



**KARAKTERISTIK STRUKTUR TANAH DAERAH RAWAN
BENCANA LONGSOR DI DESA KEMUNINGLOR
BERDASARKAN SIFAT KELISTRIKAN
LAPISAN BAWAH PERMUKAAN**

SKRIPSI

Oleh :

**EDY SUSANTO
NIM 020210102198**

**PROGRAM PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2006



**KARAKTERISTIK STRUKTUR TANAH DAERAH RAWAN
BENCANA LONGSOR DI DESA KEMUNINGLOR
BERDASARKAN SIFAT KELISTRIKAN
LAPISAN BAWAH PERMUKAAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika
dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh :

**EDY SUSANTO
NIM 020210102198**

**PROGRAM PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2006**

HALAMAN PENGAJUAN

KARAKTERISTIK STRUKTUR TANAH DAERAH RAWAN BENCANA LONGSOR DI DESA KEMUNINGLOR BERDASARKAN SIFAT KELISTRIKAN LAPISAN BAWAH PERMUKAAN

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika
dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh:

Nama Mahasiswa : Edy Susanto
NIM : 020210102198
Angkatan Tahun : 2002
Daerah Asal : Trenggalek
Tempat, Tanggal Lahir : Trenggalek, 30 Maret 1984
Jurusan / Program : Pendidikan MIPA / Pendidikan Fisika

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Sudarti, M. Kes
NIP. 131 759 527

Supeno, S. Pd, M. Si
NIP. 132 321 415

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. ibunda Supiyah dan ayahanda Sudayat tercinta yang senantiasa mengiringi tetes penaku dalam mengais ilmu dengan curahan kasih sayang dan untaian doa. Semoga Allah SWT menempatkan beliau berdua bersama orang-orang pilihannya;
3. kakakku Suwarno, Suyanto, Suparmi, Andri, Sri, dan Suwatic tercinta yang senantiasa memberikan motivasi, sehingga skripsi ini dapat selesai;
4. guru-guruku yang terhormat sejak SD sampai Perguruan Tinggi, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
5. bapak Joko Lesmono dan ibu Listyo tercinta yang telah membimbing, mendidik, dan mencurahkan kasih sayang serta pengorbanan selama saya berada di Jember;
6. *bidank 7* (Andre, Damry, Daniel, Erwin, Fyre, Ide, Inul, Jus, Mamo, Mery, Mochtar, Titut, Umi, Wican) dan teman-teman angkatan 2002 serta semua mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

MOTTO

Kejujuran membawa kepada ketenangan, dusta membawa kepada kegelisahan, perasaan malu adalah perisai hidup, ilmu adalah pembeda, kefasihan berbicara adalah perhiasan, dan sikap diam adalah hikmah / kebijaksanaan (Aidhal Qarni)

Semakin banyak kita menerima, semakin banyak pula kita harus memberi. Ilmu adalah senjata, sabar adalah pakaian, yakin adalah kekuatan, kejujuran adalah penolong, taat adalah kecintaan, dan kebahagiaan adalah shalat (Edy Susanto)..... Maka jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu (Al Baqarah 45)

Pelajarilah ilmu, karena mempelajari ilmu seperti halnya mengharapkan wajah Allah yang dapat mencerminkan rasa khasyah, mencarinya adalah ibadah, mengkajinya adalah tasbih, menuntutnya adalah jihad, mengamalkannya adalah shadaqah, dan membelanjakannya untuk keluarga adalah taqarrub. Ilmu adalah pendamping di saat sendirian dan teman karib di saat kesepian (Mu'adz Bin Jabbal)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Edy Susanto

NIM : 020210102198

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul ***“Karakteristik Struktur Tanah Daerah Rawan Bencana Longsor di Desa Kemuninglor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Lapisan Bawah Permukaan”*** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 23 Juni 2006

Yang Menyatakan,

Edy Susanto
NIM. 020210102198

PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

hari : Jum'at

tanggal: 23 Juni 2006

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Singgih Bektiarso, M. Pd
NIP. 131 577 294

Supeno, S. Pd, M. Si
NIP. 132 321 415

Anggota,

1. Dr. Sudarti, M. Kes ()
NIP. 131 759 527

2. Dra. Sri Astutik, M. Si ()
NIP. 131 993 440

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Drs. H. Imam Muchtar, SH, M. Hum
NIP. 130 810 936

RINGKASAN

Karakteristik Struktur Tanah Daerah Rawan Bencana Longsor di Desa Kemuninglor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Lapisan Bawah Permukaan, Edy Susanto, 020210102198, 2006, 71 halaman.

Hutan gundul adalah salah satu kerusakan alam yang dapat mengakibatkan banjir dan tanah longsor, sehingga dapat mengancam keselamatan manusia. Desa Kemuninglor adalah salah satu desa yang menjadi korban bencana tanah longsor. Kondisi geografis desa tersebut berupa dataran tinggi dengan lereng dan tanah miring, sehingga sangat rawan terjadinya bencana. Dengan demikian, pengetahuan tentang struktur lapisan bawah permukaan tanah dianggap perlu untuk memperkirakan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap kemungkinan terjadinya tanah longsor yaitu dengan teknik pendugaan geofisika.

Geofisika merupakan ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk mempelajari keadaan bumi berdasarkan sifat-sifat fisiknya dan keadaan bawah permukaan berdasarkan sifat-sifat fisik batuan penyusunnya. Metode geofisika yang sering dipakai adalah metode geolistrik. Metode geolistrik dapat dibedakan menjadi beberapa macam yaitu metode *Self Potential* (SP), arus tellurik, magnetotellurik, elektromagnetik, *induced polarization*, dan metode geolistrik resistivitas. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik resistivitas, karena memiliki beberapa kelebihan yaitu bersifat tidak merusak lingkungan, pengoperasian mudah dan cepat, biayanya murah, dan dapat mengidentifikasi kedalaman lapisan tanah sampai beberapa meter.

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat resistivitas tanah atau batuan untuk mempelajari keadaan geologi di bawah bumi dengan mendeteksi di permukaan bumi. Untuk memperoleh data resistivitas dengan resolusi tinggi dapat digunakan konfigurasi Schlumberger, sedangkan untuk memperoleh penetrasi kedalaman digunakan konfigurasi *sounding*. Alat yang digunakan dalam metode ini adalah *resistivitymeter*. Langkah awal yang

dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menentukan titik *sounding* pada lokasi penelitian. Dalam penelitian ini diambil 10 titik *sounding*. Penentuan titik *sounding* didasarkan pada kondisi geologi daerah penelitian yang pernah longsor dan diperkirakan berpotensi sebagai pemicu longsor. Prinsip kerja dalam penelitian ini adalah dengan menginjeksikan arus listrik pada permukaan bumi melalui kontak dua elektrode arus dan dua elektrode potensial. Hasil data yang diperoleh adalah nilai spasi elektrode, faktor geometri, dan resistansi. Setelah itu dilakukan perhitungan nilai resistivitas semu (ρ_a).

Nilai resistivitas semu dari hasil perhitungan diolah dengan *software* IPI2WIN untuk menggambarkan inversi harga distribusi resistivitas lapisan bawah permukaan. Penampang resistivitas ditampilkan dalam bentuk citra warna dan disertai dengan kedalaman lapisan tanah yang diteliti, dengan warna tertentu menunjukkan harga resistivitas yang tertentu pula. Harga resistivitas yang diperoleh adalah resistivitas *real* dari lapisan tanah. Adanya warna-warna yang berbeda dapat menggambarkan struktur lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor yang didasarkan pada harga resistivitas dari jenis tanah dan batuan. Interpretasi terhadap tingkat kerawanan dari titik-titik *sounding* didasarkan pada keadaan struktur lapisan bawah permukaan.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa struktur lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor di desa Kemuninglor berupa tanah lempung, lempung lanauan, lanauan pasiran, dan batuan dasar berisi tanah kering dan tanah lembab. Tingkat kerawanan dari titik *sounding* 1, 2, 4, 5, 6, dan 7 adalah rendah, sedangkan titik *sounding* 3, 8, 9, dan 10 menunjukkan tingkat kerawanan yang tinggi, dengan tingkat kerawanan tertinggi untuk terjadinya longsor terdapat pada titik *sounding* 9, karena pada titik *sounding* ini menunjukkan kondisi tanah yang tidak stabil dengan adanya lapisan yang kedap air dan melapuk pada kedalaman 21,3 – 146 m dengan nilai resistivitas $\pm 0,46 \Omega m$.

P. MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufiq, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Karakteristik Struktur Tanah Daerah Rawan Bencana Longsor di Desa Kemuninglor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Lapisan Bawah Permukaan”*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga tidak lupa penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Dosen Pembimbing Akademik;
3. dan semua pihak yang telah membantu dalam terselesaikannya karya tulis ini.

Demi kesempurnaan dalam penulisan karya tulis ilmiah ini, saran dan kritik yang sifatnya membangun penulis harapkan dari semua pihak. Akhirnya penulis berharap, semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 23 Juni 2006

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Dasar Kelistrikan	7
2.1.1 Potensial Listrik	7
2.1.2 Arus dan Rapat Arus Listrik	9
2.1.3 Hukum Ohm	11
2.2 Arus Listrik dalam Medium Homogen	13
2.2.1 Arus Listrik di dalam Bumi	13
2.2.2 Satu Elektrode Arus di Bawah Permukaan.....	14
2.2.3 Satu Elektrode Arus di Permukaan.....	16

2.2.4 Dua Elektrode Arus di Permukaan Bumi	17
2.3 Metode Geolistrik Resistivitas	20
2.4 Resistivitas Semu.....	21
2.5 Konfigurasi Schlumberger	22
2.6 Struktur Tanah	25
2.7 Geologi Desa Kemuninglor	27
2.8 Gerakan Tanah	28
2.9 Tanah Longsor	29
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	30
3.1.1 Tempat Penelitian	30
3.1.2 Waktu Penelitian.....	30
3.2 Definisi Operational Variabel.....	31
3.3 Prosedur Penelitian.....	33
3.4 Data dan Sumber Data	33
3.4.1 Data.....	33
3.4.2 Sumber Data	34
3.5 Alat Penelitian	34
3.6 Teknik Perolehan Data.....	35
3.7 Teknik Penyajian dan Analisis Data.....	36
BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	39
4.1 Hasil Penelitian	39
4.1.1 Peta Lokasi Penelitian.....	39
4.1.2 Data dan Hasil Penelitian.....	42
4.2 Analisis Data.....	42
4.3 Inversi Hasil Penelitian.....	43
4.3.1 Titik <i>Sounding</i> 1.....	43
4.3.2 Titik <i>Sounding</i> 2.....	45
4.3.3 Titik <i>Sounding</i> 3.....	47

4.3.4 Titik <i>Sounding</i> 4.....	49
4.3.5 Titik <i>Sounding</i> 5.....	51
4.3.6 Titik <i>Sounding</i> 6.....	53
4.3.7 Titik <i>Sounding</i> 7.....	55
4.3.8 Titik <i>Sounding</i> 8.....	56
4.3.9 Titik <i>Sounding</i> 9.....	58
4.3.10 Titik <i>Sounding</i> 10.....	60
4.3.11 Gabungan dari titik <i>sounding</i> 5, 6, 1, 7, dan 8.....	61
4.3.12 Gabungan dari titik <i>sounding</i> 4, 3, 2, dan 9.....	62
BAB 5. PEMBAHASAN	65
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	70
6.1 Kesimpulan	70
6.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	72
MATRIK PENELITIAN	75
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Harga resistivitas jenis tanah atau batuan	26
4.1 Letak titik <i>sounding</i> daerah penelitian	40
4.2 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 1.....	44
4.3 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 2.....	46
4.4 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 3.....	48
4.5 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 4.....	50
4.6 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 5.....	52
4.7 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 6.....	54
4.8 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 7.....	55
4.9 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 8.....	57
4.10 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 9.....	59
4.11 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 10...	60
5.1 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan benca longsor di desa Kemuninglor berdasarkan resistivitasnya.....	65
A.1 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 1	77
A.2 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 2	78
A.3 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 3	79
A.4 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 4	80
A.5 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 5	81
A.6 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 6	82
A.7 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 7	83
A.8 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 8	84
A.9 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 9	85
A.10 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik <i>sounding</i> 10	86

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Muatan q bergerak dari titik O ke titik P dalam suatu medan listrik.....	7
2.2 Gerak alir pembawa muatan melintasi bidang da dalam waktu ∂t	10
2.3 Konduktor silindris dengan panjang l luas penampang A dan dialiri arus I	12
2.4 Medan potensial dan arah arus dari sumber titik dibawah permukaan.....	15
2.5 Titik sumber arus di permukaan medium homogen	17
2.6 Profil ekuipotensial dua elektrode arus dan elektrode potensial pada permukaan bumi yang homogen isotropik dengan resistivitas.....	18
2.7 Dua titik sumber dan dua elektroda potensial dipermukaan tanah homogen isotropis.....	19
2.8 Konsep resistivitas semu pada medium berlapis.....	22
2.9 Spasi konfigurasi Schlumberger	23
3.1 Daerah rawan bencana longsor di dusun Darungan desa Kemuninglor	31
3.2 Prosedur penelitian	33
3.3 Konfigurasi sistem kerja alat <i>resistivitymeter</i>	35
4.1 Peta Lokasi daerah rawan longsor	39
4.2 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisanbawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 1.....	43
4.3 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisanbawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 2.....	45
4.4 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisanbawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 3.....	47
4.5 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisanbawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 4.....	49
4.6 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisanbawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 5.....	51

4.7	Hasil pencitraan 6 penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i>	53
4.8	Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 7.....	55
4.9	Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 8.....	56
4.10	Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 9.....	58
4.11	Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik <i>sounding</i> 10.....	60
4.12	Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan dari titik <i>sounding</i> 5, 6, 1, 7, dan 8.....	61
4.13	Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan dari titik <i>sounding</i> 4, 3, 2, dan 9.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Hasil Penelitian	77
B. Data Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Yang Dibuat Dalam <i>Software Ipi2win</i>	86
C. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	93
D. Formulir Pengajuan Judul dan Dosen Pembimbing Skripsi	94
E. Lembar Konsultasi Penyusunan Skripsi (Pembimbing I).....	95
E. Lembar Konsultasi Penyusunan Skripsi (Pembimbing II)	96

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Alam merupakan suatu kekayaan yang harus dijaga kelestariannya, sebab jika keseimbangan alam terganggu, maka akan menyebabkan bahaya yang dapat mengancam keselamatan manusia, baik material maupun spiritual. Misalnya penebangan hutan secara liar akan menyebabkan suatu daerah menjadi rawan longsor dan tidak mampu menahan air apabila turun hujan. Hal ini dikarenakan tidak ada atau berkurangnya akar pohon sebagai penahan aliran butiran tanah. Faktor penyebab lainnya adalah lemahnya ikatan antar lapisan tanah atau karena adanya penambahan air yang menyisip ke dalam pori batuan, sehingga ikatan antar partikel dalam tanah turun yang mengakibatkan naiknya aliran air tanah ke permukaan (Setiyawati, 2005: 2).

Tanah longsor terjadi ketika terdapat perpindahan material tanah yang meluncur sepanjang daerah yang memiliki kemiringan tertentu. Pada saat musim hujan, perubahan tegangan permukaan dalam pori tanah dan peningkatan bobot massa tanah akibat air yang meresap ke dalam tanah dapat memicu perpindahan (ketidakstabilan gravitasi) tersebut. Ketidakstabilan gravitasi dapat terjadi pada suatu daerah yang memiliki bidang gelincir pada struktur bawah permukaan. Pada kondisi tertentu, bidang gelincir dapat berubah menjadi bidang diskontinu untuk suatu kejadian tanah longsor.

Efek dari curah hujan yang tinggi serta air yang bebas mengalir melalui pori-pori yang terdapat diantara butiran-butiran tanah dan juga karena rembesan akan menimbulkan celah-celah pada tanah sedimen yang lunak. Akibatnya aliran air akan bercampur dengan tanah dan batuan sehingga dapat menyebabkan banjir dan akibat yang lebih parah adalah terjadinya tanah longsor. Misalnya terjadinya banjir di Legon Kulon, Kabupaten Subang (Jawa Barat) yang menyebabkan 500 hektar sawah

dan 400 rumah tergenang air, tanah longsor dan banjir di Sampang dan Jombang (Jawa Timur), tanah bergerak di Darangdan Purwakarta (Kompas, 30 Januari 2006). Contoh lainnya adalah terjadinya longsor di Kemuninglor.

Berdasarkan data dari Lembaga Satuan Pelaksana Penanganan Bencana (Satlak PB) kabupaten Jember pada tanggal 16 Februari 2006, menyatakan bahwa kabupaten Jember mengalami musibah banjir dan tanah longsor di 25 desa yang tercakup dalam 11 kecamatan termasuk di dalamnya desa Kemuninglor yang tergolong parah. Tanah longsor di Kemuninglor terjadi pada pertengahan tahun 2003 yang menyebabkan rusaknya areal sawah seluas 25 – 30 hektar dan menyebabkan tertutupnya aliran Sungai Bedadung seluas 1 km (Balitbangda, 2003). Hal ini terulang kembali pada awal tahun 2006. Berdasarkan rekapitulasi kejadian bencana banjir dan tanah longsor dari Bakesbang Kabupaten Jember, menyatakan bahwa banjir dan tanah longsor di desa Kemuninglor tersebut menyebabkan 2,30 hektar tanaman padi yang siap panen dinyatakan puso, 10 rumah rusak berat, dan 12 rumah rusak ringan, 1 korban meninggal, dan robohnya jembatan. Kerugian yang diderita dari musibah ini diperkirakan sekitar seratus lima puluh juta rupiah.

Empat tahun terakhir, desa Kemuninglor terancam bahaya tanah longsor, khususnya dusun Darungan. Keadaan tanah sangat membahayakan lingkungan sekitar karena tanahnya miring dan berjurang yang di bawahnya masih banyak terdapat pemukiman penduduk dan ladang tempat pencaharian mereka. Kondisi sebelum terjadi musibah tanah longsor, desa Kemuninglor merupakan desa yang mempunyai struktur tanah yang relatif stabil disamping tanahnya yang subur penghasil utama bahan pangan yang cukup besar distribusinya bagi kabupaten Jember. Setelah terjadi krisis ekonomi, masyarakat mulai kesulitan dalam mencari penghasilan. Salah satu alternatif yang mereka lakukan adalah dengan memanfaatkan hutan. Masyarakat melakukan penebangan hutan secara liar, penjarahan besar-besaran, dan pembangunan perumahan yang sudah menyalahi aturan. Selain itu banyak lahan kering yang diubah menjadi lahan basah oleh penduduk guna memenuhi kebutuhan hidup mereka. Hal ini mengakibatkan tanah tidak stabil, sehingga aliran air akan

bercampur dengan tanah dan batuan yang bisa mengakibatkan pengikisan tanah (tanah longsor). Oleh karena itu masalah ini penting untuk dikaji lebih lanjut, karena banjir dan tanah longsor berdampak besar terhadap kelangsungan hidup manusia. Adapun dampak yang ditimbulkannya adalah jatuhnya korban jiwa dan harta benda, kerusakan lingkungan hidup, sarana dan prasarana, fasilitas umum, serta terganggunya tata kehidupan dan penghidupan masyarakat sekitar. Dampak yang lain adalah degradasi kesuburan tanah terutama pada kawasan hutan. Erosi dan tanah longsor akan mengangkat material tanah di permukaan yang banyak mengandung bahan organik dan unsur hara dan memunculkan tanah bawah yang lebih padat yang bisa meningkatkan pengikisan tanah (Luthfi, 20003: 1 - 2).

Pengetahuan tentang struktur lapisan bawah permukaan sangat diperlukan untuk memperkirakan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap kemungkinan terjadinya tanah longsor. Dalam penelitian ini akan dilakukan kajian tentang karakteristik fisis struktur lapisan bawah permukaan dengan memanfaatkan teknik pendugaan geofisika untuk cakupan daerah yang cukup luas. Pendugaan geofisika merupakan cara untuk mengetahui keadaan bawah permukaan berdasarkan sifat fisika batuan. Proses pemetaan terhadap daerah-daerah yang memiliki potensi tanah longsor dapat dilakukan setelah struktur lapisan bawah permukaan diketahui. Berbagai metode dapat diterapkan untuk menentukan struktur lapisan bawah permukaan dan yang paling sering digunakan adalah melalui pengukuran geofisika.

Geofisika merupakan ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi berdasarkan sifat-sifat fisik batuan penyusunnya (Telford *et al.* 1990: 1). Selama ini metode yang sering dipakai untuk melihat struktur lapisan tanah adalah dengan melakukan pengeboran untuk mendapatkan informasi bawah permukaan. Melalui pengeboran diharapkan dapat mencitrakan bawah permukaan untuk mengetahui sifat-sifat fisik lapisan tanah dan batuan. Namun cara ini kurang efektif karena membutuhkan tenaga, peralatan, dan waktu yang tidak sedikit, serta hanya memberikan gambaran struktur tanah secara kontinu ke arah vertikal. Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika

yang memanfaatkan sifat kelistrikan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi. Metode ini melibatkan pengukuran potensial, arus, dan medan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat injeksi arus listrik. Metode geolistrik dapat dibedakan menjadi beberapa macam yaitu metode *Self Potential* (SP), arus tellurik, magnetotellurik, elektromagnetik, *induced polarization*, dan metode resistivitas (Telford *et al.* 1990). Penggunaan masing-masing metode tersebut disesuaikan dengan obyek bawah permukaan bumi yang akan diidentifikasi. Misalnya untuk mineral sulfida digunakan metode *induced polarization*, untuk emas digunakan metode SP, untuk air tanah dan air garam digunakan metode resistivitas (Reynolds, 1997).

