4	10	18	20	28	30	7.2	29.1	21.9	0.730	31.4	22.922	19
40	4	12	20	22	30	32	7.8	33.1	25.3	0.791	31.4	24.826	21
41	5	0	10	12	22	30	7.4	21.6	14.2	0.473	47.1	22.294	11
42	5	2	12	14	24	32	7.9	22.7	14.8	0.463	47.1	21.784	13
43	5	4	14	16	26	48	9	22.1	13.1	0.273	47.1	12.854	15
44	5	6	16	18	28	15	8	39.4	31.4	2.093	47.1	98.596	17
45	5	8	18	20	30	25	8.9	35.2	26.3	1.052	47.1	49.549	19
46	6	0	12	14	26	21	7.4	39.8	32.4	1.543	65.94	101.736	13
47	6	2	14	16	28	24	9.2	32.4	23.2	0.967	65.94	63.742	15
48	6	4	16	18	30	35	7.3	21.9	14.6	0.417	65.94	27.506	17
49	7	0	14	16	30	33	8.4	39.4	31	0.939	87.92	82.592	15

**1.2 Lokasi Kedua**

No	N	C1	P1	P2	C2	I	V1	V2	$\Delta V$	R	K	$\rho$	Datum
1	1	0	2	4	6	28	10.4	34.4	24	0.857	3.14	2.691	3
2	1	2	4	6	8	29	11.6	48.8	37.2	1.283	3.14	4.028	5
3	1	4	6	8	10	15	11.4	36.2	24.8	1.653	3.14	5.191	7
4	1	6	8	10	12	31	9.4	52.6	43.2	1.394	3.14	4.376	9
5	1	8	10	12	14	63	10.7	32.2	21.5	0.341	3.14	1.072	11
6	1	10	12	14	16	61	11	67.8	56.8	0.931	3.14	2.924	13
7	1	12	14	16	18	16	10.9	34.1	23.2	1.450	3.14	4.553	15
8	1	14	16	18	20	51	8.7	74.5	65.8	1.290	3.14	4.051	17
9	1	16	18	20	22	54	9.2	45.6	36.4	0.674	3.14	2.117	19
10	1	18	20	22	24	35	12	40	28	0.800	3.14	2.512	21
11	1	20	22	24	26	14	9	37.6	28.6	0.275	3.14	0.864	23
12	1	22	24	26	28	24	10.6	55.9	45.3	1.888	3.14	5.927	25
13	1	24	26	18	30	29	9.2	50.2	41	1.414	3.14	4.439	22
14	2	0	4	6	10	25	7	21.9	14.9	0.596	9.42	5.614	5
15	2	2	6	8	12	34	8	28.4	20.4	0.600	9.42	5.652	7
16	2	4	8	10	14	81	8.4	49.8	41.4	0.511	9.42	4.815	9
17	2	6	10	12	16	31	9.1	48.9	39.8	1.284	9.42	12.04	11
18	2	8	12	14	18	44	8.2	41.2	33	0.750	9.42	7.065	13
19	2	10	14	16	20	27	9.2	31.2	22	0.815	9.42	7.676	15
20	2	12	16	18	22	45	9.6	41.1	31.5	0.700	9.42	6.594	17
21	2	14	18	20	24	15	9.6	47.8	38.2	2.547	9.42	23.90	19
22	2	16	20	22	26	12	9.7	46.1	36.4	3.033	9.42	28.54	21
23	2	18	22	24	28	21	9.4	38.9	29.5	1.405	9.42	13.23	23
24	2	20	24	26	30	83	9.6	30.7	21.1	0.254	9.42	2.395	25
25	3	0	6	8	14	87	7.9	35.7	27.8	0.320	18.4	6.020	7
26	3	2	8	10	16	10	10.1	47.1	37	0.336	18.4	6.337	9