Metode resistivitas merupakan salah satu metode geolistrik yang mempergunakan sifat resistivitas tanah atau batuan untuk mempelajari keadaan geologi bawah permukaan bumi. Metode ini memiliki beberapa kelebihan yaitu bersifat tidak merusak lingkungan, pengoperasian mudah dan cepat, biayanya murah, dan dapat mengidentifikasi kedalaman sampai beberapa meter (Panissod, 2001). Sehingga metode geolistrik banyak dipakai dalam eksplorasi geofisika seperti menentukan nilai tahanan jenis suatu lapisan batuan (Budiono, 2000), menyelidiki keberadaan air panas (Kalmiwan, 2000), mencari pemetaan aliran sungai bawah tanah (Sukrisna, 2001), menentukan kedalaman bidang antar lapis tanah (Susanto, 2005), dan investigasi rembesan limbah pencemar (Suprianto, 2005). Sedangkan penerapan metode resistivitas terkait dengan daerah rawan longsor diantaranya adalah untuk survei kelongsoran di sekitar danau (Frasheri, 1998), menentukan kestabilan lereng (Hack, 2000), survei bawah permukaan daerah rawan bencana gerakan tanah di desa Lumbang Rejo, Pasuruan (Wahyono, 2003).

Pada tanah yang mengalami gangguan kestabilan akibat pori-pori tanah terisi oleh air, secara kelistrikan akan mengakibatkan harga resistivitas tanah menurun. Melalui metode resistivitas diharapkan dapat diketahui struktur lapisan bawah permukaan. Berdasarkan pemetaan hasil pengukuran dapat diketahui daerah-daerah yang memiliki potensi bencana dan dapat diperkirakan dampak yang terjadi serta

kegiatan apa saja yang dapat dilakukan untuk mencegah maupun menanggulangi terjadinya tanah longsor. Selanjutnya dapat dilakukan program mitigasi daerah rawan longsor. Misalnya dengan mengadakan penghijauan pada daerah lereng atau tebing dan menjaga kelestarian hutan. Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini mengambil judul **“Karakteristik Struktur Tanah Daerah Rawan Bencana Longsor di Desa Kemuninglor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Lapisan Bawah Permukaan”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang terdefiniskan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah struktur tanah daerah rawan bencana longsor di desa Kemuninglor berdasarkan sifat kelistrikan lapisan bawah permukaan ?
2. Bagaimanakah tingkat kerawanan dari titik-titik *sounding* pada daerah rawan bencana longsor di desa Kemuninglor berdasarkan sifat kelistrikan lapisan bawah permukaan ?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Mendiskripsikan struktur tanah daerah rawan bencana longsor di desa Kemuninglor berdasarkan sifat kelistrikan lapisan bawah permukaan.
2. Mendiskripsikan tingkat kerawanan dari titik-titik *sounding* pada daerah rawan bencana longsor di desa Kemuninglor berdasarkan sifat kelistrikan lapisan bawah permukaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Program sosialisasi kepada masyarakat setempat akan pentingnya pencegahan banjir dan tanah longsor mulai dini.

2. Diharapkan akan menimbulkan peningkatan kesadaran dan kepedulian masyarakat terhadap persoalan-persoalan lingkungan, karena banjir dan tanah longsor dapat menimbulkan kerusakan bagi manusia dan lingkungannya.
3. Masyarakat setempat akan lebih waspada dan selalu berupaya untuk mencegah terjadinya tanah longsor, misalnya dengan pelestarian hutan dan penanaman di lereng atau tebing.
4. Menambah wawasan dan pengetahuan khususnya dalam memprediksi adanya daerah rawan longsor berdasarkan sifat kelistrikan lapisan bawah permukaan.
5. Dapat memberikan rangsangan bagi peneliti lain untuk mengadakan penelitian mengenai metode geolistrik untuk mempelajari geologi bumi, baik itu penelitian skala laboratorium maupun skala lapangan.

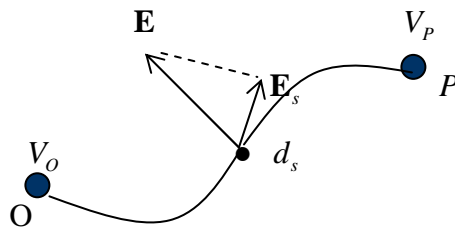
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Kelistrikan

2.1.1 Potensial Listrik

Potensial listrik di suatu titik dalam medan listrik didefinisikan sebagai energi potensial per satuan muatan yang diletakkan di titik itu. Oleh karena itu potensial listrik merupakan besaran skalar. Jika V adalah potensial listrik di sebuah titik dan U adalah energi potensial sebuah muatan q yang diletakkan di titik yang sama, maka secara matematis dapat dituliskan sebagai:

$$V = \frac{U}{q} \quad (2.1)$$



Gambar 2.1 Muatan q bergerak dari titik O ke titik P dalam suatu medan listrik.

Jika muatan q bergerak dari titik O ke titik P dalam suatu medan listrik sebagaimana ditunjukkan pada gambar (2.1), maka dari persamaan (2.1) akan dihasilkan perubahan energi potensial muatan:

$$U_O - U_P = q(V_O - V_P) \quad (2.2)$$

Sesuai dengan definisi energi potensial, ruas kiri persamaan (2.2) menunjukkan usaha yang dilakukan pada muatan ketika bergerak dari titik O ke titik P , sehingga dapat dituliskan:

$$W_{OP} = q (V_O - V_P) \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) menunjukkan bahwa beda potensial listrik antara 2 titik sama dengan usaha yang dilakukan oleh medan listrik untuk menggerakkan satu satuan muatan dari titik O ke titik P , sehingga usaha yang dilakukan tidak tergantung pada lintasan, tetapi tergantung pada posisi O dan P saja. Gaya listrik pada muatan adalah $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$, dengan \mathbf{E} adalah medan listrik, sehingga:

$$W_{OP} = \int_O^P \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int_O^P q\mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} \quad (2.4)$$

Dengan menggabungkan persamaan (2.3) dan (2.4) akan diperoleh:

$$\int_O^P \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = V_O - V_P \quad (2.5)$$

Apabila muatan bergerak dari suatu titik dan menempuh sebarang lintasan kemudian kembali ke titik semula, maka usaha yang dilakukan untuk melawan gaya medan tidak akan hilang atau berubah menjadi kalor seperti pada kerja melawan gaya gerak, akan tetapi tersimpan menjadi energi potensial, sehingga lintasan integrasinya merupakan suatu kurva tertutup. Dengan demikian usaha pada medan gaya ini bersifat konservatif (Sutrisno, 1993). Medan gaya konservatif harus memenuhi syarat yang secara matematis dapat dituliskan:

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = 0 \quad (2.6)$$

Sesuai dengan gambar (2.1), persamaan (2.5) dapat dituliskan dalam bentuk lain:

$$\int_O^P \mathbf{E}_s \cdot d\mathbf{s} = V_O - V_P \quad (2.7)$$

dengan \mathbf{E}_s merupakan komponen \mathbf{E} sepanjang lintasan. Persamaan (2.7) dapat dituliskan:

$$\int_O^P \mathbf{E}_s \cdot d\mathbf{s} = -(V_P - V_O) = -\int_O^P dV \quad (2.8)$$

Jika titik O dan P begitu dekat sehingga setiap integral dalam persamaan (2.8) praktis tereduksi menjadi suatu suku tunggal, maka:

$$\mathbf{E}_s \cdot d\mathbf{s} = -dV \quad (2.9a)$$

atau

$$E_s = -\frac{\partial V}{\partial s} \quad (2.9b)$$

Potensial listrik sebuah muatan titik didapatkan dengan cara mengganti s dengan r , karena medan listriknya radial, yakni $E_r = -\frac{\partial V}{\partial r}$.

Karena medan listrik di sekitar satu muatan titik q adalah:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (2.10)$$

maka persamaan (2.9b) menjadi:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = -\frac{\partial V}{\partial r} \quad (2.11a)$$

$$\text{atau} \quad \int_0^P dV = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_0^P \frac{dr}{r^2} \quad (2.11b)$$

Dengan melakukan integrasi dan menganggap $V_0 = 0$ untuk $r = \infty$, maka potensialnya adalah

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (2.12)$$

Potensial listrik berharga positif maupun negatif tergantung pada tanda muatan q yang menghasilkannya (Alonso dan Finn, 1994: 16-19).

2.1.2 Arus dan Rapat Arus Listrik

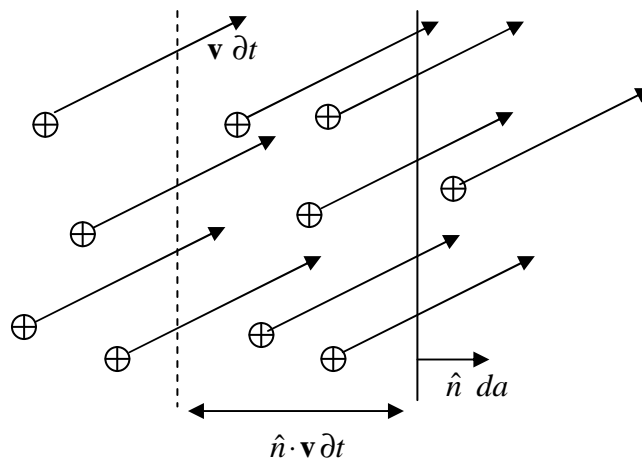
Arus listrik merupakan gerak elektron pada suatu materi dalam proses pengaturan diri menuju ke kondisi kesetimbangan. Arus listrik terjadi bila materi mengalami gangguan akibat adanya medan listrik. Arus listrik dibedakan menjadi 2,

yaitu arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC). Dikatakan arus DC bila medan listriknya memiliki arah yang selalu tetap menuju satu arah, dan arus AC jika arahnya terbalik secara periodik (Hendrawijaya, 1990: 16).

Secara matematis, arus listrik (I) yang mengalir pada suatu kawat penghantar adalah banyaknya muatan elektron (Q) yang menembus penampang kawat tersebut per satuan waktu. Jadi,

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (2.13)$$

Pada suatu bahan penghantar yang hanya mempunyai satu jenis pembawa muatan (q), jumlah pembawa muatan per satuan volum dilambangkan dengan N . Setiap pembawa muatan memiliki kecepatan alir yang sama yaitu \mathbf{v} . Selama waktu ∂t setiap pembawa muatan bergerak sejauh $\mathbf{v} \partial t$.



Gambar 2.2 Gerak alir pembawa muatan melintasi bidang da dalam waktu ∂t .

Pada gambar 2.2 ditunjukkan bahwa, muatan ∂Q yang melintasi da selama ∂t adalah q kali jumlah semua pembawa muatan di dalam volum $\mathbf{v} \cdot \hat{\mathbf{n}} \partial t da$, dengan $\hat{\mathbf{n}}$ adalah vektor satuan yang tegak lurus bidang da , sehingga persamaan (2.13) menjadi

$$dI = \frac{q N \mathbf{v} \cdot \hat{n} \partial t da}{\partial t} \quad (2.14)$$

$$= N q \mathbf{v} \cdot \hat{n} da$$

Persamaan (2.14) merupakan persamaan arus yang melalui bidang da . Besaran $Nq\mathbf{v}$ merupakan suatu vektor yang mempunyai dimensi arus per satuan luas. Besaran ini disebut dengan rapat arus yang di beri lambang \mathbf{J} Jadi,

$$\mathbf{J} = N q \mathbf{v} \quad (2.15)$$

Dari persamaan (2.15), jika disubstitusikan ke persamaan (2.14) akan diperoleh:

$$dI = \mathbf{J} \cdot \hat{n} da \quad (2.16)$$

Arus yang melalui kawat berukuran makro dan berbentuk sebarang dengan luas penampang (A), dapat diperoleh melalui integral persamaan (2.16) (Reitz *et al*, 1993: 168-172), yang menghasilkan:

$$I = \int \mathbf{J} \cdot \hat{n} da = J A \quad (2.17)$$

sehingga rapat arusnya adalah:

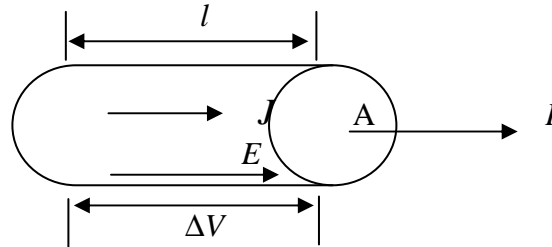
$$J = \frac{I}{A} \quad (2.18)$$

2.1.3 Hukum Ohm

Suatu penghantar, misalnya konduktor logam, bila dikenai beda potensial diantara ujung-ujungnya, maka arus-arus yang dihasilkan akan berbeda. Hal ini disebabkan karena harga resistansi setiap penghantar berbeda. Resistansi (hambatan) dari suatu penghantar didefinisikan sebagai perbandingan antara beda potensial yang diberikan pada penghantar tersebut dengan arus yang dihasilkannya. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad \text{atau} \quad I = \frac{\Delta V}{R} \quad (2.19)$$

dengan I arus listrik (ampere) dan ΔV beda potensial (volt), sedangkan R resistansi dalam ohm (Ω). Persamaan (2.19) merupakan persamaan dari hukum Ohm.



Gambar 2.3 Konduktor silindris dengan panjang l luas penampang A dan dialiri arus I .

Apabila terdapat sebuah konduktor silindris dengan panjang l , luas penampang A dan beda potensial ΔV gambar (2.3), maka di dalam konduktor akan terdapat medan listrik, melalui hubungan:

$$\Delta V = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \quad (2.20)$$

Karena medan listrik harus sama di semua titik di sepanjang kawat, maka:

$$\Delta V = El \quad (2.21)$$

Sehingga persamaan (2.18) dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$J = \left(\frac{l}{RA} \right) E = \sigma E \quad (2.22a)$$

Sedangkan besarnya konduktivitas listrik dari material dirumuskan dengan:

$$\sigma = \frac{l}{RA} \quad (2.22b)$$

Hubungan antara σ dan R sering di tuliskan dalam bentuk:

$$R = \frac{l}{\sigma A} \quad (2.23)$$

Sedangkan kebalikan dari konduktivitas adalah resistivitas (ρ)

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{RA}{l} \quad (2.24)$$

Resistivitas dinyatakan dalam $\Omega \text{ m}$. Persamaan (2.22a) bisa diganti dalam persamaan vektor yang biasa dipakai untuk melukiskan hukum Ohm (Alonso dan Finn, 1994: 77), menjadi:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (2.25)$$

2.2 Arus Listrik dalam Medium Homogen

2.2.1 Aliran Listrik di dalam Bumi

Secara teoritis pendekatan yang paling sederhana untuk mempelajari tentang aliran listrik di dalam bumi adalah dengan menganggap bumi sebagai medium yang homogen dan isotropis (Telford *et al.* 1990: 522). Misalkan terdapat aliran arus listrik dalam sebuah medium yang isotropis. Jika ∂A adalah sebuah elemen permukaan dan \mathbf{J} adalah rapat arus (A/m^2), maka arus yang melewati ∂A adalah $\mathbf{J} \cdot \partial \mathbf{A}$. Rapat arus memiliki hubungan dengan medan listrik dalam persamaan hukum Ohm, yakni $\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$, dimana \mathbf{E} memiliki satuan volt/meter. Diketahui bahwa medan listrik merupakan gradien dari potensial sehingga:

$$\mathbf{E} = -\nabla V \quad (2.26)$$

Maka persamaan (2.25) menjadi:

$$\mathbf{J} = -\sigma \nabla V \quad (2.27)$$

Apabila di dalam medium yang dilingkupi oleh luasan permukaan A tidak terdapat sumber arus, maka:

$$\int_A \mathbf{J} \cdot d\mathbf{A} = 0 \quad (2.28)$$

Teorema Gauss menyatakan bahwa integral volum dari divergensi arus merupakan jumlah total dari muatan yang dilingkupinya, sehingga persamaan (2.28) dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\int_0^\infty \nabla \cdot \mathbf{J} dV = 0 \quad (2.29)$$

Dengan demikian berlaku:

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0 \quad (2.30)$$

Apabila tidak ada sumber muatan yang terakumulasi pada daerah regional, maka dengan substitusi dari persamaan (2.27) ke persamaan (2.30) menghasilkan

$$\nabla \sigma \nabla V + \sigma \nabla \cdot \nabla V = 0 \quad (2.31)$$

Jika σ berharga konstan, maka suku pertama ruas kiri menjadi berharga nol, sehingga didapatkan persamaan Laplace fungsi potensial derajat dua:

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.32)$$

Persamaan Laplace dalam koordinat bola dituliskan sebagai berikut:

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2 \sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left[\sin \vartheta \frac{\partial V}{\partial \vartheta} \right] + \frac{1}{r^2 \sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 V}{\partial \varphi^2} = 0 \quad (2.33)$$

dengan V adalah beda potensial antara dua elektroda potensial dan r jarak elektrode. Mengingat asumsi umum yang diambil bahwa bumi sebagai medium homogen isotropis, maka bumi dianggap simetri seperti bola. Oleh karena itu, potensial V merupakan fungsi r , yaitu $V(r)$.

2.2.2 Satu Elektrode Arus di Bawah Permukaan

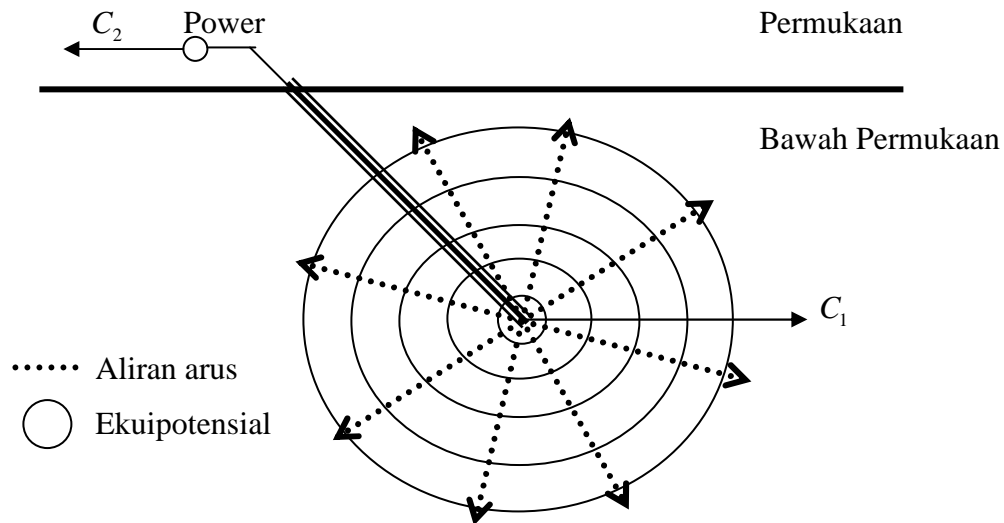
Apabila terdapat titik elektrode C_1 terletak di bawah permukaan bumi homogen isotropis, titik elektrode tersebut terangkai dengan elektrode lain yang berada di permukaan bumi C_2 , maka elektrode arus C_1 dipandang sebagai titik sumber yang memancarkan arus listrik ke segala arah di dalam bumi dengan resistivitas ρ sebagaimana ditunjukkan pada gambar (2.4).

Ekuipotensial di setiap titik di dalam bumi membentuk permukaan bola dengan jari-jari r . Karena dalam koordinat bola di bawah bumi yang berpengaruh hanyalah harga jari-jarinya (r), maka $\sin \vartheta = 0$, sehingga persamaan (2.33) menjadi:

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right] \quad (2.34)$$

Persamaan (2.34) disederhanakan menjadi:

$$\nabla^2 V = \frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV}{dr} = 0 \quad (2.35)$$



Gambar 2.4 Medan potensial dan arah arus dari sumber titik dibawah permukaan (Telford *et al.* 1990).

Jika persamaan (2.35) dikalikan dengan r^2 dan dideferensialkan diperoleh:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{D}{r^2} \quad (2.36)$$

Jika diintegrasikan lagi, didapatkan:

$$V = -\frac{D}{r} + H \quad (2.37)$$

dengan D dan H adalah konstanta integrasi. Ketika $V = 0$, maka $r = \infty$, sehingga diperoleh $H = 0$. Dalam hal ini arus listrik dari elektrode mengalir radial ke segala arah melintasi permukaan bola sebesar:

$$I = 4\pi r^2 J \quad (2.38)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.27) dan (2.36) ke dalam persamaan (2.38) didapatkan:

$$I = -4\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -4\pi \sigma D \quad (2.39)$$

karena $\sigma = \frac{1}{\rho}$, maka konstanta integrasi D dalam bola adalah:

$$D = -\frac{I\rho}{4\pi} \quad (2.40)$$

Substitusi persamaan (2.39) ke dalam persamaan (2.38) (Telford *et al.* 1990), didapatkan:

$$V = \frac{I\rho}{4\pi} \frac{1}{r} \quad (2.41a)$$

atau

$$\rho = \frac{4\pi rV}{I} \quad (2.41b)$$

2.2.3 Satu Elektrode Arus di Permukaan

Apabila terdapat titik elektrode C_1 terletak di permukaan bumi homogen isotropis dan udara di atasnya dianggap mempunyai konduktivitas nol, maka titik elektrode tersebut terangkai dengan elektrode lain yang terletak jauh tak terhingga yaitu C_2 , sehingga pengaruhnya dapat diabaikan, sebagaimana ditunjukkan pada gambar (2.5).