No	N	C1	P1	P2	C2	I	V1	V2	$\Delta V$	R	K	$\rho$	Datum
27	3	4	10	12	18	72	10.5	31.2	20.7	0.288	18.4	5.417	11
28	3	6	12	14	20	24	11.2	40.9	29.7	1.238	18.4	23.35	13
29	3	8	14	16	22	32	11.6	49.2	37.6	1.175	18.4	22.17	15
30	3	10	16	18	24	47	10.2	25.4	15.2	0.323	18.4	6.093	17
31	3	12	18	20	26	46	9.6	33	23.4	0.509	18.4	9.584	19
32	3	14	20	22	28	41	9.1	38.4	29.3	0.715	18.4	13.4	21
33	3	16	22	24	30	53	8.9	46.3	37.4	0.706	18.4	13.25	23
34	4	0	8	10	18	36	11.2	54	42.8	1.189	31.4	37.31	9
35	4	2	10	12	20	28	9.6	48.4	38.8	1.386	31.4	43.51	11
36	4	4	12	14	22	58	9.4	34.3	24.9	0.429	31.4	13.40	13
37	4	6	14	16	24	21	9.6	37.6	28	1.333	31.4	41.87	15
38	4	8	16	18	26	33	9.7	54.4	44.7	1.355	31.4	42.53	17
39	4	10	18	20	28	38	10	45.7	35.7	0.939	31.4	29.49	19
40	4	12	20	22	30	36	11.2	54.2	43	1.194	31.4	37.56	21
41	5	0	10	12	22	47	8	35.8	27.8	0.591	47.1	27.89	11
42	5	2	12	14	24	44	9.8	53	43.2	0.982	47.1	46.24	13
43	5	4	14	16	26	71	8.6	44.4	35.8	0.504	47.1	23.79	15
44	5	6	16	18	28	23	8.1	10.8	2.7	0.117	47.1	5.529	17
45	5	8	18	20	30	76	11	22.4	11.4	0.150	47.1	7.065	19
46	6	0	12	14	26	72	8.7	54.8	46.1	0.640	65.4	42.20	13
47	6	2	14	16	28	27	9.4	33.9	24.5	0.907	65.4	59.84	15
48	6	4	16	18	30	48	10.2	39.3	29.1	0.606	65.4	39.96	17
49	7	0	14	16	30	70	8.4	52	43.6	0.623	87.2	54.72	15

**1.3 Lokasi Ketiga**

No	N	C1	P1	P2	C2	I	V1	V2	$\Delta V$	R	K	$\rho$	Datum
1	1	0	2	4	6	66	7.4	50.3	42.9	0.650	3.14	2.041	3
2	1	2	4	6	8	179	7.6	48.7	41.1	0.230	3.14	0.721	5
3	1	4	6	8	10	129	7	59.6	52.6	0.408	3.14	1.280	7
4	1	6	8	10	12	64	7.1	52.1	45	0.703	3.14	2.208	9
5	1	8	10	12	14	99	7.5	35	27.5	0.278	3.14	0.872	11
6	1	10	12	14	16	87	7.8	25.9	18.1	0.208	3.14	0.653	13
7	1	12	14	16	18	77	6.5	19.2	12.7	0.165	3.14	0.518	15
8	1	14	16	18	20	62	6.9	23.7	16.8	0.271	3.14	0.851	17
9	1	16	18	20	22	64	8.2	43.3	35.1	0.548	3.14	1.722	19
10	1	18	20	22	24	82	8.1	28.5	20.4	0.249	3.14	0.781	21
11	1	20	22	24	26	53	6.4	18.6	12.2	0.230	3.14	0.723	23
12	1	22	24	26	28	10	6	32.8	26.8	2.680	3.14	8.415	25
13	1	24	26	18	30	55	8.6	49.8	41.2	0.749	3.14	2.352	22
14	2	0	4	6	10	52	7.7	56	48.3	0.929	9.42	8.750	5
15	2	2	6	8	12	63	6.9	58.6	51.7	0.821	9.42	7.730	7

No	N	C1	P1	P2	C2	I	V1	V2	$\Delta V$	R	K	$\rho$	Datum
16	2	4	8	10	14	64	7.1	48.6	41.5	0.648	9.42	6.108	9
17	2	6	10	12	16	52	8	41	33	0.635	9.42	5.978	11
18	2	8	12	14	18	39	7.4	22.8	15.4	0.395	9.42	3.720	13
19	2	10	14	16	20	12	6.8	14.5	7.7	0.642	9.42	6.045	15
20	2	12	16	18	22	54	7	23.4	16.4	0.304	9.42	2.861	17
21	2	14	18	20	24	41	5.3	20.4	15.1	0.368	9.42	3.469	19
22	2	16	20	22	26	41	6	47.5	41.5	1.012	9.42	9.535	21
23	2	18	22	24	28	73	6.8	41	34.2	0.468	9.42	4.413	23
24	2	20	24	26	30	26	7	41.8	34.8	1.338	9.42	12.608	25
25	3	0	6	8	14	49	6.9	34.4	27.5	0.561	18.84	10.573	7
26	3	2	8	10	16	106	7.3	34.2	26.9	0.254	18.84	4.781	9
27	3	4	10	12	18	35	6.8	37.4	30.6	0.874	18.84	16.472	11
28	3	6	12	14	20	44	7.1	32.9	25.8	0.586	18.84	11.047	13
29	3	8	14	16	22	55	7.5	32.5	25	0.455	18.84	8.564	15
30	3	10	16	18	24	38	7.5	23.2	15.7	0.413	18.84	7.784	17
31	3	12	18	20	26	49	8.3	28.5	20.2	0.412	18.84	7.767	19
32	3	14	20	22	28	76	8.2	37	28.8	0.379	18.84	7.139	21
33	3	16	22	24	30	58	8.6	51.8	43.2	0.745	18.84	14.033	23
34	4	0	8	10	18	49	7.1	14.7	7.6	0.155	31.4	4.870	9
35	4	2	10	12	20	43	7.2	26.9	19.7	0.458	31.4	14.386	11
36	4	4	12	14	22	78	7.2	46.9	39.7	0.509	31.4	15.982	13
37	4	6	14	16	24	31	6.3	37.9	31.6	1.019	31.4	32.008	15
38	4	8	16	18	26	53	6.6	16.5	9.9	0.187	31.4	5.865	17
39	4	10	18	20	28	62	7.2	15.3	8.1	0.131	31.4	4.102	19
40	4	12	20	22	30	114	8.4	71.5	63.1	0.554	31.4	17.380	21
41	5	0	10	12	22	58	7.2	32.4	25.2	0.434	47.1	20.464	11
42	5	2	12	14	24	126	7.4	20.8	13.4	0.106	47.1	5.009	13
43	5	4	14	16	26	31	6.9	44.5	37.6	1.213	47.1	57.128	15
44	5	6	16	18	28	54	6.5	43.6	37.1	0.687	47.1	32.359	17
45	5	8	18	20	30	59	7.2	30.7	23.5	0.398	47.1	18.760	19
46	6	0	12	14	26	59	7.8	34.3	26.5	0.449	65.94	29.617	13
47	6	2	14	16	28	34	6.8	41.1	34.3	1.009	65.94	66.522	15
48	6	4	16	18	30	43	6.4	51.4	45	1.047	65.94	69.007	17
49	7	0	14	16	30	45	7.6	33.5	25.9	0.576	87.92	50.603	15

1.1 Lokasi Keempat

N	No	N	C1	P1	P2	C2	I	V1	V2	$\Delta V$	R	K	$\rho$	Datum
1	1	0	2	4	6	35	8	38.6	30.6	0.874	3.14	2.745	3	
2	1	2	4	6	8	37	8.9	41.2	32.3	0.873	3.14	2.741	5	
3	1	4	6	8	10	19	8.6	11.7	3.1	0.163	3.14	0.512	7	