Aliran arus yang keluar dari titik sumber membentuk medan potensial dengan kontur ekuipotensial berbentuk setengah bola di bawah permukaan. Dengan tinjauan terhadap permukaan setengah bola tersebut, maka arus yang mengalir melalui permukaan adalah:

$$I = 2\pi r^2 J = -2\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -2\pi \sigma D \quad (2.42)$$

dengan konstanta integrasi D dalam setengah bola adalah:

$$D = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.43)$$

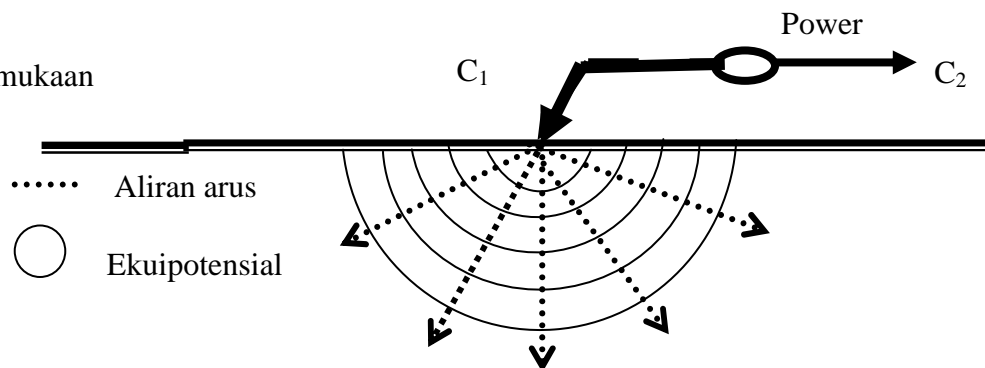
Sehingga,

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r} \quad (2.44a)$$

atau

$$\rho = \frac{2\pi rV}{I} \quad (2.44b)$$

Persamaan (2.44) merupakan persamaan ekuipotensial permukaan setengah bola yang tertanam di bawah permukaan (Suprianto, 2000: 11-12).



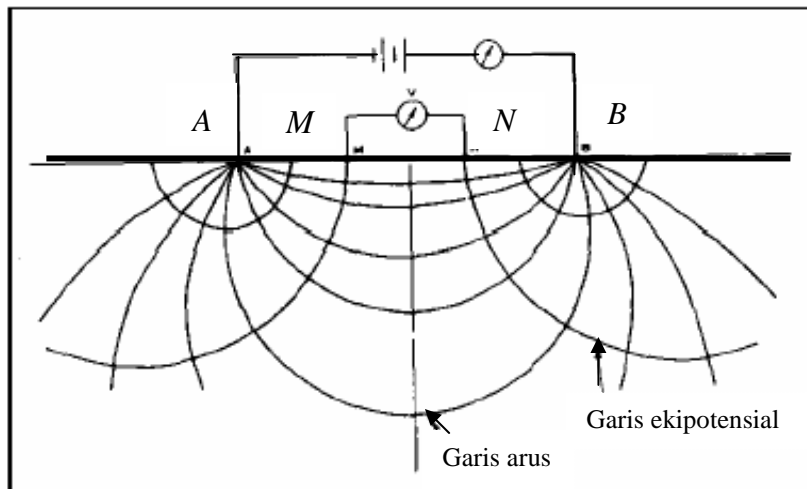
Gambar 2.5 Titik sumber arus di permukaan medium homogen (Telford *et al.* 1990).

2.2.4 Dua Elektrode Arus di Permukaan Bumi

Apabila terdapat dua buah elektrode arus yang terpisah dengan jarak tertentu pada permukaan homogen isotropis yang tidak terlalu besar, potensial di setiap titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektrode arus tersebut (Suprianto, 2000). Ekuipotensial yang dihasilkan dari kedua titik sumber ini bersifat lebih kompleks dibandingkan dengan sumber arus tunggal, akan tetapi pada daerah dekat sumber arus akan mendekati bola. Bila dibuat penampang melalui sumber C₁ dan C₂ maka terlihat pola distribusi bidang ekuipotensial sebagaimana ditunjukkan pada gambar (2.6).

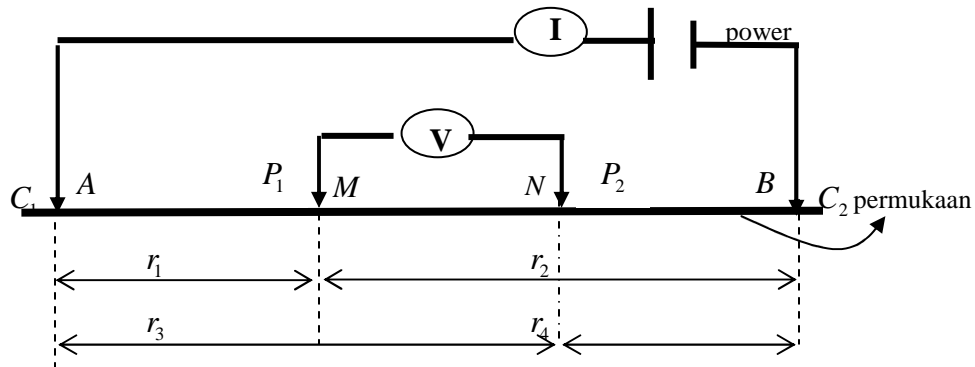
Pada gambar (2.6) dapat dilihat bahwa arah aliran arus listrik selalu tegak lurus terhadap garis ekuipotensialnya. Untuk medium berlapis-lapis mempunyai

resistivitas berbeda-beda tetapi homogen isotropis potensialnya tidak lagi simetri bola.



Gambar 2.6 Profil ekuipotensial dua elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan bumi yang homogen isotropik dengan hambatan jenis (Telford *et al.* 1990).

Perubahan potensial sangat drastis pada daerah dekat sumber arus, sedangkan pada daerah antara C_1 dan C_2 gradien potensial kecil dan mendekati linier. Dari alasan ini, pengukuran potensial paling baik dilakukan pada daerah diantara C_1 dan C_2 yang mempunyai gradien potensial linier. Untuk menentukan perbedaan potensial antara dua titik yang ditimbulkan oleh sumber arus listrik C_1 dan C_2 , maka dua elektrode potensial misalnya P_1 dan P_2 ditempatkan di dekat sumber sebagaimana ditunjukkan pada gambar (2.7).



Gambar 2.7 Dua titik sumber dan dua elektrode potensial dipermukaan tanah homogen isotropis (Telford *et al.* 1990).

Sumber arus total dari tiap elektrode merupakan jarak lintas permukaan dari setengah luas bola dengan daerah $\frac{1}{2}(4\pi r^2)$. Untuk ρ yang konstan, maka harga potensialnya adalah:

$$V_{(r)} = \frac{D}{r} = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2.45)$$

Dari persamaan (2.45), besarnya potensial pada titik P_1 yang disebabkan oleh arus pada elektrode C_1 adalah:

$$V_{AM} = \left[\frac{I\rho}{2\pi} \right] \frac{1}{AM} \quad (2.46)$$

Karena arus pada kedua elektrode sama besar tetapi berlawanan arah, maka potensial di titik P_1 oleh arus pada elektrode C_2 diperoleh:

$$V_{BM} = - \left[\frac{I\rho}{2\pi} \right] \frac{1}{MB} \quad (2.47)$$

Sehingga potensial total di titik P_1 oleh arus pada elektrode C_1 dan elektrode C_2 dapat dituliskan sebagai:

$$V_M = V_{AM} + V_{BM} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} \right) \quad (2.48)$$

Dengan cara yang sama diperoleh potensial total di titik P_2 oleh arus pada elektrode C_1 dan elektrode C_2 adalah:

$$V_N = V_{AN} + V_{BN} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{NB} \right) \quad (2.49)$$

Jadi perbedaan potensial total diantara elektrode M dan N atau P_1 dan P_2 (Santoso, 2000) adalah:

$$V_{MN} = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{NB} \right) \right] \quad (2.50a)$$

atau dapat ditulis

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.50b)$$

Susunan seperti ini berkaitan dengan empat elektrode yang terbentang secara normal digunakan dalam pengukuran medan resistivitas.

Keterangan:

ΔV : beda potensial antara P_1 dan P_2 (volt)

I : arus listrik (ampere)

ρ : resistivitas (Ω m)

$AM = r_1$: jarak C_1 ke P_1 (m)

$MB = r_2$: jarak P_1 ke C_2 (m)

$AN = r_3$: jarak C_1 ke P_2 (m)

$NB = r_4$: jarak P_2 ke C_2 (m)

2.3 Metode Geolistrik Resistivitas

Dalam eksplorasi geofisika, metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Metode resistivitas atau tahanan jenis adalah

salah satu metode geolistrik yang mempergunakan sifat hambatan jenis sebagai media atau alat untuk mempelajari keadaan geologi bawah permukaan (Nawroozi, 2000).

Berdasarkan pada tujuan penyelidikan, metode geolistrik resistivitas dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu metode resistivitas *mapping* dan metode resistivitas *sounding (drilling)*. Metode resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang digunakan untuk mengetahui variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horizontal dengan jarak spasi elektrode tetap untuk semua titik *sounding* (titik amat) di permukaan bumi. Sedangkan metode resistivitas *sounding (drilling)* merupakan metode resistivitas yang digunakan untuk mengetahui variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara vertikal dengan jarak spasi elektrode berubah-ubah.

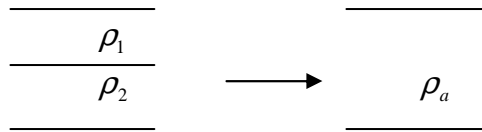
Arus listrik pada metode resistivitas ini akan diinjeksikan ke dalam bumi melalui kontak dua elektrode arus. Beda potensial yang dihasilkan akan diukur melalui dua elektrode potensial. Setelah besar arus yang dipancarkan dan beda potensial yang dihasilkan terukur, maka resistivitas di bawah permukaan akan terukur pula (Herman, 2000).

Dalam aplikasi lingkungan, metode resistivitas telah digunakan untuk mendeteksi kemiringan pegunungan es di Swiss dan Italia (Hauck and Muhll, 1999). Hal ini sangat penting karena jika kemiringan tersebut dalam keadaan tidak stabil, maka akan menimbulkan longsor es yang menelan banyak korban jiwa.

2.4 Resistivitas Semu

Pada bagian awal telah disebutkan bahwa dalam metode resistivitas, bumi dianggap sebagai medium yang homogen isotropis, sehingga resistivitas yang terukur merupakan resistivitas (ρ) sebenarnya. Pada kenyataannya bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan-lapisan tersebut. Bumi merupakan medium berlapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas berbeda. Resistivitas semu

merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Konsep resistivitas semu pada medium berlapis ditunjukkan pada gambar (2.8).



Gambar 2.8 Konsep resistivitas semu pada medium berlapis.

Dengan demikian, resistivitas yang terukur bukan merupakan resistivitas untuk satu lapisan saja, terutama untuk jarak elektrode yang lebar. Resistivitas yang terukur merupakan resistivitas semu (ρ_a). Berdasarkan persamaan (2.50), besarnya resistivitas semu adalah:

$$\rho_a = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.51a)$$

atau

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.51b)$$

dengan K adalah besaran koreksi letak kedua elektrode potensial terhadap letak kedua elektrode arus yang dapat dirumuskan:

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]} \quad (2.52)$$

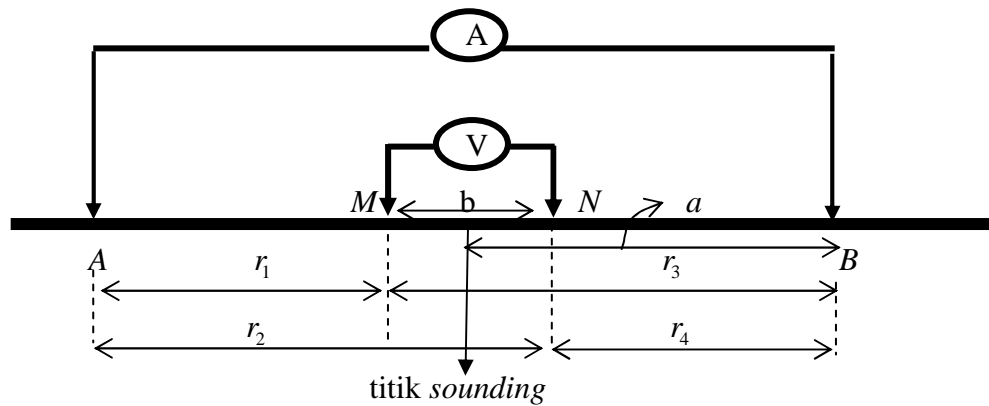
2.5 Konfigurasi Schlumberger

Pada metode resistivitas terdapat banyak aturan dalam penempatan elektrode atau konfigurasi elektrode. Untuk metode resistivitas *sounding*, dikenal tiga macam konfigurasi elektrode, yaitu konfigurasi Schlumberger, konfigurasi, Wenner, dan

konfigurasi dipol aksial (Sunarto, 1992: 23). Karena yang digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi Schlumberger, maka disini akan dibahas mengenai konfigurasi Schlumberger saja.

Pada konfigurasi Schlumberger spasi elektrode arus jauh lebih besar dari pada spasi elektrode potensial. Jarak elektrode potensial relatif jarang diubah-ubah meskipun jarak elektrode arus selalu diubah-ubah.

Pengaturan elektrode pada konfigurasi Schlumberger ditunjukkan sebagaimana pada gambar (2.9).



Gambar 2.9 Spasi konfigurasi Schlumberger.

Berdasarkan gambar (2.9), dapat diketahui bahwa jarak spasi antar elektrode arus adalah $2a$, sedangkan jarak spasi antar elektrode potensial adalah b . Dalam konfigurasi Schlumberger, jarak spasi antar elektrode tidak simetris terhadap titik *sounding*, tetapi untuk mempermudah interpretasi konfigurasi ini dibuat simetris. Jarak antar elektrodanya adalah:

$$r_1 = r_4 = a - \frac{b}{2} \quad \text{dan} \quad r_2 = r_3 = a + \frac{b}{2} \quad (2.53)$$

Jika persamaan (2.53) disubstitusikan pada persamaan (2.52), maka harga faktor geometris (Derana, 1981: 24) menjadi:

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{\left(a - \frac{b}{2}\right)} - \frac{1}{\left(a + \frac{b}{2}\right)} \right) - \left(\frac{1}{\left(a - \frac{b}{2}\right)} - \frac{1}{\left(a + \frac{b}{2}\right)} \right) \right]} \quad (2.54)$$

Jika disederhanakan persamaan (2.54) menjadi :

$$K = \frac{\pi(a^2 - \frac{b^2}{4})}{b} \quad \text{atau} \quad K = \pi \left(\frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \frac{(MN)^2}{4}}{MN} \right) \quad (2.55)$$

Berdasarkan persamaan (2.51b) dengan $\frac{\Delta V}{I}$ adalah R , maka pada konfigurasi

Schlumberger berlaku hubungan:

$$\rho_a = \pi \left(\frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \frac{(MN)^2}{4}}{MN} \right) R \quad (2.56)$$

dengan K adalah faktor koreksi antara 2 elektrode arus dan 2 elektrode potensial.

Pada konfigurasi Schlumberger pelaksanaannya lebih mudah, karena hanya elektrode arus yang diubah-ubah sedangkan elektrode potensial jarang diubah-ubah, sehingga waktu yang digunakan lebih hemat. Selain itu konfigurasi ini cocok untuk penyelidikan dalam arah vertikal untuk mengetahui variasi susunan lapisan tanah atau batuan di dalam bumi.

Pada susunan elektrode Schlumberger berlaku persamaan:

$$\frac{MN}{AB} = \frac{1}{20} \text{ sampai dengan } \frac{1}{50} \quad (2.57)$$

Sedangkan untuk jarak dekat elektrode berlaku

$$\frac{MN}{AB} = \frac{1}{3} \quad (2.58)$$

Pengukuran dengan metode Schlumberger dilakukan dengan dua cara, yaitu MN konstan dan AB diperbesar (*sounding*) yaitu untuk memperoleh gambaran perubahan struktur lapisan bumi pada arah vertikal. Sedangkan yang kedua adalah nilai AB konstan, sedang MN diperbesar (*mapping*) yaitu untuk mengetahui perubahan struktur lapisan bumi pada arah horisontal.

2.6 Struktur Tanah

Dua sifat penting fisika tanah adalah tekstur tanah dan struktur tanah. Istilah tekstur digunakan untuk menunjukkan ukuran partikel-partikel tanah, terutama pada perbandingan relatif berbagai golongan tanah. Tetapi, apabila ukuran partikel tanah sudah diketahui digunakan istilah struktur. Struktur menunjukkan kombinasi atau susunan partikel-partikel tanah primer (pasir, debu, dan liat) sampai pada partikel-partikel sekunder (*ped*) yang disebut juga agregat (Henry, 1995: 51).

Tanah terdiri dari butiran-butiran atau partikel-partikel yang berbeda dalam bentuk dan ukurannya. Oleh karena itu diperlukan istilah-istilah khusus yang akan memberikan ide tentang sifat tekstur dan memberikan petunjuk tentang sifat fisiknya, dalam hal ini digunakan nama *klas*. Adapun nama *klas* dan klasifikasi tanah dikelompokkan menjadi tiga golongan pokok, yaitu pasir, lempung, dan lanauan atau geluh (Harry, 1982: 56-59).

Tiga golongan pokok klasifikasi tanah adalah:

1. Pasir

Golongan pasir mencakup semua tanah yang pasirnya meliputi 70% atau lebih dari berat tanah itu. Tekstur pasir ada beberapa macam, yaitu pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus, dan pasir lanauan.

2. Lempung

Tanah ditentukan sebagai lempung jika mengandung $\pm 40\%$ lempung. Adapun tekstur lempung adalah lempung pasiran jika kandungan pasirnya lebih banyak

dari lempungnya, lempung debuan (debu > lempung), lempung berbatu (batu > lempung), dan lempung berkerikil (kerikil > lempung).

3. Lanauan atau geluh

Lanauan merupakan campuran dari pasir, lempung dan debu. Pada umumnya memiliki kualitas pasir dan lempung, daya menahan airnya rendah, bergumpal, lekat, gerakan air dan udara lambat. Tanah lanauan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu lanauan pasiran, lanauan debuan, lanauan debuan berbatu, lanauan lempung debuan, lanauan lempungan, dan lanauan lempung berbatu

Hubungan antara struktur tanah dengan harga resistivitas jenis tanah dan batuan ditunjukkan pada tabel (2.1).

Tabel 2.1 Harga resistivitas jenis tanah atau batuan

No	Jenis tanah (batuan)	Resistivitas (Ωm)
1	Tanah lempungan basah lembek (lempung debuan)	1,5 – 3,0
2	Lempung lanauan dan lanauan basah lembek	3,0 – 15
3	Tanah lanauan pasiran	15 – 150
4	Lempung berbatu (batuan dasar berkekar yang berisi tanah lembab)	150 – 300
5	Pasir berkerikil bercampur lanau	± 300
6	Batuan dasar berisi tanah kering	300 – 2400
7	Batuan dasar tak lapuk	> 2400

Sumber: Roy E. Hunt. 1984.

2.7 Geologi Desa Kemuninglor

Berdasarkan peta geologi yang dibuat oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung (1992), maka geologi di daerah Arjasa dan sekitarnya dapat dipisahkan menjadi dua satuan batuan. Batuan-batuan ini membentuk gumuk gunung api yang terdiri dari bukit kecil dan rendah yang terletak pada ketinggian 300 – 742 m di atas permukaan air laut. Sedangkan tinggi bukitnya adalah 20 – 450 m dari permukaan pendataran. Satuan ini tersebar di kaki barat Gunung Raung.

Khusus di desa Kemuninglor, kecamatan Arjasa, secara geologi lapisan tanahnya terdiri dari:

a. Formasi Bagor

Formasi Bagor terdiri dari batuan konglomerat, lempung, batu pasir tufan, dan batu pasir. Batuan konglomerat berkomponen aneka bahan, berbutir pasir dasar kerakal, menyudut-membundar, batuan apung, pasir gunung api, dan kaca gunung api.

b. Breksi Argopuro

Breksi Argopuro merupakan breksi yang tersusun dari andesit dan bersisipkan lava. Breksi andesit berwarna abu-abu dengan masa dasar tuf. Sisipan lava terdapat setempat, bersusun andesit. Batuan ini sudah melapuk membentuk tanah laterit yang cukup tebal berwarna merah bata yang merupakan hasil kegiatan Gunung Argopuro.

Berdasarkan hasil pengeboran bawah tanah pada daerah rawan longsor di desa Kemuninglor yang dilakukan oleh tim peneliti dari Institut Teknologi Surabaya (ITS) pada akhir musim penghujan, yaitu pada awal bulan April 2003, diperoleh gambaran tentang struktur lapisan bawah permukaan. Hasil pengamatan di lapangan dan di laboratorium, tampak bahwa lapisan tanah rata-rata adalah "Residu", yang berupa lempung, lanauan lempung, lanau pasiran, dan terdapat lapisan lanau lempung yang sangat kedap air. Akibat dari lapisan kedap air ini, maka dalam jangka waktu yang cukup lama, terjadi aliran di atas maupun di bawah lapisan tersebut yang dapat memberikan tekanan air pori yang cukup besar. Aliran ini akan membawa butir-butir halus pada tanah yang dilewatinya dan membuang butir-butir kasar pada saluran-saluran pembuang. Sedangkan lapisan pemicu longsor terjadi pada lapisan kedap air.

2.8 Gerakan Tanah

Gerakan tanah adalah perpindahan massa tanah atau batuan pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Gerakan tanah ini mencakup gerak

rayapan, aliran, dan longSORAN. Peristiwa yang dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah dapat dibedakan menjadi gangguan luar dan gangguan dalam (Pangluar, 1985).

a. Gangguan Luar

1. Getaran, banyak sekali longSORAN yang ditimbulkan oleh getaran dari gempa bumi
2. Pembebanan tambahan, disebabkan oleh tingkah laku manusia, misalnya pembangunan rumah di tepi sungai.
3. Hilangnya peneguhan dari samping, lereng-lereng yang menjadi makin curam, baik akibat pengikisan alam maupun akibat perbuatan manusia.
4. Hilangnya tumbuhan penutup, dapat menyebabkan timbulnya alur-alur pada beberapa daerah tertentu. Penghanyutan semakin meningkat dan akhirnya terjadi gerakan tanah.

b. Gangguan Dalam

1. Hilangnya rentangan permukaan, selaput air yang terdapat diantara butiran-butiran tanah memberikan tegangan tarik yang tidak kecil. Sebaliknya jika air merupakan lapisan tebal, maka akibatnya berlawanan. Karena itu makin banyak air masuk ke dalam tanah, kuat gesernya makin berkurang.
2. Naiknya bobot massa batuan, masuknya air ke dalam tanah menyebabkan terisinya rongga-rongga diantara butir yang membentuk batuan. Ini menyebabkan perpindahan pusat beratnya. Jika massa seluruhnya sudah jenuh air, pusat beratnya pulih kembali.
3. Pelindihan bahan perekat, air mampu melarutkan bahan pengikat butir-butir yang membentuk batuan sedimen. Misalnya perekat dalam batu pasir dilarutkan air sehingga ikatannya lenyap, maka keseimbangan terganggu.
4. Naiknya muka hidrostatika, muka ini dapat naik karena rembesan air yang masuk pada sela-sela antar butir-butir tanah. Tekanan air rongga naik dan kekuatan gesernya turun, sehingga lereng mudah runtuh
5. Pengembangan tanah, terjadi akibat rembesan air yang dapat menimbulkan longSORAN

2.9 Daerah Rawan Longsor

Suatu daerah dikatakan rawan longsor, jika ikatan antar lapisan tanahnya melemah, sehingga mengalami gangguan kestabilan akibat pori-pori tanah terisi oleh air karena curah hujan yang tinggi. Faktor penyebab terjadinya longsor dapat berupa faktor pengontrol dan faktor pemicu longsor. Faktor pengontrol dapat berupa kemiringan lereng, kondisi dan penyusun tanah atau batuan, dan keadaan titik air tanah. Sedangkan faktor pemicu dapat berupa peningkatan kandungan air akibat rembesan air hujan, adanya sumber air pada kaki lereng, getaran atau gempa, pemotongan kaki lereng, dan tata guna lahan yang menyalahi aturan.

Lapisan tanah yang berpotensi sebagai pemicu longsor dicirikan dengan kondisi tanah yang lapuk, lembek, lekat, dan jenuh air. Sifat tanah seperti ini terdapat pada tanah lempung. Berdasarkan tabel (2.1), ditunjukkan bahwa harga resistivitas untuk tanah lempung sangat rendah, karena daya serap lempung terhadap air sangat tinggi, sehingga kandungan air dalam lempung sangat tinggi dengan kadar air 45 % (Roy, 1984). Sedangkan harga resistivitas lanauan pasir dan batuan dasar lebih besar, karena kandungan airnya rendah, sehingga bersifat lebih kompak, lebih stabil dan kemungkinan untuk terjadinya longsor sangat kecil.

Berdasarkan analisa ini, maka tabel (2.1) tentang harga resistivitas jenis tanah dan batuan dapat digunakan sebagai indikator pada penelitian lingkungan daerah rawan longsor. Hal ini didukung dengan hasil pengeboran dari bawah tanah daerah rawan longsor di desa Kemuninglor, oleh tim penelitian dari Institut Teknologi Surabaya (ITS) yang menunjukkan struktur tanah yang sama, yaitu tanah lempung, lempung lanauan, lanauan pasir, dan adanya lapisan lempung yang kedap air (Balitbangda, 2003). Lapisan kedap air ini merupakan lapisan pemicu adanya longsor, karena dapat memberikan tahanan air pori yang cukup besar, sehingga dapat merenggangkan ikatan antar butiran tanah yang dapat menyebabkan naiknya muka air tanah. Menurut Prayogo, S. (2003), dalam penelitiannya tentang pendistribusian tahanan jenis tanah bawah permukaan daerah rawan longsor di desa Lumbang Rejo, Pasuruan, menunjukkan struktur tanah daerah penelitian sama dengan tabel (2.1).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

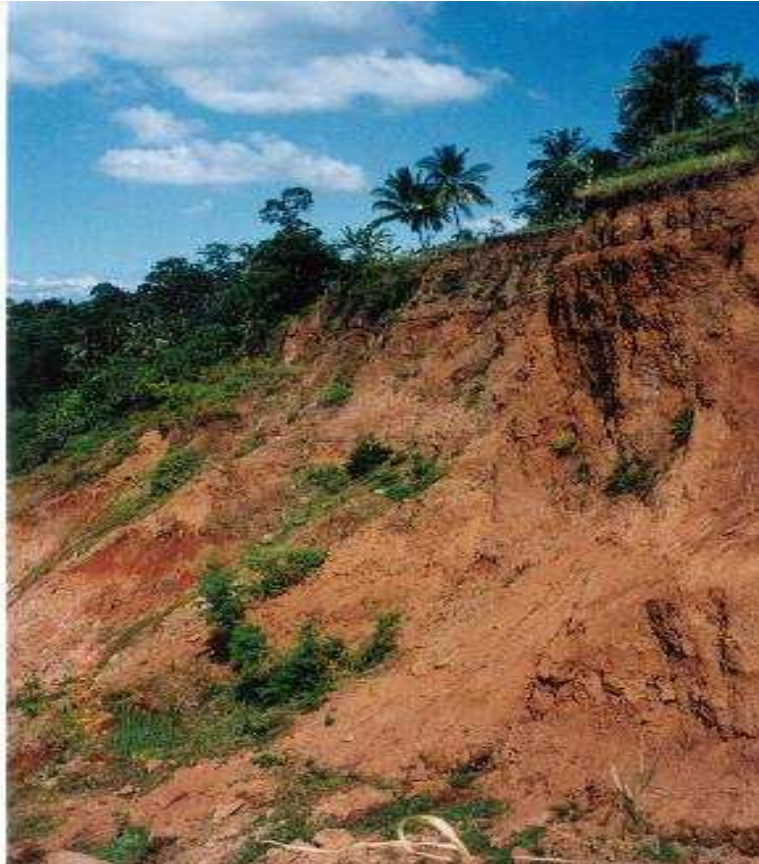
Penelitian ini dilaksanakan di daerah rawan longsor yang terletak di dusun Darungan, desa Kemuninglor, kecamatan Arjasa, kabupaten Jember. Desa ini terletak di sebelah utara Kecamatan Arjasa dengan ketinggian 500 m di atas permukaan air laut dengan curah hujan rata-rata tiap tahunnya mencapai 1000 – 1500 mm. Alasan dari pemilihan tempat tersebut adalah:

1. Keadaan geografis dusun Darungan berupa dataran tinggi dengan lereng dan tanah miring yang bertebing, serta merupakan daerah yang paling rawan diantara daerah-daerah lain yang ada di desa Kemuninglor.
2. Tanah (hutan) gundul.
3. Desa Kemuninglor khususnya di dusun Darungan terancam rawan longsor.
4. Dimungkinkan masih akan terjadi longsor berikutnya, jika ditinjau dari kondisi dan kestabilan tanahnya.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 14 - 15 April 2006. Alasan pemilihan waktu tersebut adalah pada bulan April sudah terjadi pergantian musim penghujan menjadi musim kemarau. Sedangkan tanah longsor biasanya terjadi pada musim penghujan, sehingga pelaksanaan penelitian harus dilaksanakan pada musim penghujan dengan tujuan untuk mengetahui gambaran struktur lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada saat kondisi tanah jenuh air, sehingga dapat diprediksi faktor apa saja yang dapat mendorong dan memicu suatu tanah untuk longsor.

Salah satu bagian lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar (3.1).



Gambar 3.1 Daerah rawan bencana longsor di dusun Darungan desa Kemuninglor.

3.2 Definisi Operasional

Untuk menghindari terjadinya penafsiran-penafsiran yang salah terhadap variabel-variabel yang terkandung dalam penelitian ini, perlu adanya pengertian dari variabel-variabel tersebut, yaitu:

1. Struktur tanah

Merupakan kombinasi atau susunan partikel-partikel tanah dalam golongan dan agregat atau bongkahan sebagai indikator untuk menggambarkan struktur tanah daerah rawan longsor dengan menggunakan nilai resistivitas atau tahanan jenis.

2. Daerah rawan longsor

Merupakan suatu daerah yang ikatan antar lapisan tanahnya melemah, sehingga mengalami gangguan kestabilan akibat pori-pori tanah terisi oleh air karena curah hujan yang tinggi dan kenaikan muka air tanah. Daerah rawan longsor yang dipilih dalam penelitian ini adalah dusun Darungan desa Kemuninglor karena telah mengalami dua kali longsor dan kemungkinan besar masih akan terjadi longsor berikutnya, jika ditinjau dari keadaan geografis dan kestabilan tanahnya.

3. Kelistrikan lapisan bawah permukaan.

Merupakan sifat resistivitas (ρ) dari pengukuran arus dan beda potensial tanah atau batuan untuk mempelajari keadaan geologi di bawah permukaan bumi. Nilai ρ yang diperoleh dari penampang resistivitas dapat digunakan untuk menggambarkan struktur tanah bawah permukaan daerah rawan longsor yang didasarkan pada tetapan nilai resistivitas jenis tanah dan batuan.

4. Titik *Sounding*

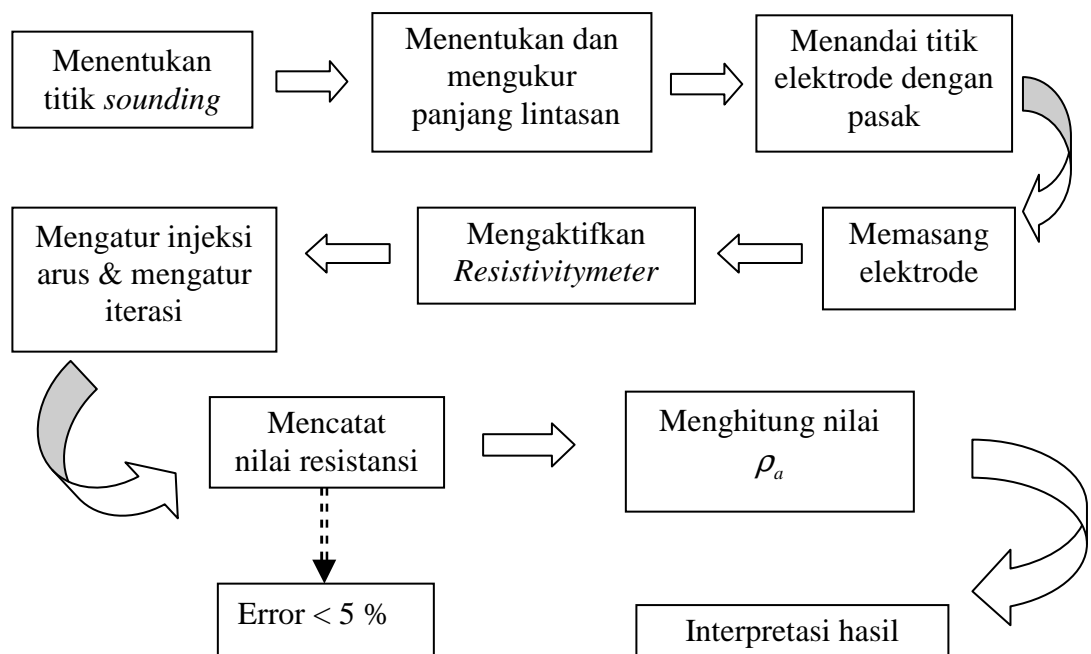
Merupakan titik tengah dari penginjeksian dua elektrode arus yang membagi dua panjang lintasan. Pada titik *sounding* ini yang akan dilihat struktur lapisan bawah permukaan secara vertikal.

5. Lapisan pemicu longsor

Merupakan lapisan tanah yang berpotensi sebagai pendorong dan pendukung terjadinya longsor. Lapisan pemicu longsor timbul karena kondisi tanah yang tidak stabil dan melapuk akibat terbebannya tanah oleh rembesan air hujan, adanya sumber air pada kaki lereng, getaran atau guncangan dari kendaraan bermotor, tata guna lahan yang kurang tepat, dan kadar mineral atau struktur kimia dalam tanah. Pada penelitian ini tidak meneliti struktur kimia dalam tanah atau batuan, sehingga faktor ini dapat diabaikan.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi lapangan, yaitu menggambarkan struktur lapisan bawah permukaan bumi untuk mengetahui tingkat kerawanan dari titik-titik *sounding* pada daerah rawan bencana longsor di desa Kemuninglor. Adapun prosedur penelitiannya sebagaimana ditunjukkan pada gambar (3.2).



Gambar 3.2 Prosedur penelitian.

3.4 Data dan Sumber Data

3.4.1 Data

Data dalam penelitian ini merupakan data primer, yaitu data yang diperoleh secara langsung dari obyek penelitian. Data tersebut berupa nilai spasi elektrode yang terdiri dari $\frac{MN}{2}$ dan $\frac{AB}{2}$, faktor geometri (K), dan resistansi (R).

Untuk mendukung data di atas, maka akan dilakukan pengambilan data dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Data yang didapatkan dari GPS berupa titik koordinat yaitu garis bujur dan garis lintang.

3.4.2 Sumber Data

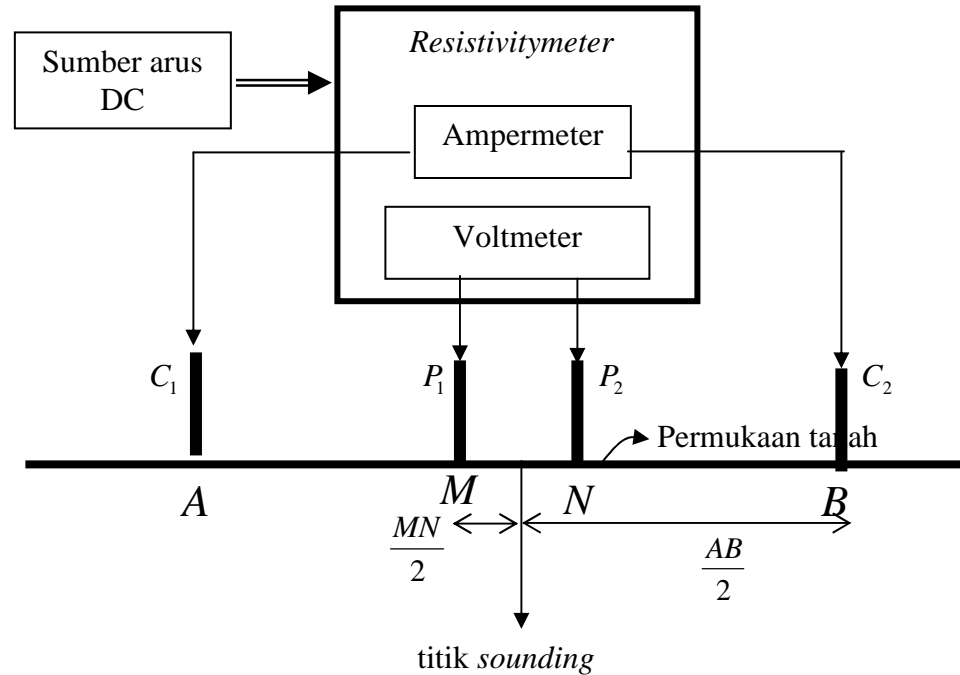
Sumber data dalam penelitian berasal dari penginjeksian arus listrik di permukaan bumi, sehingga diperoleh harga resistansi tanah (R). Data yang diharapkan adalah resistivitas semu (ρ_a) lapisan bawah permukaan daerah rawan bencana longsor di dusun Darungan desa Kemuninglor.

3.5 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sumber arus DC
2. *Resistivitymeter*
3. 2 buah elektrode arus
4. 2 buah elektrode potensial
5. 4 gulung kabel penghubung
6. meteran
7. palu dan pasak kayu
8. GPS (*Global Positioning System*)

Desain alat dalam penelitian ini adalah:



Gambar 3.3 Konfigurasi sistem kerja alat *Resistivitymeter*.

Arus searah dari sumber DC dialirkan ke *resistivitymeter* untuk diubah menjadi arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi rendah, kemudian diinjeksikan di permukaan bumi melalui dua elektrode arus (C_1 dan C_2) dan dua elektrode potensial (P_1 dan P_2). Meskipun dilakukan penginjeksian arus dan beda potensial, pada alat *resistivitymeter* ini tidak menampilkan nilai arus (I) dan beda potensial (V), tetapi hasil yang ditampilkan dalam *resistivitymeter* langsung berupa harga resistansinya (R).

3.6 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan teknik sampling, yaitu mengambil beberapa daerah lokasi penelitian yang dijadikan sebagai sampel. Sampel yang dimaksud disini adalah titik *sounding*. Pengambilan titik *sounding* didasarkan pada

kondisi lokasi penelitian yang pernah longsor dan diperkirakan rawan longsor, serta berpotensi sebagai pemicu longsor. Dari beberapa titik *sounding* yang diambil diharapkan dapat mewakili seluruh daerah lokasi penelitian. Setelah menentukan titik *sounding*, selanjutnya ditentukan dan diukur panjang lintasan. Panjang lintasan didasarkan pada target kedalaman yang ingin dicapai, yaitu 70 m. Sehingga panjang lintasan minimal 140 m.

Langkah-langkah pengambilan data dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan titik *sounding*.
2. Menentukan dan mengukur panjang lintasan berdasarkan keadaan geografis di lapangan.
3. Mengukur spasi elektrode dan menandai dengan pasak. Pengukuran ini disesuaikan dengan aturan konfigurasi Schlumberger *sounding*, sehingga jarak spasi antar elektrode berubah-ubah.
4. Memasang keempat elektrode yaitu elektrode arus dan elektrode potensial pada titik-titik yang sudah ditandai dengan pasak.
5. Menghubungkan keempat elektrode tersebut dengan *resistivitymeter*.
6. Mengaktifkan *resistivitymeter*, kemudian menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah..
7. Mencatat nilai resistansi (R) dengan *error* yang terbaca dalam *resistivitymeter* < 5 %
8. Menghitung nilai resistivitas semu (ρ_a).
9. Melakukan pengukuran seperti langkah 1 sampai 8 pada titik *sounding* ke-2 sampai ke-10.

3.7 Teknik Penyajian dan Analisa Data

Dari data hasil pengukuran yaitu R dan K kemudian dilakukan perhitungan dengan *software* Exel untuk menentukan nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*) (ρ_a) dengan menggunakan persamaan (2.56):

$$\rho_a = \pi \left(\frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \frac{(MN)^2}{4}}{MN} \right) R$$

Setelah itu dibuat grafik hubungan antara harga ρ_a dengan kedalaman efektifnya $\left(\frac{AB}{2}\right)$.

Nilai resistivitas semu dari hasil perhitungan diolah dengan menggunakan *software* IPI2WIN untuk inversi dua dimensi. Dari inversi (2-D) tersebut diperoleh penampang resistivitas dari berbagai titik *sounding* yang menggambarkan inversi harga distribusi resistivitas lapisan bawah permukaan. Penampang resistivitas ditampilkan dalam bentuk citra warna yang berbeda dan disertai dengan kedalaman lapisan tanah yang diteliti, dengan warna tertentu menunjukkan harga resistivitas yang tertentu pula. Harga resistivitas yang diperoleh adalah resistivitas *real* dari lapisan tanah tersebut. Adanya warna-warna yang berbeda pada citra bawah permukaan dapat digunakan untuk menggambarkan struktur lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor yang didasarkan pada harga resistivitas dari jenis tanah dan batuan dari tabel (2.1) dan didasarkan pada hasil pengeboran bawah tanah daerah penelitian oleh tim penelitian dari Institut Teknologi Surabaya (ITS), yang menunjukkan bahwa jenis tanah di daerah penelitian berupa lempung, lempung lanauan, lanau berpasir, dan lapisan lempung yang kendap air.

Interpretasi terhadap tingkat kerawanan dari titik-titik *sounding* didasarkan pada keadaan struktur lapisan bawah permukaan. Lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor menunjukkan adanya ketidakseragaman atau anomali yang ditunjukkan dengan harga resistivitas yang jauh berbeda dengan lapisan yang lainnya dari suatu struktur lapisan bawah permukaan atau dalam satu titik *sounding* (Prayogo, 2003: 46). Nilai resistivitas biasanya sangat rendah atau sangat tinggi. Dikarenakan obyek dalam penelitian ini adalah daerah rawan longsor, maka anomali ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang sangat rendah, dalam artian kandungan air dalam

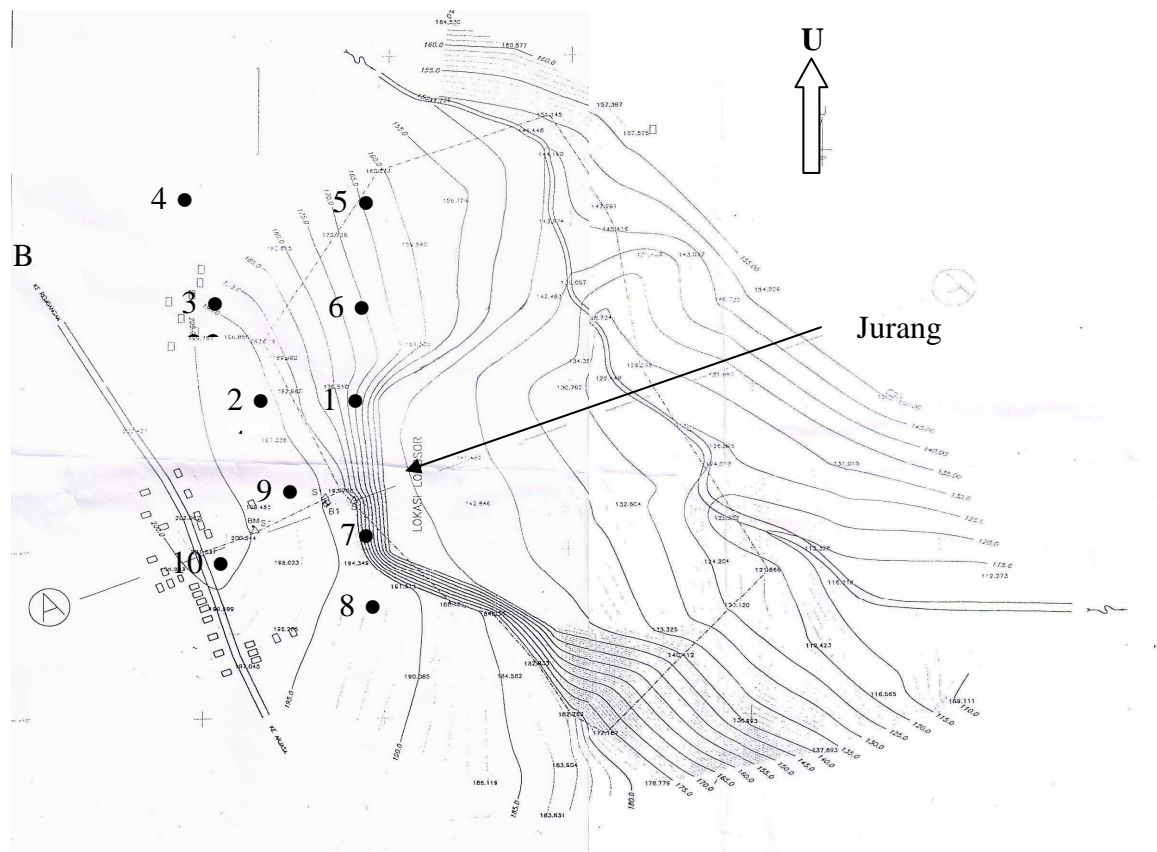
lapisan tersebut sangat tinggi, sehingga diperkirakan pada posisi tersebut mempunyai potensi sebagai pemicu longsor. Apabila pada lapisan bawah permukaan hasil pencitraan dari suatu titik *sounding* lebih didominasi oleh satu atau dua lapisan yang lebih tebal dengan harga resistivitas yang lebih tinggi, maka kondisi tanah tersebut lebih stabil, sehingga kemungkinan untuk terjadinya longsor sangat kecil. Namun apabila lapisan yang mendominasi harga resistivitasnya sangat kecil, maka lapisan tersebut merupakan pemicu longsor, sehingga kemungkinan untuk longsor sangat tinggi.