N o	N	C1	P1	P2	C2	I	V1	V2	$\Delta V$	R	K	$\rho$	Datum
4	1	6	8	10	12	82	8.2	46.2	38	0.463	3.14	1.455	9
5	1	8	10	12	14	24	7.1	20.4	13.3	0.554	3.14	1.740	11
6	1	10	12	14	16	65	8.4	26.1	17.7	0.272	3.14	0.855	13
7	1	12	14	16	18	87	7.9	21.8	13.9	0.160	3.14	0.502	15
8	1	14	16	18	20	47	6.4	48.4	42	0.894	3.14	2.806	17
9	1	16	18	20	22	32	8.3	27.6	19.3	0.603	3.14	1.894	19
10	1	18	20	22	24	37	7.6	23.9	16.3	0.441	3.14	1.383	21
11	1	20	22	24	26	35	8.1	25.2	17.1	0.489	3.14	1.534	23
12	1	22	24	26	28	56	7	35.2	28.2	0.504	3.14	1.581	25
13	1	24	26	18	30	46	6.2	46.6	40.4	0.878	3.14	2.758	22
14	2	0	4	6	10	81	7.1	49.5	42.4	0.523	9.42	4.931	5
15	2	2	6	8	12	74	6.6	35.7	29.1	0.393	9.42	3.704	7
16	2	4	8	10	14	109	8.4	29.6	21.2	0.194	9.42	1.832	9
17	2	6	10	12	16	81	8	29	21	0.259	9.42	2.442	11
18	2	8	12	14	18	59	7.1	32.4	25.3	0.429	9.42	4.039	13
19	2	10	14	16	20	72	6	38.3	32.3	0.449	9.42	4.226	15
20	2	12	16	18	22	52	7.5	17.1	9.6	0.185	9.42	1.739	17
21	2	14	18	20	24	39	6.7	35.3	28.6	0.733	9.42	6.908	19
22	2	16	20	22	26	31	6.4	13.6	7.2	0.232	9.42	2.188	21
23	2	18	22	24	28	59	7.2	25.1	17.9	0.303	9.42	2.858	23
24	2	20	24	26	30	64	6.2	36	29.8	0.466	9.42	4.386	25
25	3	0	6	8	14	27	6.9	19	12.1	0.448	18.84	8.443	7
26	3	2	8	10	16	35	7	43.2	36.2	1.034	18.84	19.46	9
27	3	4	10	12	18	85	8.5	19.4	10.9	0.128	18.84	2.416	11
28	3	6	12	14	20	55	7.8	39.1	31.3	0.569	18.84	10.72	13
29	3	8	14	16	22	43	7	39.4	32.4	0.753	18.84	14.16	15
30	3	10	16	18	24	55	8.2	30.7	22.5	0.409	18.84	7.707	17
31	3	12	18	20	26	71	8.2	22.1	13.9	0.196	18.84	3.688	19
32	3	14	20	22	28	39	8.5	57.2	48.7	1.249	18.84	23.56	21
33	3	16	22	24	30	55	9.1	41.6	32.5	0.591	18.84	11.13	23
34	4	0	8	10	18	52	8.2	45.2	37	0.712	31.4	22.32	9
35	4	2	10	12	20	28	7.4	35.8	28.4	1.014	31.4	31.89	11
36	4	4	12	14	22	67	7.5	21.5	14	0.209	31.4	6.561	13
37	4	6	14	16	24	66	8.2	21.3	13.1	0.198	31.4	6.232	15
38	4	8	16	18	26	75	8.4	26.9	18.5	0.247	31.4	7.745	17
39	4	10	18	20	28	61	7.8	30.6	22.8	0.374	31.4	11.76	19
40	4	12	20	22	30	37	8.3	38	29.7	0.803	31.4	25.25	21
41	5	0	10	12	22	22	8.4	29.8	21.4	0.973	47.1	45.5	11
42	5	2	12	14	24	42	6.6	26.5	19.9	0.474	47.1	22.36	13
43	5	4	14	16	26	38	8.3	15.3	7	0.184	47.1	8.676	15
44	5	6	16	18	28	75	6.8	40.6	33.8	0.451	47.1	21.26	17