Jika dari semua titik *sounding* menunjukkan adanya lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor, maka tingkat kerawanan, ditentukan berdasarkan adanya anomali yang paling mencolok. Selain itu, untuk melihat lebih jelas perbedaan-perbedaan dari masing-masing titik *sounding* dilakukan penggabungan dari beberapa titik *sounding* yang letaknya segaris atau dalam satu lintasan.

BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Peta Lokasi Penelitian



Keterangan: A : jalan menuju lokasi penelitian
 B : jalan raya
 ● : letak titik *sounding*

Gambar 4.1 Peta lokasi daerah rawan longsor.

Pada bab 3 telah dijelaskan beberapa daerah lokasi penelitian yang dinamakan titik *sounding*. Penentuan titik *sounding* berdasarkan pada kondisi geografis lokasi penelitian yang diperkirakan rawan longsor dan mempunyai potensi sebagai pemicu adanya longsor. Untuk lebih jelasnya pada gambar (4.1) ditunjukkan peta lokasi penelitian yang menggambarkan letak dari titik-titik *sounding* daerah penelitian. Dalam penelitian ini diambil 10 titik *sounding*. Arah dan panjang lintasan ditentukan setelah penentuan titik *sounding*. Letak atau posisi titik-titik *sounding* dan panjang lintasan ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Letak titik *sounding* daerah penelitian

Titik Sounding	Lintang Selatan	Bujur Timur	Panjang Lintasan
1	8, 10742 ⁰	113, 70877 ⁰	140 m
2	8, 10743 ⁰	113, 70864 ⁰	200 m
3	8, 10722 ⁰	113, 70857 ⁰	200 m
4	8, 10714 ⁰	113, 70845 ⁰	180 m
5	8, 10702 ⁰	113, 70858 ⁰	180 m
6	8, 10719 ⁰	113, 70861 ⁰	200 m
7	8, 10769 ⁰	113, 70882 ⁰	200 m
8	8, 10733 ⁰	113, 70907 ⁰	200 m
9	8, 10762 ⁰	113, 70864 ⁰	180 m
10	8, 10792 ⁰	113, 70810 ⁰	200 m

Berikut akan dijelaskan karakteristik pemilihan lokasi dari sepuluh titik *sounding*. Panjang lintasan dari masing-masing titik *sounding* tidak simetris karena beberapa kendala, diantaranya adalah keadaan tanahnya tidak rata dan lokasi penelitian sulit dijangkau. Dalam penelitian ini ditentukan target area *sounding* adalah 70 m untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan secara vertikal pada area di sekitar titik *sounding*, sehingga panjang lintasan yang harus di ukur minimal 140 m, dengan 70 m ke kanan titik *sounding* dan 70 m ke kiri titik *sounding*. Sedangkan jarak antar titik *sounding* adalah 20 m, dengan tujuan untuk mengetahui gambaran struktur lapisan bawah permukaan secara horisontal. Jika jaraknya terlalu jauh, maka sulit dalam penggambarannya, jika terlalu dekat, maka harus memperbanyak jumlah

titik *sounding* karena daerah penelitian cukup luas, sehingga membutuhkan waktu yang lama. Tetapi jarak antara titik *sounding* 1 dan titik *sounding* 7 adalah 40 m karena kondisi yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengukuran. Alasan pemilihan titik *sounding* 1, karena pada lokasi tersebut merupakan satu-satunya tepi tebing yang terdapat pepohonan yaitu buah duku. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan kondisi bawah permukaan antara lokasi tepi tebing yang ditumbuhi tanaman dan yang tidak ditumbuhi tanaman. Pemilihan titik *sounding* 2 dimaksudkan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan lokasi yang berjauhan dengan tebing, apakah ada lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor atau tidak. Alasan pemilihan lokasi pada titik *sounding* 3 dimaksudkan untuk membandingkan hasil interpretasi dengan titik *sounding* 2, apakah ada perbedaan struktur lapisan untuk daerah yang sama pada letak titik yang berbeda namun masih dalam satu lingkup, yaitu tanah tegalan. Titik *sounding* 4 diambil pada lokasi persawahan, dimaksudkan untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan pada tanah persawahan yang sedang ditanami padi. Alasan pemilihan titik *sounding* 5 adalah pada lokasi ini merupakan ujung tebing bagian utara dan terdapat jalan untuk turun ke arah jurang. Lokasi titik *sounding* 6 dipilih karena pada lokasi ini merupakan lokasi bekas longsor yang terjadi pada bulan Januari tahun 2006 yang lalu. Pada bagian lereng masih banyak terdapat bongkahan-bongkahan tanah dan batuan bekas longsor. Pemilihan lokasi pada titik *sounding* 7 karena pada lokasi ini terdapat sumber air pada kedalaman ± 30 m, disamping itu pada lokasi ini pernah terjadi longsor pada tahun 2002. Begitu juga untuk titik *sounding* 8, pada lokasi ini terdapat sumber air pada kedalaman ± 50 m, tetapi hanya menunjukkan adanya bekas longsor kecil. Posisi titik *sounding* 9 diambil ± 25 m ke arah barat dari tebing yang menunjukkan adanya retakan-retakan yang menandakan akan terjadinya longsor. Pemilihan lokasi berjauhan dengan tebing yang menunjukkan adanya kerawanan dimaksudkan untuk mengetahui apakah pada jarak 25 m tersebut masih terdapat lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor. Selain itu pada tahun 2003 di dekat titik ini pernah dilakukan pengeboran untuk uji laboratorium oleh team penelitian dari

ITS. Data bor menunjukkan adanya anomali yang tinggi pada lokasi ini. Titik *sounding* 10 dipilih di tepi jalan raya, karena disamping pada lokasi ini terdapat sungai, dimaksudkan untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan, karena lalu-lalang kendaraan bermotor secara tidak langsung akan memberikan guncangan yang dapat mempengaruhi kondisi bawah permukaan dan dapat memicu terjadinya longsor.

4.1.2 Data Hasil Penelitian

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran ditunjukkan pada lampiran A, sedangkan data yang diperlukan untuk inversi harga resistivitas dibuat dalam *software* IPI2WIN sebagaimana ditunjukkan pada lampiran B.

4.2 Analisa Data

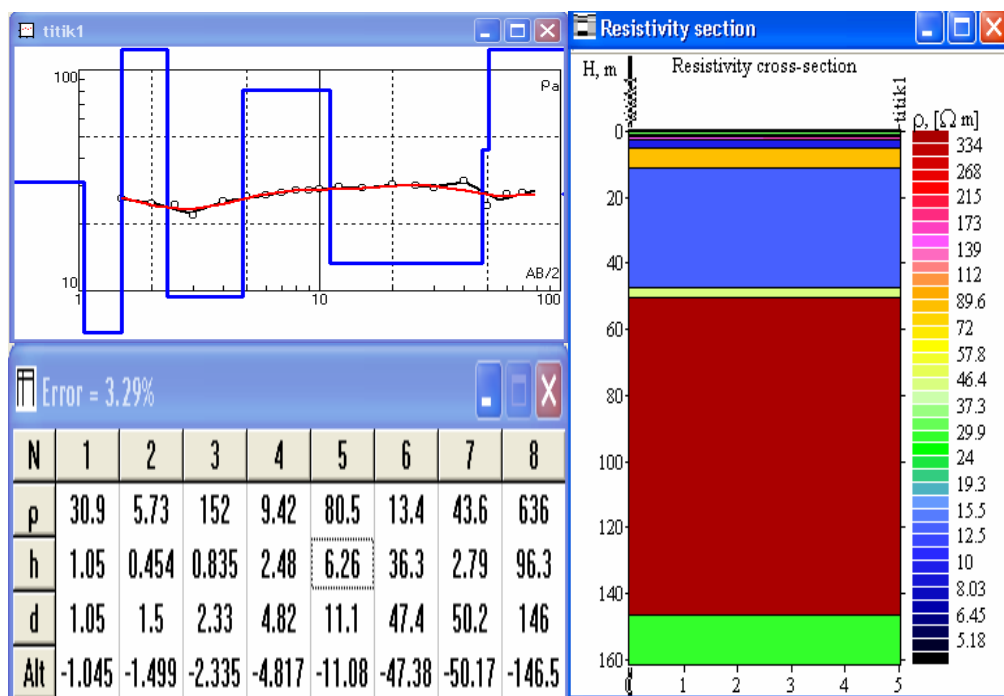
Data hasil pengukuran dan perhitungan yang diperoleh dibuat inversi 2-D dalam *software* IPI2WIN untuk mengetahui penampang resistivitas yang menunjukkan distribusi harga resistivitas sebenarnya pada lapisan bawah permukaan. Hasil yang diperoleh dari pengolahan dengan *software* IPI2WIN adalah grafik hubungan antara resistivitas semu (ρ_a) dengan kedalaman efektifnya ($\frac{AB}{2}$). Pada grafik tersebut ditunjukkan jumlah lapisan tanah yang terdeteksi sebagaimana digambarkan dengan kurva biru, sedangkan garis merah menunjukkan kurva yang terbaur dengan *noise* dan garis hitam menunjukkan kurva yang bersih dari *noise*. Selain grafik, juga diperoleh citra warna yang menggambarkan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan dari 10 titik *sounding*. Pada citra warna tersebut diperoleh informasi tentang jumlah lapisan, kedalaman dan ketebalan masing-masing lapisan, serta harga resistivitas dari masing-masing lapisan tanah atau batuan yang ditunjukkan dengan citra warna yang berbeda. Penamaan lapisan tanah didasarkan pada harga resistivitas tanah dan batuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel (2.1) dan didasarkan pada hasil pengeboran bawah tanah daerah penelitian oleh tim

penelitian dari Institut Teknologi Surabaya (ITS), yang menunjukkan bahwa jenis tanah di daerah penelitian berupa lempung, lempung lanauan, lanau berpasir, dan lapisan lempung yang kempas. Hasil pencitraan penampang resistivitas dari titik-titik *sounding* ditunjukkan pada gambar (4.2) sampai gambar (4.11).

Hubungan antara nilai resistivitas nyata (ρ), ketebalan lapisan (h), kedalaman (d), serta harga *error*-nya sebagaimana ditunjukkan dalam tabel pada gambar (4.2) – gambar (4.11). Prosentase kesalahan antara nilai resistivitas semu yang didapatkan melalui perhitungan dengan resistivitas lapisan bawah permukaan yang sebenarnya disebut *RMS error*. Besarnya prosentase kesalahan ditunjukkan pada sudut kiri atas tabel.

4.3 Inversi Hasil Penelitian

4.3.1 Titik *Sounding* 1



Gambar 4.2 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 1.

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada titik *sounding* ini didapat nilai resistivitas semu antara 11,74 – 30,29 Ω m. Setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 5,18 – 334 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh 3,29 % sebagaimana ditunjukkan pada gambar (4.2). Berdasarkan gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa, jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 1 yang ditentukan berdasarkan nilai resistivitasnya ditunjukkan pada tabel 4.2.

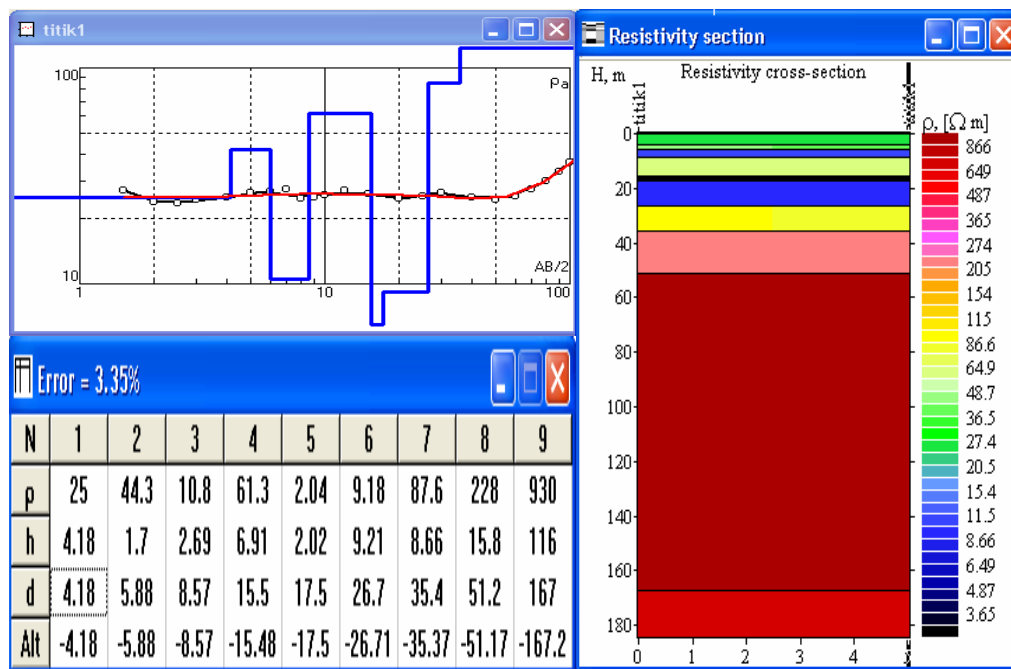
Tabel 4.2 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 1

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
30,9	0 - 1,05	Tanah lanauan pasiran
5,73	1,05 - 1,5	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
152	1,5 - 2,33	Batuan dasar berkekar berisi tanah lembab
9,42	2,33 - 8,42	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
80,5	8,42 - 11,1	Tanah lanauan pasiran
13,4	11,1 - 47,4	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
43,6	47,4 - 50,2	Tanah lanauan pasiran
636	50,2 – 146	Batuan dasar beisi tanah kering

Pada tabel 4.2 ditunjukkan struktur lapisan bawah permukaan dengan kedalaman dan harga resistivitasnya. Lapisan tipis dengan harga resistivitas rendah 5,73 Ω m terdapat pada kedalaman 1,05 - 1,5 m. Selain itu juga ditunjukkan pada kedalaman 2,33 – 8,42 m dengan harga tahanan jenis 9,42 Ω m dan pada kedalaman 11,1 – 47,4 m dengan nilai resistivitas 13,4 Ω m. Jenis tanahnya berupa lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek. Sifat tanah ini lebih halus, lekat dan daya serap terhadap air tinggi karena daya ikat antar partikelnya lebih kuat dibanding dengan lapisan lanauan pasiran dan batuan dasar, sehingga diindikasikan kandungan air pada lapisan ini tinggi dan dimungkinkan pada lapisan ini berpotensi sebagai pemicu adanya longsor. Pada kedalaman 50 - 146 m lebih didominasi oleh batuan

dasar berisi tanah kering. Sifat tanah ini lebih stabil daripada lapisan yang lainnya dan lebih kompak dibanding lanauan pasiran serta mempunyai pori-porinya kecil sehingga air sulit untuk meresap ke dalam batuan, sehingga kandungan airnya rendah.

4.3.2 Titik Sounding 2



Gambar 4.3 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 2.

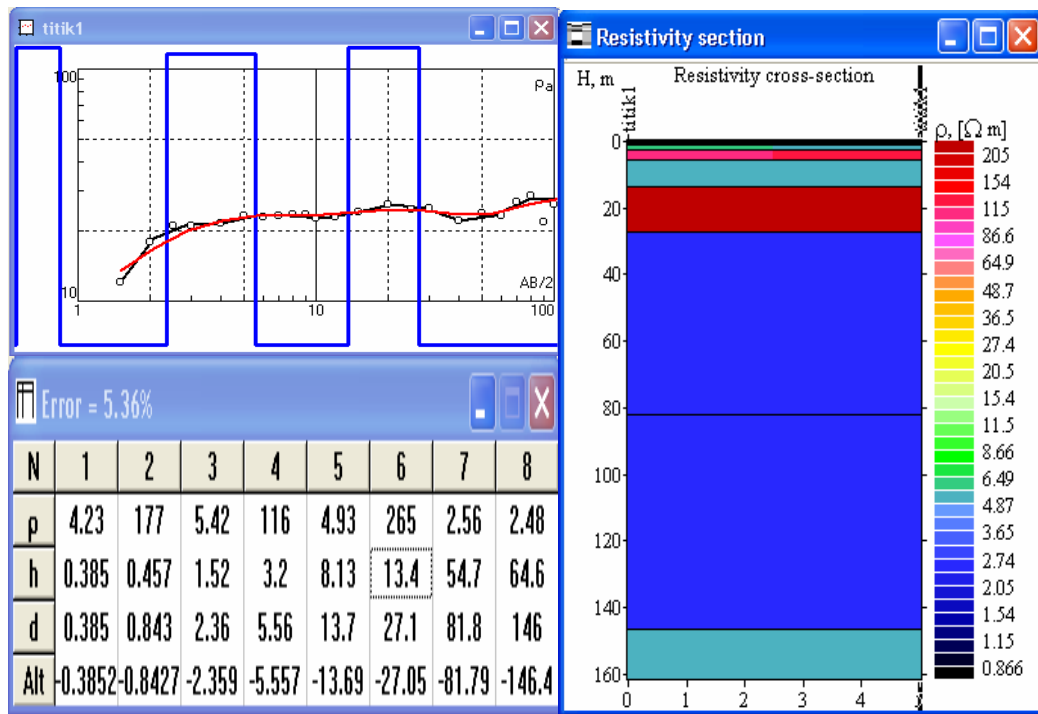
Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada titik *sounding* ini didapat nilai resistivitas semu antara 23,54 – 27,39 Ω m. Setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 3,65 – 866 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 3,35 %. Berdasarkan gambar (4.3) dapat dijelaskan bahwa, jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 2 sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 2

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
25 – 44,3	0 – 5,88	Tanah lanauan pasiran
10,8	5,88 - 8,57	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
61,3	8,57 - 15,5	Tanah lanauan pasiran
2,04	15,5 - 17,5	Tanah lempungan basah lembek
9,18	17,5 - 26,7	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
87,6	26,7 - 35,4	Tanah lanauan pasiran
228	35,4 - 51,2	Batuan dasar berkekar beisi tanah lembab
930	51,2 – 167	Batuan dasar beisi tanah kering

Berdasarkan tabel 4.3 dapat ditunjukkan bahwa, terdapat lapisan dengan harga resistivitas yang rendah pada kedalaman 5,88 - 8,57 m dengan nilai resistivitas 10,8 Ω m dan pada kedalaman 15,5 – 26,7 m dengan nilai resistivitas 2,04 – 9,18 Ω m. Struktur tanah berupa tanah lempungan basah lembek, lempung lanauan, dan tanah lanauan basah lembek. Butiran tanah pada lapisan ini sangat halus dan lekat, serta memiliki ruang pori yang kecil, tetapi kondisi tanahnya jenuh air karena daya ikat antar partikelnya lebih kuat dan daya serap terhadap air tinggi. Sehingga dapat diindikasikan bahwa kandungan air pada lapisan ini tinggi dan dimungkinkan pada lapisan ini berpotensi sebagai pemicu adanya longsor. Kondisi bawah permukaan pada kedalaman 51,2 – 167 m lebih didominasi oleh batuan dasar berisi tanah kering. Sifat tanah ini lebih stabil dari pada lapisan yang lainnya dan lebih kompak dibanding lanauan pasiran dan batuan dasar berkekar beisi tanah lembab serta mempunyai pori-porinya kecil sehingga air sulit untuk meresap ke dalam batuan, sehingga kandungan airnya rendah.

4.3.3 Titik Sounding 3



Gambar 4.4 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 3.

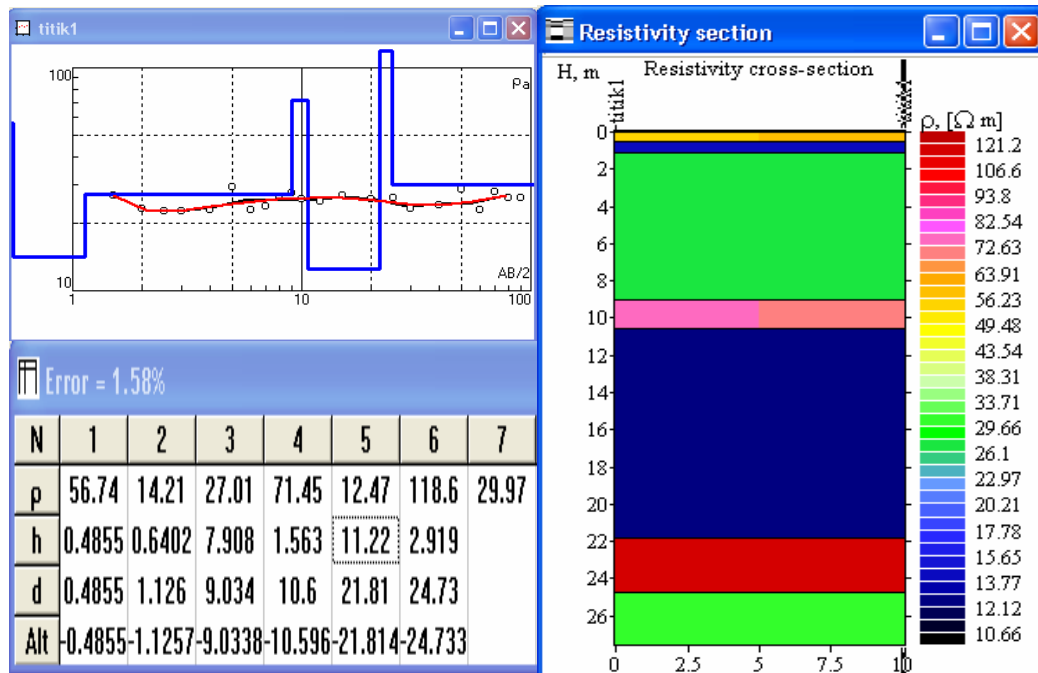
Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada titik *sounding* ini didapat nilai resistivitas semu antara 12,04 – 26,81 Ω m. Setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 0,866 – 205 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 5,36 %. Berdasarkan gambar (4.4) dapat dijelaskan bahwa, jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 3 sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Jenis tanah (batuan) lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 3

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
4,23	0 - 0,385	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
177	0,385 - 0,843	Batuan dasar berkekar berisi tanah lembab
5,42	0,843 - 2,36	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
116	2,36 - 5,56	Tanah lanauan pasiran
4,93	5,56 - 13,7	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
265	13,7 - 27,1	Batuan dasar berkekar berisi tanah lembab
2,48	27,1 - 146	Tanah lempungan basah lembek

Pada tabel 4.4 ditunjukkan bahwa, jenis tanah untuk beberapa lapisan menunjukkan adanya kesamaan, yaitu lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek, serta batuan dasar berkekar berisi tanah lembab. Pada kedalaman 27,1 – 146 m menunjukkan harga resistivitas yang rendah yaitu 2,48 Ω m dengan berupa tanah lempungan basah lembek. Pada lapisan ini menunjukkan adanya anomali dari struktur lapisan bawah permukaan, sehingga dimungkinkan pada kedalaman ini merupakan lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor. Adanya lapisan yang sangat mencolok dengan ukuran yang sangat tebal dimungkinkan pada titik *sounding* ini rawan untuk terjadinya longsor. Selain itu didukung oleh lapisan di atasnya yang sangat bervariasi yaitu dengan harga resistivitas yang kecil kemudian besar, kecil dan besar lagi. Berdasarkan gambaran dari harga resistivitas dapat dijelaskan bahwa, jika terdapat suatu lapisan yang kompak dan stabil, namun di bawahnya terdapat lapisan yang jenuh air, maka akan memicu untuk terjadinya longsor.

4.3.4 Titik Sounding 4



Gambar 4.5 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 4.

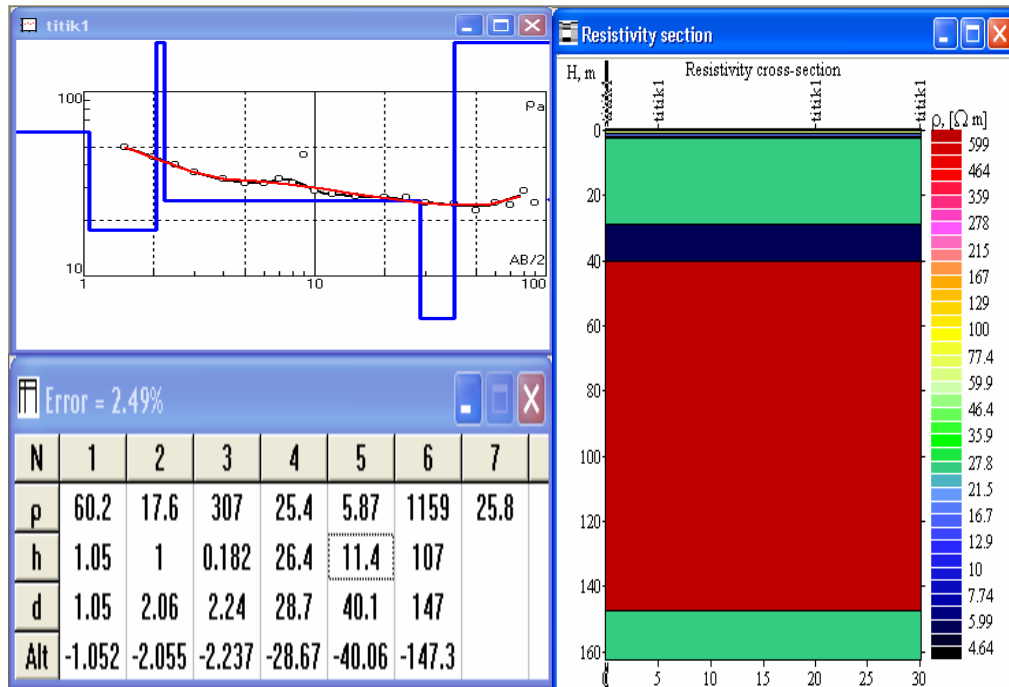
Dari hasil pengukuran didapat nilai resistivitas semu antara 22,76 – 76,90 Ω m. Setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 10,66 – 121,2 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 1,58 %. Berdasarkan gambar (4.5) dapat dijelaskan bahwa, jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 4 ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 4

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
56,74	0 – 0,49	Tanah lanauan pasiran
14,21	0,49 – 1,23	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
27,01	1,23 – 9,03	Tanah lanauan pasiran
71,45	9,03 – 10,6	Tanah lanauan pasiran
12,47	10,6 – 21,81	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
118,6	21,81 – 24,73	Tanah lanauan pasiran
29,97	24,73 - 28	Tanah lanauan pasiran

Pada tabel 4.5 ditunjukkan bahwa jenis tanah untuk beberapa lapisan menunjukkan adanya kesamaan yang didominasi oleh tanah lanauan pasiran. Lapisan dengan harga resistivitas rendah 14,21 Ω m terdapat pada kedalaman 0,49 – 1,23 m dan pada kedalaman 10,6 – 21, 8 m dengan harga resistivitas 12,47 Ω m dengan struktur tanah berupa lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek. Sehingga diindikasikan bahwa kandungan air pada titik *sounding* ini rendah karena didominasi oleh lanauan pasiran, sedangkan lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor adalah lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek pada kedalaman 10,6 – 21,8 m, sedangkan pada kedalaman 0,49 – 1,23 m kondisi tanah jenuh air karena rembesan air hujan.

4.3.5 Titik Sounding 5



Gambar 4.6 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 5.

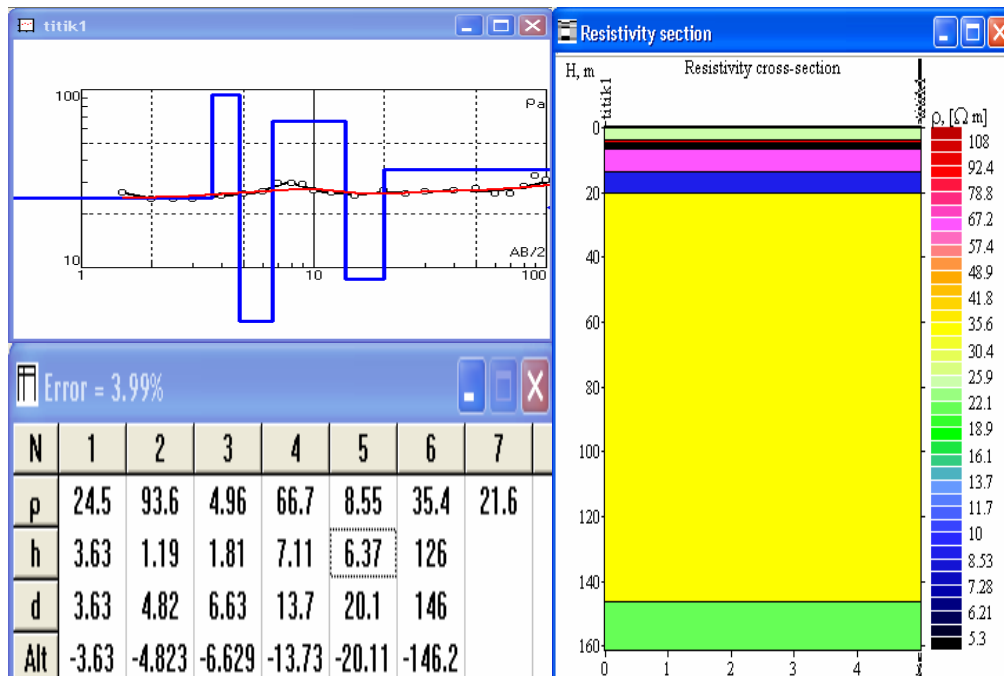
Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada titik *sounding* ini didapat nilai resistivitas semu antara 22,80 – 49,80 Ω m. Setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 4,64 – 599 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 2,49 %. Berdasarkan gambar (4.6) dapat dijelaskan bahwa, jenis tanah (batuan) lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 5 ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 5

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
17,2 - 60,2	0 – 2,06	Tanah lanauan pasiran
307	2,06 – 2,24	Batuan dasar berisi tanah kering
25,4	2,24 – 28,7	Tanah lanauan pasiran
5,87	28,7 – 40,1	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
1159	40,1 - 147	Batuan dasar berisi tanah kering
25,8	147 - 160	Tanah lanauan pasiran

Berdasarkan tabel 4.6 dapat dijelaskan bahwa pada titik *sounding* ini terdapat ketidakseragaman atau anomali, yaitu lapisan tipis dengan harga resistivitas rendah 5,87 Ω m yang terdapat pada kedalaman 28,7 – 40,1 m dengan ketebalan lapisan 11,4 m. Jenis tanahnya berupa lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek. Sehingga dapat diindikasikan bahwa kandungan air pada lapisan tipis ini tinggi dan dimungkinkan pada kedalaman ini berpotensi sebagai pemicu longsor. Pada lapisan yang lain lebih didominasi oleh tanah lanauan pasiran dan batuan dasar berisi tanah kering. Batuan ini lebih stabil, mempunyai pori-pori yang kecil, dan kapasitas menahan airnya rendah, sehingga kandungan airnya rendah.

4.3.6 Titik Sounding 6



Gambar 4.7 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 6.

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada titik *sounding* ini didapat nilai resistivitas semu antara 24,12 – 38,76 Ω m, setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 5,3 – 108 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 3,99 %. Berdasarkan gambar (4.7) dapat dijelaskan jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 6 ditunjukkan pada tabel 4.7.

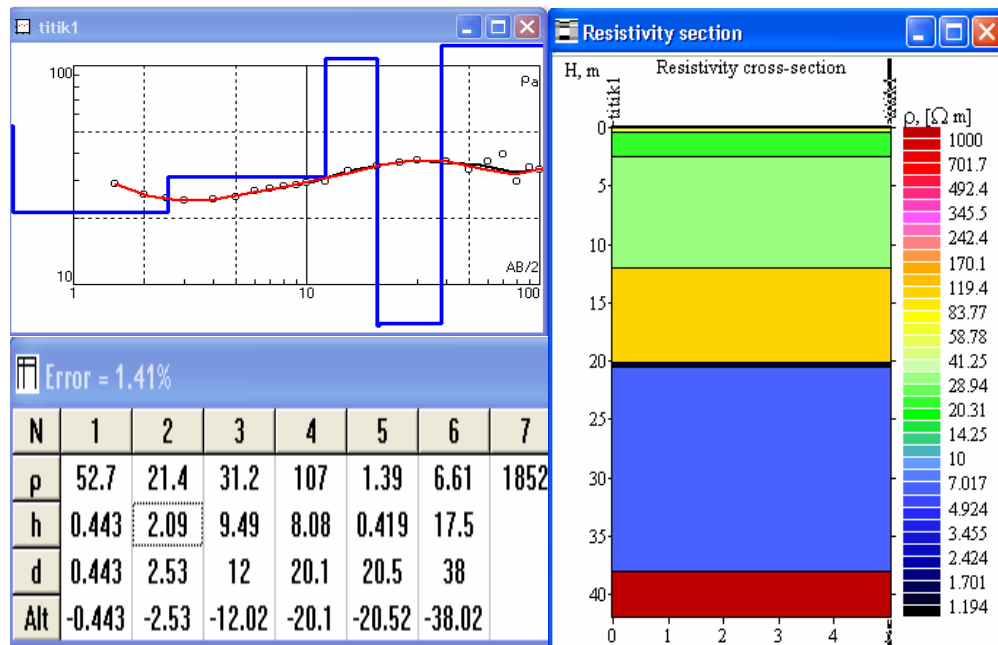
Tabel 4.7 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 6

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
24,5 – 93,6	0 – 4,82	Tanah lanauan pasiran
4,96	4,82 – 6,63	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
66,7	6,63 – 13,7	Tanah lanauan pasiran
8,55	13,7 – 20,1	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
21,6 - 35,4	20,1 – 146	Tanah lanauan pasiran

Berdasarkan tabel 4.7 dapat dijelaskan bahwa pada titik *sounding* ini menunjukkan adanya ketidakseragaman atau anomali struktur lapisan yaitu lapisan tipis dengan harga resistivitas rendah terdapat pada kedalaman 4,82 – 6,63 m dengan nilai resistivitas 4,96 Ω m dan pada kedalaman 13,7 – 20,1 m dengan nilai resistivitas 8,55 Ω m. Jenis tanah pada lapisan ini berupa lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek. Sehingga dapat diindikasikan bahwa pada kedalaman ini merupakan lapisan pemicu longsor, karena kondisi tanahnya jenuh air. Pada lapisan yang lain lebih didominasi oleh tanah lanauan pasiran. Tanah lanauan pasiran yang sangat tebal terdapat pada kedalaman 20,1 - 146 m dengan nilai resistivitas antara 21,6 – 35,4 Ω m. Sehingga dapat diindikasikan bahwa kandungan air pada titik *sounding* ini rendah karena jenis tanahnya didominasi oleh lanauan pasiran.

Kondisi geologi pada lereng di bawah titik *sounding* ini menunjukkan adanya bongkahan-bongkahan bekas longsor, akan tetapi kemungkinan untuk terjadinya longsor berikutnya kecil, meskipun pernah terjadi longsor, karena kondisi bawah permukaan yang stabil dengan struktur tanah berupa tanah lanauan pasiran. Namun bisa juga dimungkinkan masih akan terjadi longsor berikutnya karena adanya lapisan tanah yang berupa lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek. Jika hujan turun, tidak menarik kemungkinan tanah yang jenuh air ini akan terbebani oleh rembesan air hujan dan melapuk yang akhirnya dapat memicu terjadinya longsor.

4.3.7 Titik Sounding 7



Gambar 4.8 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 7.

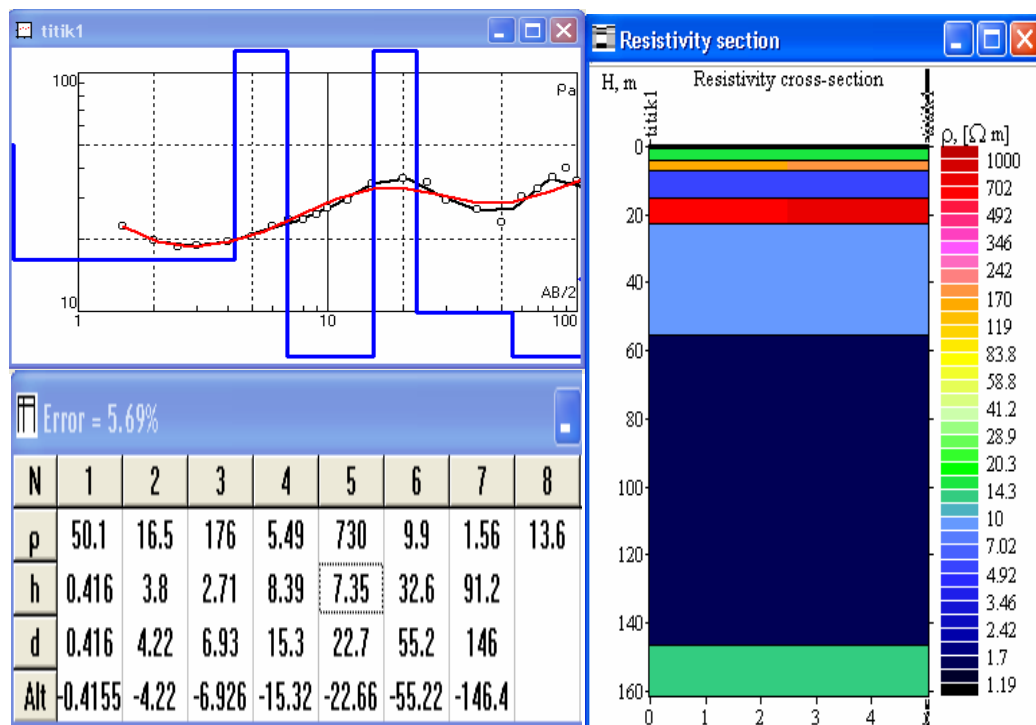
Dari hasil pengukuran didapat nilai resistivitas semu antara 24,32 – 39,35 Ω m. Setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 1,194 – 1000 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 1,41 %. Berdasarkan gambar (4.8) dapat dijelaskan bahwa jenis tanah (batuan) lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 7 ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 7

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
21,4 - 52,7	0 – 12	Tanah lanauan pasir
107	12 – 20,1	Tanah lanauan pasir
1,39	20,1 – 20,5	Tanah lempung kendap air
6,61	20,5 – 38	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
1852	38 - 40	Batuan dasar berisi tanah kering

Berdasarkan tabel 4.8 dapat dijelaskan bahwa, pada titik *sounding* ini ditunjukkan harga resistivitas rendah pada kedalaman 20,1 – 38 m, yaitu 1,39 – 6,61 Ω m. Jenis tanah pada lapisan ini berupa lempung basah dan lembek, lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek. Sesuai dengan kondisi geologi di bawah tebing pada titik *sounding* ini terdapat sumber air pada kedalaman \pm 30 m, sehingga diindikasikan pada lapisan ini berpotensi sebagai pemicu longsor yang dapat menyebabkan longsor seperti pada tahun 2003 yang lalu. Meskipun daerah ini pernah terjadi longsor, bukan berarti pada daerah ini berpotensi sebagai pemicu longsor yang tinggi, karena struktur lapisan bawah permukaan sangat stabil, yaitu batuan dasar berisi tanah kering yang mempunyai sifat sangat kompak.

4.3.8 Titik *Sounding* 8



Gambar 4.9 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 8.

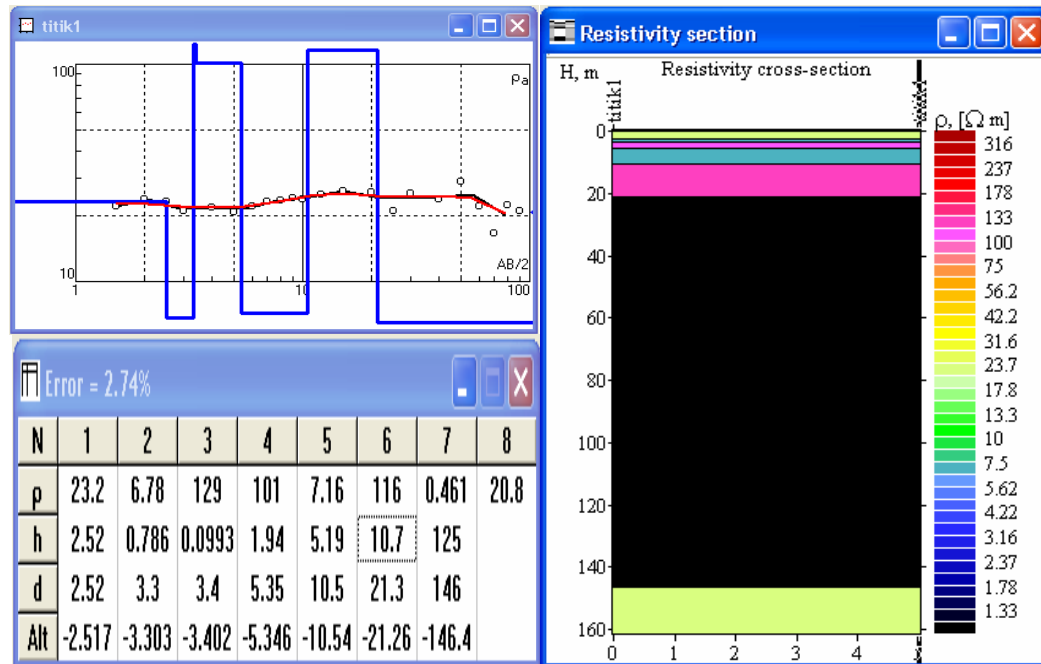
Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada titik *sounding* ini didapat nilai resistivitas semu antara 18,25 – 61,12 Ω m, setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 1,19 – 1000 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 5,69 %. Berdasarkan gambar (4.9) dapat dijelaskan bahwa, jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 8 ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 8

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
16,5 - 50,1	0 – 4,22	Tanah lanauan pasiran
176	4,22 – 6,93	Batuan dasar berkekar berisi tanah lembab
5,59	6,93 – 15,3	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
730	20,1 – 22,7	Batuan dasar berisi tanah kering
9,9	22,7 – 55,2	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
1,56	55,2 – 146	Tanah lempungan basah lembek

Berdasarkan tabel 4.9 dapat dijelaskan bahwa pada titik *sounding* ini menunjukkan adanya harga resistivitas yang sangat rendah $\pm 1,56$ Ω m yang terdapat pada kedalaman 55,2 – 146 m dengan struktur tanah berupa tanah lempungan basah lembek, selain itu juga terdapat lapisan lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek yaitu pada kedalaman 6,93 – 15,3 m dan pada kedalaman 22,7 – 55,2 m. Sehingga dapat diindikasikan bahwa kandungan air pada lapisan ini sangat tinggi dan dimungkinkan pada kedalaman ini berpotensi sebagai pemicu longsor. Sesuai dengan kondisi geologi di bawah tebing pada titik *sounding* ini terdapat sumber air pada kedalaman ± 50 m. Dikarenakan pada titik *sounding* ini didominasi oleh tanah lempungan basah lembek yang kondisi tanahnya jenuh air dan adanya sumber air pada kaki lereng, maka kemungkinan untuk terjadinya longsor sangat tinggi.