45	5	8	18	20	30	46	7.7	20.5	12.8	0.278	47.1	13.16	19
46	6	0	12	14	26	56	8.3	37.8	29.5	0.527	65.94	34.76	13
47	6	2	14	16	28	64	6.5	42.3	35.8	0.559	65.94	36.85	15
48	6	4	16	18	30	63	7.7	25	17.3	0.275	65.94	18.17	17
49	7	0	14	16	30	131	7	37.7	30.7	0.234	87.92	20.64	15

2. Data Input Uji Geoteknik

2.1 Lokasi Pertama

Lokasi1			
2			
7			
49			
1			
0			
3	2	1	6.956
5	2	1	1.702
7	2	1	3.754
9	2	1	3.882
11	2	1	3.103
13	2	1	5.652
15	2	1	3.506
17	2	1	5.835
19	2	1	9.551
21	2	1	0.904
23	2	1	1.786
25	2	1	0.493
22	2	1	3.303
5	2	2	11.699
7	2	2	9.910
9	2	2	7.045
11	2	2	2.019
13	2	2	7.029
15	2	2	9.420
17	2	2	11.998
19	2	2	27.946
21	2	2	21.935
23	2	2	3.406
25	2	2	8.478
7	2	3	9.584
9	2	3	15.757

11	2	3	11.007
13	2	3	45.889
15	2	3	23.018
17	2	3	20.434
19	2	3	20.724
21	2	3	27.832
23	2	3	26.017
9	2	4	21.864
11	2	4	31.400
13	2	4	10.950
15	2	4	89.714
17	2	4	27.784
19	2	4	22.922
21	2	4	24.826
11	2	5	22.294
13	2	5	21.784
15	2	5	12.854
17	2	5	98.596
19	2	5	49.549
13	2	6	101.736
15	2	6	63.742
17	2	6	27.506
15	2	7	82.592

**2.1 Lokasi Kedua**

Lokasi 2			
2			
7			
49			
1			
0			
3	2	1	2.691
5	2	1	4.028
7	2	1	5.191
9	2	1	4.376
11	2	1	1.072
13	2	1	2.924
15	2	1	4.553
17	2	1	4.039
19	2	1	2.117
21	2	1	2.512

23	2	1	0.864
25	2	1	5.927
22	2	1	4.439
5	2	2	5.614
7	2	2	5.652
9	2	2	4.815
11	2	2	12.094
13	2	2	7.065
15	2	2	7.676
17	2	2	6.594
19	2	2	23.990
21	2	2	28.574
23	2	2	13.233
25	2	2	2.395
7	2	3	6.020
9	2	3	6.337
11	2	3	5.417
13	2	3	23.315
15	2	3	22.137
17	2	3	6.093
19	2	3	9.584
21	2	3	13.464
23	2	3	13.295
9	2	4	37.331
11	2	4	43.511
13	2	4	13.480
15	2	4	41.867
17	2	4	42.533
19	2	4	29.499
21	2	4	37.506
11	2	5	27.859
13	2	5	41.525
15	2	5	23.749
17	2	5	5.529
19	2	5	7.065
13	2	6	42.220
15	2	6	59.834
17	2	6	39.976
15	2	7	54.762

2.2 Lokasi Ketiga

Lokasi 3			
2			
7			
49			
1			
0			
3	2	1	2.041
5	2	1	0.721
7	2	1	1.280
9	2	1	2.208
11	2	1	0.872
13	2	1	0.653
15	2	1	0.518
17	2	1	0.851
19	2	1	1.722
21	2	1	0.781
23	2	1	0.723
25	2	1	8.415
22	2	1	2.352
5	2	2	8.750
7	2	2	7.730
9	2	2	6.108
11	2	2	5.978
13	2	2	3.720
15	2	2	6.045
17	2	2	2.861
19	2	2	3.469
21	2	2	9.535
23	2	2	4.413
25	2	2	12.608
7	2	3	10.573
9	2	3	4.781
11	2	3	16.472
13	2	3	11.047
15	2	3	8.564
17	2	3	7.784
19	2	3	7.767
21	2	3	7.139
23	2	3	14.682
9	2	4	4.870