4.3.9 Titik Sounding 9



Gambar 4.10 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 9.

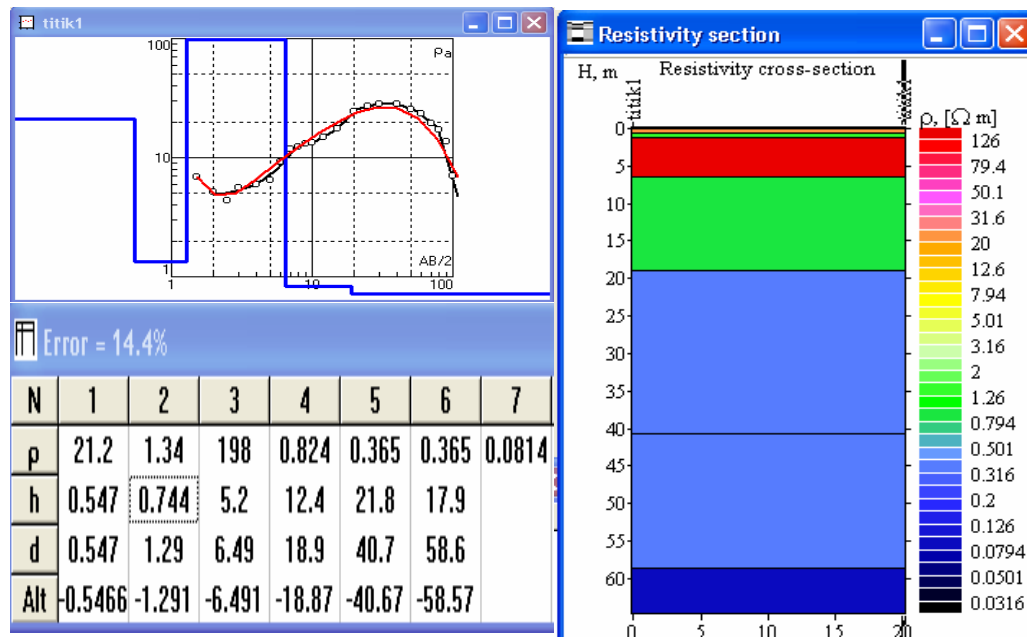
Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada titik *sounding* ini didapat nilai resistivitas semu antara 16,74 – 29,91 Ω m. Setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 0,25 – 316 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 2,74 %. Berdasarkan gambar (4.10) dapat dijelaskan bahwa, jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 9 ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 9

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
23,5	0 – 2,52	Tanah lanauan pasiran
6,28	2,52 – 3,3	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
101 - 129	3,3 – 5,35	Tanah lanauan pasiran
7,16	5,35 – 10,5	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
116	10,5 – 21,3	Tanah lanauan pasiran
0,461	21,3 – 146	Lempung kendap air
20,5	146 - 160	Tanah lanauan pasiran

Berdasarkan tabel 4.10 dapat dijelaskan bahwa pada titik *sounding* ini terdapat harga resistivitas yang sangat rendah $\pm 0,46 \Omega$ m yang terdapat pada kedalaman 21,3 – 146 m dengan struktur tanah berupa lempung kendap air. Hal ini menunjukkan bahwa keadaan bawah permukaan sangat labil. Sehingga dapat diindikasikan bahwa kandungan air pada lapisan ini sangat tinggi, kondisi tanah telah melapuk, didukung dengan lapisan di atasnya yang lebih kompak, sehingga pada kedalaman ini merupakan lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor. Sesuai dengan kondisi geologi pada tebing jurang ± 25 m ke arah timur dari titik *sounding* terdapat retakan-retakan tanah, sehingga dapat diindikasikan pada posisi ini akan terjadi longsor. Selain itu didukung oleh lapisan di atasnya yang sangat bervariasi yaitu dengan harga resistivitas yang kecil kemudian besar, kecil dan besar lagi. Perbedaan harga resistivitas yang menunjukkan adanya lapisan yang lebih kompak dan di bawahnya terdapat lapisan yang jenuh air akan mendukung untuk terjadinya longsor.

4.3.10 Titik Sounding 10



Gambar 4.11 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 10.

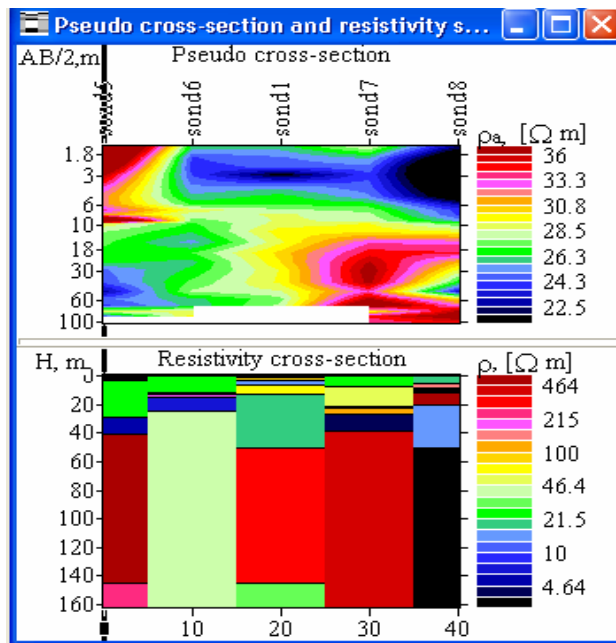
Dari hasil pengukuran didapat nilai resistivitas semu antara 4,34 – 77,83 Ω m. Setelah diolah dengan *software* IPI2WIN diperoleh rentang nilai resistivitas berkisar antara 0,0316 – 126 Ω m dengan prosentase kesalahan yang diperoleh adalah 14,4 %. Berdasarkan gambar (4.11) dapat dijelaskan bahwa, jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan longsor pada titik *sounding* 10 ditunjukkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 10

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Jenis tanah atau batuan
21,2	0 – 0,55	Tanah lanauan pasiran
1,34	0,55 – 1,29	Lempung kendap air
198	3,3 – 6,49	Batuan dasar berkekar berisi tanah lembab
0,36 – 0,82	6,49 – 58,6	Lempung kendap air

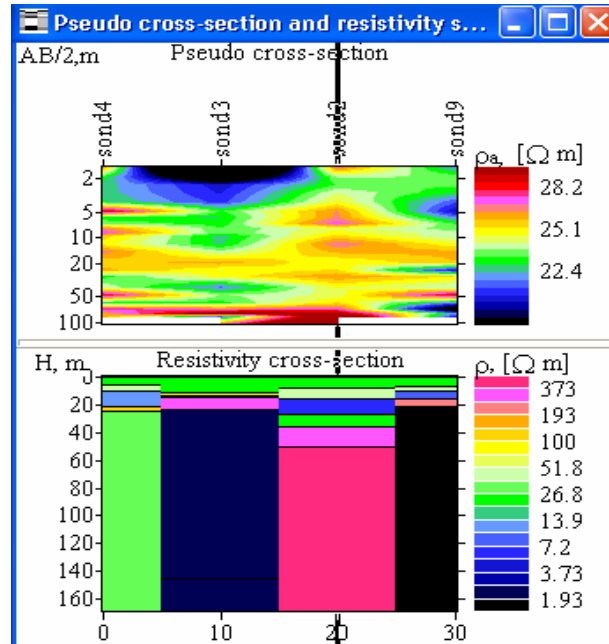
Berdasarkan tabel 4.11 dapat dijelaskan bahwa pada titik *sounding* ini terdapat harga resistivitas yang sangat rendah yaitu pada kedalaman 0,55 – 1,29 m dengan nilai resistivitas 1,34 Ω m dan pada kedalaman 6,49 – 58,6 m dengan nilai resistivitas 0,081 – 0,82 Ω dengan jenis tanah berupa lempung yang kendap air. Kondisi geologi pada daerah ini terdapat sungai dan berada di tepi jalan raya, sehingga lalu-lalang kendaraan bermotor yang melewati lokasi menyebabkan getaran atau guncangan yang akan berpengaruh terhadap kondisi bawah permukaan. Pada titik *sounding* ini dapat diindikasikan bahwa keadaan tanah sangat labil akibat rembesan air hujan, didukung dengan adanya guncangan dari kendaraan bermotor yang melewati jalan sehingga pada lapisan ini sangat berpotensi sebagai pemicu adanya longsor.

4.3.11 Gabungan dari Titik *Sounding* 5, 6, 1, 7, dan 8



Gambar 4.12 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 5, 6, 1, 7, dan 8.

4.3.12 Gabungan dari Titik *Sounding* 4, 3, 2, dan 9



Gambar 4.13 Hasil pencitraan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan pada titik *sounding* 4, 3, 2, dan 9.

Pada gambar (4.12) dan (4.13) terdapat dua buah citra warna yang berbeda yang menggambarkan penampang resistivitas lapisan bawah permukaan. Dari gambar tersebut dapat dilihat dengan jelas perbedaan hasil pencitraan antara titik-titik *sounding*, sehingga dapat ditentukan pada lapisan yang mana dan pada titik *sounding* berapa terdapat lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor. Lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor dapat dilihat dari adanya anomali yang konduktif. Citra warna bagian atas menggambarkan *contour pseudo cross-section* (resistivitas semu), sedangkan bagian bawah menggambarkan inversi dari *resistivity cross-section* (penampang resistivitas) lapisan bawah permukaan. Pada gambar (4.12) ditunjukkan harga resistivitas semu berkisar antara 21,8 – 36,7 Ω m, sedangkan hasil inversinya menunjukkan harga 1,5 – 470 Ω m. Pada gambar (4.13) ditunjukkan bahwa, harga resistivitas semu berkisar antara 20 – 29,7 Ω m, sedangkan hasil inversinya menunjukkan harga 0,45 – 414 Ω m. Skala pada sumbu ordinat bukan menunjukkan

jarak antara titik *sounding*, tetapi hanya merupakan penandaan skala pada sumbu ordinat saja.

Pada posisi $8^{\circ} 10' 70''$ LS dan $113^{\circ} 70' 86''$ BT sampai $8^{\circ} 10' 73''$ LS dan $113^{\circ} 70' 90''$ BT sebagaimana ditunjukkan pada gambar (4.12), dari *contour pseudo cross-section* dapat ditunjukkan adanya anomali. Pada titik *sounding* 8 ditunjukkan adanya anomali oleh warna hitam dan biru tua pada kedalaman 0,5 – 8 m dan pada kedalaman ± 50 m. Dari *contour* dapat diindikasikan bahwa, pada titik *sounding* yang terletak pada tepi tebing bagian selatan ini, lapisan tanahnya jenuh air. Sesuai dengan keadaan geologi pada posisi ini terdapat sumber air pada kedalaman ± 50 m. Rembesan air mengalir ke arah utara sampai pada posisi titik *sounding* 6. Sesuai dengan keadaan geologi sumber air yang ada pada posisi titik *sounding* 7 pada kedalaman 30 m, diperkirakan merupakan rembesan dari sumber air yang ada pada titik *sounding* 8, karena jaraknya tidak berjauhan yaitu 20 m. Meskipun pada posisi ini pernah terjadi longsor, kemungkinan untuk terjadi longsor lagi sangat kecil, karena kondisi bawah permukaan tersusun atas batuan yang lebih kompak dan stabil sebagaimana ditunjukkan pada *contour* dengan harga resistivitas yang sangat tinggi. Begitu juga pada titik *sounding* 1 dan titik *sounding* 6 kemungkinan untuk terjadinya longsor kecil. Hal ini bukan berarti tidak ada kemungkinan untuk longsor, akan tetapi jika kondisi tanah telah melapuk, maka apabila turun hujan tanah akan terkikis. Berbeda dengan titik *sounding* 5, meskipun pada kedalaman sampai 30 m harga resistivitasnya tinggi, akan tetapi pada kedalaman 30 – 70 m ditunjukkan adanya anomali, sehingga masih memungkinkan untuk longsor.

Pada posisi $8^{\circ} 10' 71''$ LS dan $113^{\circ} 70' 85''$ BT sampai $8^{\circ} 10' 76''$ LS dan $113^{\circ} 70' 86''$ BT sebagaimana ditunjukkan pada gambar (4.13), dari *contour pseudo cross-section* dapat ditunjukkan adanya anomali. Anomali ditunjukkan pada titik *sounding* 3 dari permukaan tanah sampai kedalaman 5 m. Sehingga dapat diindikasikan pada lapisan ini keadaan tanahnya jenuh air. Selain itu adanya anomali ditunjukkan pada titik *sounding* 9 pada kedalaman 3 – 6 m, 25 – 30 m, dan pada kedalaman 60 – 90 m. Sehingga dapat diindikasikan kondisi tanah pada titik *sounding* ini jenuh air

dan berpotensi sebagai pemicu longsor. Dari *contour* dapat dilihat bahwa, pada titik *sounding* 2 dan 4 adalah posisi yang aman dari longsor karena struktur tanahnya lebih stabil dan tersusun dari batuan yang lebih kompak.

BAB 5. PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dan perhitungan dengan metode geolistrik resistivitas, setelah diolah dengan *software* IPI2WIN didapatkan hasil berupa citra warna yang menunjukkan penampang resistivitas dari distribusi resistivitas bawah permukaan. Harga resistivitas mempunyai peranan penting dalam menentukan lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor. Lapisan yang berpotensi sebagai pemicu longsor memiliki nilai tahanan jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan lapisan lainnya yang tidak mudah longsor, karena kandungan air dalam lapisan tersebut tinggi.

Berdasarkan gambar (4.2) – (4.11) dapat dijelaskan bahwa, secara umum struktur lapisan bawah permukaan daerah rawan bencana longsor di desa Kemuninglor dapat dikelompokkan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 5.11.

Tabel 5.11 Jenis tanah atau batuan lapisan bawah permukaan daerah rawan bencana longsor di desa Kemuninglor berdasarkan resistivitasnya.

Resistivitas (Ωm)	Jenis tanah atau batuan
< 1,5	Tanah lempung kendap air
1,5 – 3	Tanah lempungan basah lembek
3 – 15	Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek
15 – 150	Tanah lanauan pasiran
150 - 300	Batuan dasar berkekar berisi tanah lembab
300 - 1852	Batuan dasar berisi tanah kering

Berdasarkan analisa dari gambar (4.2) – gambar (4.11) dapat dijelaskan bahwa, lapisan tanah yang berpotensi sebagai pemicu longsor adalah lempung yang kendap air, tanah lempungan basah lembek, lempung lanauan, dan tanah lanauan basah lembek. Sifat tanah ini sangat halus, lekat, dan mengembang jika jenuh air, sehingga kondisinya sangat labil. Meskipun lempung memiliki pori-pori yang sangat

kecil yaitu 1 - 10 %, namun kandungan air didalamnya sangat tinggi, karena kemampuan menyerap airnya tinggi dan daya ikat antar partikelnya sangat kuat.

Pada titik *sounding* 1 yang terletak di tepi tebing dan terdapat pepohonan menunjukkan keadaan bawah permukaan sangat stabil dengan jenis tanah berupa batuan dasar berisi tanah kering. Begitu juga pada titik *sounding* 2 yang letaknya jauh dari tebing dengan lokasinya berupa tanah tegalan, sehingga tingkat kerawanan pada titik *sounding* ini sangat rendah. Sedangkan pada lapisan permukaan menunjukkan adanya anomali, diindikasikan keadaan tanah benar-benar sudah lapuk karena rembesan air hujan. Pada titik *sounding* 5 yang terletak pada ujung tebing bagian utara menunjukkan hal yang sama dengan kondisi tanah normal sebagaimana keadaan geologi.

Hal ini berbeda dengan titik *sounding* 3, meskipun letaknya berdekatan dengan titik *sounding* 2, namun kondisi bawah permukaan pada titik *sounding* ini tidak stabil karena jenuh air dengan jenis tanah berupa tanah lempung basah lembek. Sehingga dapat diindikasikan pada titik *sounding* ini mempunyai tingkat kerawanan yang tinggi. Titik *sounding* 3 letaknya 25 m di sebelah timur titik *sounding* 6 yang berdekatan dengan lokasi longsoran, tetapi kondisi bawah permukaan pada titik *sounding* 6 lebih stabil dengan jenis tanah berupa lanauan pasir. Sehingga kemungkinan besar lapisan pemicu longsor tidak terdapat pada tepi tebing, tetapi pada jarak beberapa meter ke luar tebing. Pada titik *sounding* 4 keadaan bawah permukaan juga stabil karena lebih didominasi oleh lanauan pasir. Pada titik *sounding* 7 menunjukkan adanya lapisan jenuh air pada kedalaman 20 – 38 m sesuai dengan keadaan geologi yang menunjukkan adanya sumber air pada kedalaman \pm 30 m. Begitu juga pada titik *sounding* 8 yang menunjukkan adanya sumber air pada kedalaman \pm 50 m karena kondisi bawah permukaan benar-benar jenuh air dengan lapisan tanah berupa tanah lempung basah lembek, lempung lanauan, dan tanah lanauan basah lembek. Berdasarkan analisa ini bisa juga sumber air pada titik *sounding* 7 bersumber dari titik *sounding* 8, karena kondisi bawah permukaan pada titik *sounding* 7 pada kedalaman di bawah 38 m sangat stabil dengan jenis tanah

berupa batuan dasar yang kering, sedangkan pada titik *sounding* 8 menunjukkan lapisan yang sangat labil dan jenuh air. Adanya sumber air pada kaki lereng dapat menyebabkan adanya erosi buluh, yaitu keadaan tanah yang kehilangan kuat dukungnya dan bahkan mendekati nol, sehingga perlawanan terhadap gaya yang melongsorkan akan menurun dan lereng menjadi rawan longsor.

Tingkat kerawanan tertinggi terletak pada titik *sounding* 9 yang terletak pada posisi $8^{\circ} 10' 76''$ LS dan $113^{\circ} 70' 86''$ BT. Pada titik *sounding* ini, adanya anomali ditunjukkan pada kedalaman 21,3 – 146 m dengan nilai resistivitas $\pm 0,46 \Omega$ m dan ketebalan lapisan 124,7 m. Jika dilihat keadaan geologi pada bagian mulut tebing atau jurang terdapat retakan-retakan yang akan memungkinkan terjadinya longsor. Meskipun letak titik *sounding* 9 ini tidak di mulut jurang, posisi ini mempunyai potensi yang tinggi untuk terjadinya longsor karena kondisi tanah yang tidak stabil dalam arti tanah telah mengalami gangguan kestabilan dan kondisi lapisan tanah mempunyai harga resistivitas yang cukup rendah. Pada kondisi struktur seperti ini, resistansi tanah tidak akan mampu menahan jumlah air yang besar seperti halnya curah hujan yang tinggi. Air hujan dapat meningkatkan kandungan air dalam lereng, sehingga terjadi akumulasi air yang merenggangkan ikatan antar butiran tanah dan akhirnya mendorong butir-butir tanah untuk longsor. Peningkatan kandungan air ini sering disebabkan oleh meresapnya air hujan, air kolam atau selokan, maupun air sawah ke dalam lereng.

Faktor pendukung yang lain adalah letak lokasi penelitian yang dekat dengan jalan raya yang berjarak ± 115 m. Lalu-lalang kendaraan besar yang melewati lokasi menyebabkan getaran atau guncangan yang secara terus-menerus terjadi, sehingga getaran dari kendaraan tersebut meskipun tidak terlalu besar secara tidak langsung pengaruhnya cukup besar terhadap kondisi tanah di sekitar daerah penelitian. Karena kondisi tanah atau lereng di daerah penelitian dalam kondisi labil akibat terbebannya struktur tanah yang gembur oleh air hujan, diduga getaran akibat kendaraan yang lewat juga ikut memberi kontribusi longsor tanah yang terjadi.

Pada titik *sounding* 10 dengan harga resistivitas yang lebih rendah dari titik *sounding* 9 menunjukkan bahwa keadaan bawah tanah benar-benar labil akibat dari getaran atau guncangan kendaraan bermotor. Jika dilihat dari adanya anomali, pada titik *sounding* 10 merupakan titik yang paling rawan, tetapi karena letaknya berjauhan dengan tebing, maka pada titik *sounding* 9 yang dekat dengan tebing lebih berpotensi untuk terjadinya longsor, sedangkan pengaruhnya terhadap daerah sekitarnya adalah tanah akan bergerak menuju daerah tebing. Berdasarkan letak titik *sounding* dalam peta pada gambar 4.1 dan berdasarkan analisa di atas, maka dapat diindikasikan bahwa, pada lintasan sepanjang titik *sounding* 9 dan titik *sounding* 10 atau pada sepanjang jalan menuju lokasi penelitian merupakan daerah yang berpotensi untuk terjadinya longsor.

Meskipun suatu lereng rentan atau berpotensi untuk longsor, karena kondisi kemiringan lereng, batuan atau tanah, maupun titik airnya, namun lereng tersebut belum akan longsor atau terganggu kestabilannya tanpa dipicu oleh proses pemicu, yaitu kandungan air yang tinggi, getaran atau guncangan, dan pemotongan kaki lereng secara sembarangan yang dapat mengakibatkan lereng kehilangan gaya penyangga.