11	2	4	14.386
13	2	4	15.982
15	2	4	32.008
17	2	4	5.865
19	2	4	4.102
21	2	4	17.380
11	2	5	20.464
13	2	5	5.009
15	2	5	57.128
17	2	5	32.359
19	2	5	18.760
13	2	6	29.617
15	2	6	66.522
17	2	6	69.007
15	2	7	50.603

**2.3 Lokasi Keempat**

Lokasi 4			
2			
7			
49			
1			
0			
3	2	1	2.745
5	2	1	2.741
7	2	1	0.512
9	2	1	1.455
11	2	1	1.740
13	2	1	0.855
15	2	1	0.502
17	2	1	2.806
19	2	1	1.894
21	2	1	1.383
23	2	1	1.534
25	2	1	1.581
22	2	1	2.758
5	2	2	4.931
7	2	2	3.704
9	2	2	1.832
11	2	2	2.442
13	2	2	4.039
15	2	2	4.226

17	2	2	1.739
19	2	2	6.908
21	2	2	2.188
23	2	2	2.858
25	2	2	4.386
7	2	3	8.443
9	2	3	19.486
11	2	3	2.416
13	2	3	10.722
15	2	3	14.196
17	2	3	7.707
19	2	3	3.688
21	2	3	23.526
23	2	3	11.133
9	2	4	22.342
11	2	4	31.849
13	2	4	6.561
15	2	4	6.232
17	2	4	7.745
19	2	4	11.736
21	2	4	25.205
11	2	5	45.815
13	2	5	22.316
15	2	5	8.676
17	2	5	21.226
19	2	5	13.106
13	2	6	34.736
15	2	6	36.885
17	2	6	18.107
15	2	7	20.604

3. Data Uji Geoteknik

3.1 Gamma Lokasi Pertama

No. Contoh	Sample	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	1	54.69	154.50	99.81	64.31	1.55	1.5423
2		54.69	153.86	99.17	64.31	1.54	
3		54.69	153.26	98.57	64.31	1.53	

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	2	54.69	154.50	99.81	64.31	1.55	1.5549
2		54.69	155.30	100.61	64.31	1.56	
3		54.69	154.26	99.57	64.31	1.55	

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	3	54.69	156.33	101.64	64.31	1.58	1.5857
2		54.69	156.35	101.66	64.31	1.58	
3		54.69	157.31	102.62	64.31	1.60	

3.2 Gamma Lokasi Kedua

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	1	54.69	147.95	93.26	64.31	1.45	1.502
2		54.69	149.77	95.08	64.31	1.48	
3		54.69	156.20	101.51	64.31	1.58	

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	2	54.69	153.20	98.51	64.31	1.53	1.555
2		54.69	154.73	100.04	64.31	1.56	
3		54.69	156.17	101.48	64.31	1.58	

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	3	54.69	154.34	99.65	64.31	1.55	1.570
2		54.69	156.00	101.31	64.31	1.58	
3		54.69	156.54	101.85	64.31	1.58	

### 3.3 Gamma Lokasi Ketiga

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	1	54.69	151.39	96.70	64.31	1.50	1.497
2		54.69	150.67	95.98	64.31	1.49	
3		54.69	150.89	96.20	64.31	1.50	

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	2	54.69	153.63	98.94	64.31	1.54	1.552
2		54.69	155.07	100.38	64.31	1.56	
3		54.69	154.80	100.11	64.31	1.56	

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	3	54.69	154.03	99.34	64.31	1.54	1.537
2		54.69	153.65	98.96	64.31	1.54	
3		54.69	152.83	98.14	64.31	1.53	

### 3.4 Gamma Lokasi Keempat

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	1	54.69	150.39	95.70	64.31	1.49	1.5025
2		54.69	151.60	96.91	64.31	1.51	
3		54.69	151.95	97.26	64.31	1.51	

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	2	54.69	156.94	102.25	64.31	1.59	1.5974
2		54.69	157.81	103.12	64.31	1.60	
3		54.69	157.51	102.82	64.31	1.60	

No. Contoh	Sampel	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
1	3	54.69	157.77	103.08	64.31	1.60	1.6031
2		54.69	157.79	103.10	64.31	1.60	
3		54.69	157.80	103.11	64.31	1.60	

### 3.5 Kohesi dan Psi Lokasi Pertama

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228151	10.32282	16.94936482
6	0.206456301	20.64563	28.81392019
9	0.309684452	30.96845	37.2886026
C (KOHESI)	7.344724755		SAMPEL 1
TAN (0)	0.985159457		
psi	0.777922559	44.57168	

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228151	10.32282	20.33923778
6	0.206456301	20.64563	27.11898371
9	0.309684452	30.96845	28.81392019
C (KOHESI)	16.94936482		SAMPEL 3
TAN (0)	0.410483107		
psi	0.389510745	22.31732	

### 3.6 Kohesi dan Psi Lokasi Kedua

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228	10.32281507	10.16961889
6	0.206456	20.64563015	16.94936482
9	0.309684	30.96844522	23.72911075
C (KOHESI)	3.389873		SAMPEL 1
TAN (0)	0.656773		

psi	0.581122	33.29582711
-----	----------	-------------

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228	10.322815	16.94936482
6	0.206456	20.64563	22.03417427
9	0.309684	30.968445	27.11898371
C (KOHESI)	11.86456		SAMPEL 2
TAN (0)	0.49258		
psi	0.457694	26.223922	

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228	10.322815	16.94936482
6	0.206456	20.64563	18.6443013
9	0.309684	30.968445	22.03417427
C (KOHESI)	14.12447		SAMPEL 3
TAN (0)	0.24629		
psi	0.241484	13.835999	

### 3.7 Kohesi dan Psi Lokasi Ketiga

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228	10.322815	16.94936482
6	0.206456	20.64563	18.6443013
9	0.309684	30.968445	22.03417427
C (KOHESI)	14.12447		SAMPEL 1
TAN (0)	0.24629		
psi	0.241484	13.835999	

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228	10.32282	16.94936
6	0.206456	20.64563	23.72911
9	0.309684	30.96845	27.11898
C (KOHESI)	12.42953		SAMPEL 2
TAN (0)	0.49258		
psi	0.457694	26.22392	

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228	10.32282	20.33924
6	0.206456	20.64563	23.72911
9	0.309684	30.96845	25.42405
C (KOHESI)	18.07932		SAMPEL 3
TAN (0)	0.24629		
psi	0.241484	13.836	

### 3.8 Kohesi dan Psi Lokasi Keempat

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228151	10.32282	18.6443013
6	0.206456301	20.64563	23.72911075
9	0.309684452	30.96845	33.89872964
C (KOHESI)	10.16961889		SAMPEL 1
TAN (0)	0.738869593		
psi	0.636339508	36.45957	

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228151	10.32282	20.33923778
6	0.206456301	20.64563	30.50885668
9	0.309684452	30.96845	38.98353908
C (KOHESI)	11.29957655		SAMPEL 2
TAN (0)	0.903062835		
psi	0.734504701	42.08402	

N	TEGANGAN NORMAL		TEGANGAN GESER
	kg	kpa	
3	0.103228151	10.32282	23.72911075
6	0.206456301	20.64563	25.42404723
9	0.309684452	30.96845	30.50885668
C (KOHESI)	19.77425896		SAMPEL 3
TAN (0)	0.328386486		
psi	0.317291804	18.17948	

4.1 Dokumentasi Kegiatan