Untuk melihat lebih jelas tentang gambaran lapisan bawah permukaan dari titik-titik *sounding*, maka dilakukan penggabungan dari titik-titik *sounding* yang letaknya dalam satu lintasan. Tujuan penggabungan titik-titik *sounding* yang ada dalam satu lintasan adalah agar diperoleh gambaran penampang resistivitas baik secara vertikal maupun secara horisontal. Titik *sounding* 5, 6, 1, 7, dan 8 terletak pada satu lintasan, begitu juga pada titik *sounding* 4, 3, 2, dan 9 sebagaimana ditunjukkan pada peta gambar (4.1). Gambaran penampang resistivitas dari penggabungan beberapa titik *sounding* telah dijelaskan pada gambar (4.12) dan (4.13)

Pada *contour pseudo cross-section* yang merupakan hasil perhitungan dari resistivitas semu pada gambar (4.12) dan (4.13) tampak bahwa, posisi yang berpotensi sebagai pemicu terjadinya longsor terletak pada titik *sounding* 9. Meskipun pada titik *sounding* 3 dan 8 menunjukkan adanya anomali yang lebih

mencolok, namun anomali hanya ditunjukkan pada permukaan tanah, sehingga kondisi tanah yang jenuh air bisa juga dikarenakan keadaan tanah yang telah melapuk karena rembesan air hujan.

Penggabungan dari beberapa titik *sounding* tidak hanya dapat menggambarkan penampang resistivitas secara vertikal, akan tetapi juga dapat menggambarkan penampang resistivitas secara horisontal sebagaimana ditunjukkan dalam *resistivity cross-section* pada gambar (4.12) dan (4.13). Pada gambar tersebut dapat dilihat struktur lapisan bawah permukaan secara horisontal yang menunjukkan adanya variasi struktur lapisan antara tempat yang satu dengan tempat yang lain pada kedalaman yang sama. Adanya perbedaan lapisan dikarenakan partikel penyusun tanahnya berbeda.

Sesuai dengan kondisi pada lokasi penelitian, ada faktor lain yang mendukung terjadinya longsor yaitu kondisi daerah penelitian yang dulunya berupa lahan kering (ladang, perkebunan, dan hutan) oleh penduduk dijadikan lahan basah dengan tanaman padi, sehingga keadaan tanah menjadi tidak stabil. Kondisi tanah yang tidak stabil ini, menyebabkan pada waktu musim hujan datang lahan persawahan akan digenangi oleh banyak air, sehingga perembesan air ke dalam lapisan tanah berlangsung secara cepat, tidak terkendali, dan melampaui ambang batas kewajaran. Selain itu karena tanah sudah banyak mengandung humus dan gembur, pada akhirnya menyebabkan pembebanan tanah menjadi semakin besar. Hal ini menyebabkan tanah akan bergerak, mudah jatuh, dan hanyut terbawa oleh air dengan kapasitas yang besar, sehingga menyebabkan tanah cenderung mudah longsor.

Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya suatu penanganan yang lebih serius guna mitigasi bencana alam tanah longsor baik secara langsung maupun tidak langsung. Penanganan vegetasi dan fungsi lahan yang ada di daerah penelitian harus ditata dengan sebaik mungkin sesuai dengan fungsinya, sebab kalau tidak ada kesadaran dan penanganan secara tepat, tidak menjaga kemungkinan pada musim hujan yang akan datang gerakan tanah atau longsor di lokasi penelitian akan sampai ke jalan utama, sehingga mengakibatkan jalan akan terputus.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Struktur tanah daerah rawan bencana longsor di desa Kemuninglor berupa tanah lempung kedap air dengan nilai resistivitas 0,36 – 1,5 Ωm , tanah lempung basah lembek dengan nilai resistivitas 1,5 – 3 Ωm , lempung lanauan dengan nilai resistivitas 3 – 15 Ωm , lanauan pasiran dengan nilai resistivitas 15 – 150 Ωm , batuan dasar berkekar berisi tanah lembab dengan nilai resistivitas 150 – 300 Ωm , dan batuan dasar berisi tanah kering dengan nilai resistivitas 300 – 1852 Ωm .
2. Tingkat Kerawanan dari titik-titik *sounding* didasarkan pada kondisi struktur lapisan bawah permukaan. Pada titik *sounding* 1, 2, 4, 5, 6, dan 7 menunjukkan tingkat kerawanan yang rendah karena struktur tanah bawah permukaan lebih kompak dan lebih stabil yang ditunjukkan dengan harga resistivitas tinggi. Titik *sounding* 3, 8, 9, dan 10 menunjukkan tingkat kerawanan yang lebih tinggi, karena kondisi tanah benar-benar labil akibat terbebannya tanah oleh rembesan air hujan dan pengaruh dari getaran kendaraan yang melewati jalan raya dekat lokasi penelitian. Sedangkan tingkat kerawanan tertinggi terletak pada titik *sounding* 9, yaitu pada posisi 8⁰10'62" LS dan 113⁰70'64" BT, karena pada titik *sounding* ini terdapat lapisan berupa lempung yang kedap air pada kedalaman 21,3 – 146 m dengan nilai resistivitas 0,46 Ωm ,

6.2 Saran

1. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat perlu didukung oleh data yang lain, misalnya data logging, pengeboran, uji laboratorium, maupun dengan metode seismic.

2. Diharapkan laporan akhir ini bermanfaat dan dapat dijadikan acuan kerja oleh semua pihak dalam rangka menanggulangi dampak bencana banjir sebagai akibat dari aktivitas penggundulan hutan maupun dari faktor yang lain.
3. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut guna meneliti kadar mineral atau struktur kimia dalam lapisan tanah atau batuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, M. dan Finn, E. J. 1994. *Dasar-Dasar Fisika Universitas*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Balitbangda. 2003. *Identifikasi Potensi Rawan Bencana dan Upaya Pengelolaannya di Kabupaten Jember*. Jember: Balitbangda Kabupaten Jember dan Lembaga Penelitian ITS Surabaya.
- Budiono, Budi, S., Komang, A. 2000. Analisa empiris hubungan antara gradien hidrolika dan nilai tahanan jenis suatu lapisan batuan berdasarkan hasil pengukuran model fisik dengan metode tahanan jenis. *Prosiding PIT HAGI ke-25*. Bandung, hal 91.
- Derana, T. I. 1981. *Perbandingan Interpretasi Geolistrik Aturan Wenner dan Schlumberger*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, UGM.
- Frasheri, A. 1998. Geophysical landslide investigation and prediction in the hydrotechnical works. *Journal of the Balkan Geophysical Society*. **3**: 38-43.
- Hack, R. 2000. Geophysics for slope stability. *Surveys in Geophysics*. **21**: 432-448
- Harry, O. B. 1982. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Hauck, C. and Muhll, D. V. 1999. Using DC resistivity tomography to detect and characterize mountain permafrost. [http:// www. glenk. uni-karlsruhe. De/ chris/ V. Hauck. 1999a. pdf.](http://www.glenk.uni-karlsruhe.de/chris/V.Hauck.1999a.pdf)
- Hendrajaya, L. dan Arif. 1990. *Geofisika Tahanan Jenis*. Bandung: Jurusan Fisika, FMIPA, ITB.
- Henry, D. F. 1995. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Gajahmada University Press: Fakultas Peternakan Undip.
- Herman, R. 2000. *An Intoduction to Electrical Resistivity In Geophysics*. Virginia. Department of Chemistry and Physics and Geology. Radford University. Radford.
- Hunt, Roy, E. 1984. *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. New York: Mc Graw Hill.

- Kalmiwan, A. P., Sismanto, dan Suparwoto. 2000. Penyelidikan keberadaan mata air panas krakal kabupaten Kebumen Jawa Tengah dengan metode resistivitas. *Prosiding PIT-HAGI ke-52*, hal 3-4.
- Kompas. 2006. *Data Daerah Bencana Banjir dan Tanah Longsor di Pulau Jawa*. Jakarta: P. K. Ojong (1920-1980).
- Luthfi, A. 2003. *Analisis Dampak dan Pengelolaan Lingkungan Bencana Alam Banjir di Kecamatan Silo Kabupaten Jember*. Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Jember dan Badan Penelitian dan Pengembangan Kabupaten Jember.
- Nawroozi, Horrocks, Henderson. 1994. Selt water intrusion into the fresh water aquiferin the eastern shore of virginia areconnaissance elektried resistivity survey. *Journal of Applied Geophysics*. **42**: 1–22.
- Pangluar, D dan Suroso, D. 1985. *Petunjuk Penyelidikan dan Penanggulangan Gerakan Tanah*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Panissod, C. 2001. On The Effectivness of 2D Electrical Inversion Result: An Agricultural Case Study. *Geophysical Prospecting*. **49**: 570–576.
- Reitz, et al. 1993. *Dasar Teori Listrik Magnet Edisi ke 3*. Bandung: ITS.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction To Applied And Environmental Geophysics*. New York : John Wiley & Son.
- Prayogo, S. 2003. *Survei Resistivitas 3-D Untuk Menentukan Distribusi Tahanan Jenis Tanah Bawah Permukaan Daerah Rawan Longsor di Desa Lumbang Rejo Jawa Timur*. Surabaya: Fakultas MIPA ITS.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- Setiyawati, H. 2005. *Sosialisasi Mitigasi Daerah Rawan Longsor Di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember – Jawa Timur*. Surabaya: ITS.
- Sukrisna, B. S., Minardi, dan Syamsuddin. 2001. *Pemetaan Aliran Sungai Bawah Tanah dengan Metode Geolistrik*. Mise A. L. Masse. Oryza. (April, I) No-1. Universitas Mataram. P. 38-49.
- Sunarto. 1992. *Analisis Pengukuran dan Interpretasi Data Pada Metode Resistivity Sounding*. Surabaya: Jurusan Fisika ITS.

- Suprianto, A. 2000. *Penentuan Distribusi Resistivitas Pasir dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner – Schlumberger*. Laporan penelitian Mandiri. Jember: Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- , 2005. *Investigasi Rembesan Limbah Pencemar*. Jember: Jurusan Fisika FMIPA UNEJ.
- Suryolelono, K. B. 2006. *Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, UGM.
- Susanto**, E. 2005. *Penentuan Kedalaman Bidang Antar Lapis Tanah Berdasarkan Karakteristik Kelistrikan dengan Metode Geolistrik*. Laporan Penelitian Mandiri. Jember: UNEJ.
- Sutrisno dan Gie, T. I. 1993. *Fisika Dasar: Listrik Magnet dan Termofisika*. Cetakan Ketiga. Bandung: ITB.
- Telford *et al*, W. M. 1999. *Applied Geophysics*. London: Cambridge University Press.
- Wahyono, S. C. Priyantari, N. Jaya, M. S. dan Utama, W. 2003. Interpretasi bawah permukaan 2-D dengan metode geolistrik pada daerah rawan bencana gerakan tanah di desa Lumbangrejo, Prigen, Pasuruan. *Prosidi. Sem. Nas. Pascasarjana III-2003*. Surabaya.

LAMPIRAN A. DATA PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN

Tabel A.1 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 1

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	4.151	26.10979
0.5	2	11.79	2.113	24.91227
0.5	2.5	18.86	1.3	24.518
0.5	3	27.5	0.4136	11.374
0.5	4	49.5	0.514	25.443
0.5	5	77.79	0.3423	26.627517
1	6	55	0.489	26.895
1	7	75.43	0.3704	27.939272
1	8	99	0.2892	28.6308
1	9	125.71	0.2278	28.636738
1	10	155.57	0.1852	28.811564
1	12	224.71	0.1321	29.684191
5	15	62.86	0.463	29.10418
5	20	117.86	0.257	30.29002
5	25	188.57	0.1592	30.020344
10	30	125.71	0.233	29.29043
10	40	235.71	0.1342	31.632282
10	50	377.14	0.06451	24.3293014
20	60	251.43	0.1092	27.456156
20	70	353.57	0.07887	27.8860659

Tabel A.2 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 2

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	4.328	27.22312
0.5	2	11.79	2.039	24.03981
0.5	2.5	18.86	1.248	23.53728
0.5	3	27.5	0.8865	24.37875
0.5	4	49.5	0.5046	24.9777
0.5	5	77.79	0.3402	26.464158
0.5	6	112.36	0.2372	26.651792
1	7	75.43	0.3631	27.388633
1	8	99	0.2507	24.8193
1	9	125.71	0.1997	25.104287
1	10	155.57	0.1644	25.575708
1	12	224.71	0.1196	26.875316
5	15	62.86	0.4151	26.093186
5	20	117.86	0.2112	24.892032
5	25	188.57	0.1352	25.494664
10	30	125.71	0.2102	26.424242
10	40	235.71	0.1061	25.008831
10	50	377.14	0.0651	24.5668996
10	60	550	0.0463	25.465
20	70	353.57	0.0775	27.4087464
20	80	471.43	0.0637	30.0206624
20	90	605	0.0546	33.05115
20	100	754.29	0.0482	36.3341493

Tabel A.3 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 3

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	1.914	12.03906
0.5	2	11.79	1.81	21.3399
0.5	2.5	18.86	1.113	20.99118
0.5	3	27.5	0.771	21.2025
0.5	4	49.5	0.4339	21.47805
0.5	5	77.79	0.3007	23.391453
1	6	55	0.4183	23.0065
1	7	75.43	0.308	23.23244
1	8	99	0.2372	23.4828
1	9	125.71	0.1873	23.545483
1	10	155.57	0.1467	22.822119
1	12	224.71	0.102	22.92042
1	15	352	0.0684	24.06272
5	20	117.86	0.2226	26.235636
5	25	188.57	0.1321	24.910097
5	30	275	0.0914	25.124
10	40	235.71	0.0937	22.0742415
10	50	377.14	0.0633	23.8578764
10	60	550	0.0424	23.2925
20	70	353.57	0.0759	26.8182845
20	80	471.43	0.1006	47.425858
20	90	605	0.0364	22.022
20	100	754.29	0.0345	26.0531766

Tabel A.4 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 4

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	4.245	26.70105
0.5	2	11.79	1.977	23.30883
0.5	2.5	18.86	1.207	22.76402
0.5	3	27.5	0.8303	22.83325
0.5	4	49.5	0.4661	23.07195
0.5	5	77.79	0.9885	76.895415
0.5	6	112.36	0.206	23.14616
1	7	75.43	0.3173	23.933939
1	8	99	0.2674	26.4726
1	9	125.71	0.2185	27.467635
1	10	155.57	0.1654	25.731278
1	12	224.71	0.1123	25.234933
1	15	352	0.0748	26.33312
5	20	117.86	0.2174	25.622764
5	25	188.57	0.1385	26.116945
5	30	275	0.0964	26.49625
10	40	235.71	0.103	24.27813
10	50	377.14	0.0757	28.530641
10	60	550	0.0417	22.946
20	70	353.57	0.0788	27.850709
20	80	471.43	0.0556	26.192651
20	90	605	0.0431	26.0634

Tabel A.5 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 5

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	7.918	49.80422
0.5	2	11.78	3.756	44.24568
0.5	2.5	18.86	2.122	40.02092
0.5	3	27.5	1.331	36.6025
0.5	4	49.5	0.6753	33.42735
0.5	5	77.79	0.412	32.04948
1	6	55	0.6368	35.024
1	7	75.43	0.4443	33.513549
1	8	99	0.3205	31.7295
1	9	125.71	0.359	45.12989
1	10	155.57	0.1862	28.967134
1	12	224.71	0.1238	27.819098
5	15	62.86	0.4328	27.205808
5	20	117.86	0.2278	26.848508
5	25	188.57	0.1407	26.5223705
5	30	275	0.0906	24.92325
10	40	235.71	0.1038	24.466698
10	50	377.14	0.0605	22.798113
10	60	550	0.0452	24.838
20	70	353.57	0.0685	24.2336878
20	80	471.43	0.0614	28.9316591
20	90	605	0.041	24.8171

Tabel A.6 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 6

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	4.193	26.37397
0.5	2	11.78	2.06	24.2668
0.5	2.5	18.86	1.279	24.12194
0.5	3	27.5	0.8824	24.266
0.5	4	49.5	0.5078	25.1361
0.5	5	77.79	0.3319	25.818501
0.5	6	112.36	0.2382	26.764152
1	7	75.43	0.3923	29.591189
1	8	99	0.3059	30.2841
1	9	125.71	0.2455	30.861805
1	10	155.57	0.1727	26.866939
1	12	224.71	0.1175	26.403425
5	15	62.86	0.4568	28.714448
5	20	117.86	0.2289	26.978154
5	25	188.57	0.1383	26.079231
10	30	125.71	0.2112	26.549952
10	40	235.71	0.1155	27.224505
10	50	377.14	0.074	27.9008172
10	60	550	0.0475	26.0975
20	70	353.57	0.0733	25.9202167
20	80	471.43	0.0604	28.4932292
20	90	605	0.0641	38.76235
20	100	754.29	0.0411	31.0164048

Tabel A.7 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 7

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	4.245	26.70105
0.5	2	11.78	2.07	24.3846
0.5	2.5	18.86	1.29	24.3294
0.5	3	27.5	0.8793	24.18075
0.5	4	49.5	0.4974	24.6213
0.5	5	77.79	0.3225	25.087275
1	6	55	0.4828	26.554
1	7	75.43	0.3652	27.547036
1	8	99	0.283	28.017
1	9	125.71	0.2249	28.272179
1	10	155.57	0.1883	29.293831
1	12	224.71	0.1321	29.684191
5	15	62.86	0.5286	33.227796
5	20	117.86	0.2944	34.697984
5	25	188.57	0.1914	36.092298
10	30	125.71	0.2938	36.933598
10	40	235.71	0.1547	36.464337
10	50	377.14	0.0887	33.4447752
10	60	550	0.0661	36.36875
20	70	353.57	0.1113	39.352341
20	80	471.43	0.0497	23.4206424
20	90	605	0.057	34.4971
20	100	754.29	0.0442	33.3547038

Tabel A.8 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 8

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	3.392	21.33568
0.5	2	11.78	1.55	18.259
0.5	2.5	18.86	0.976	18.40736
0.5	3	27.5	0.6878	18.9145
0.5	4	49.5	0.3954	19.5723
0.5	5	77.79	0.2632	20.474328
1	6	55	0.4151	22.8305
1	7	75.43	0.3195	24.099885
1	8	99	0.2455	24.3045
1	9	125.71	0.2029	25.506559
1	10	155.57	0.1748	27.193636
1	12	224.71	0.13	29.2123
5	15	62.86	0.5463	34.340418
5	20	117.86	0.359	42.31174
5	25	188.57	0.1841	34.715737
10	30	125.71	0.232	29.16472
10	40	235.71	0.1134	26.729514
10	50	377.14	0.06264	23.6240496
20	60	251.43	0.1207	30.347601
20	70	353.57	0.09219	32.5956183
20	80	471.43	0.07731	36.4462533
20	90	605	0.101	61.105
20	100	754.29	0.04651	35.0820279

Tabel A.9 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 9

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	3.527	22.18483
0.5	2	11.78	2.539	29.90942
0.5	2.5	18.86	1.415	26.6869
0.5	3	27.5	0.6909	18.99975
0.5	4	49.5	0.4401	21.78495
0.5	5	77.79	0.2684	20.878836
0.5	6	112.36	0.1977	22.213572
1	7	75.43	0.31	23.3833
1	8	99	0.2393	23.6907
1	9	125.71	0.1914	24.060894
1	10	155.57	0.154	23.95778
1	12	224.71	0.1113	25.010223
5	15	62.86	0.4151	26.093186
5	20	117.86	0.2195	25.87027
5	25	188.57	0.1113	20.987841
5	30	275	0.0924	25.41
10	40	235.71	0.102	24.04242
10	50	377.14	0.0764	28.813496
20	60	251.43	0.0882	22.1861832
20	70	353.57	0.0473	16.7380038
20	80	471.43	0.0475	22.4117822
20	90	605	0.0351	21.2113

Tabel A.10 Data pengukuran dan perhitungan resistivitas untuk titik *sounding* 10

MN/2 (m)	AB/2 (m)	K	R (Ohm)	Rho (Ohm.m)
0.5	1.5	6.29	1.103	6.93787
0.5	2	11.78	0.4339	5.111342
0.5	2.5	18.86	0.2299	4.335914
0.5	3	27.5	0.2018	5.5495
0.5	4	49.5	0.1207	5.97465
0.5	5	77.79	0.0827	6.4347888
1	6	55	0.1664	9.152
1	7	75.43	0.1571	11.850053
1	8	99	0.1248	12.3552
1	9	125.71	0.1051	13.212121
1	10	155.57	0.0697	10.843229
1	12	224.71	0.049	11.0130371
5	15	62.86	0.2788	17.525368
5	20	117.86	0.2081	24.526666
5	25	188.57	0.1623	30.604911
5	30	275	0.1529	42.0475
10	40	235.71	0.2372	55.910412
10	50	377.14	0.1581	59.625834
10	60	550	0.1415	77.825
20	70	353.57	0.1165	41.190905
20	90	605	0.072	43.5358
20	100	754.29	0.0093	7.03375425

LAMPIRAN B. DATA HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN YANG DIBUAT DALAM SOFTWARE IPI2WIN

B.1 Titik Sounding 1

Lintasan_1

kemuning

2 0 20 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 !AB/2, m
 titik1
 20
 26.1 24.9 24.5 21.6 25.4 26.6 26.9 27.9 28.6 28.6 28.8
 29.7 29.1 30.3 30 29.3 29.4 24.3 27.5 27.9 ! App. resistivity
 titik1
 20
 26.1 24.9 24.5 23 25.4 26.6 26.9 27.9 28.6 28.6 28.8
 29.7 29.1 30.3 30 29.3 31.6 27.7 27.5 27.9 ! App. Resistivity

Keterangan:

- Lintasan_1 : nama lintasan (titik *sounding*)
- Kemuning : menunjukkan tempat atau lokasi penelitian
- 2 0 20 S : (jumlah titik, notasi untuk resistivitas, jumlah data, konfigurasi Schlumberger)
- data 1.5 – 70 : $\frac{AB}{2}$ (kedalaman efektif)
- titik1 : simbol
- 20 : jumlah titik
- data 26.1 – 27.9 : harga resistivitas semu

B.2 Titik Sounding 2

Lintasan_2

kemuning

2 0 23 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 !AB/2, m
 titik1
 23
 27.2 24 23.5 24.4 25 26.5 26.6 27.4 24.8 25.1 25.6
 26.9 26.1 24.9 25.5 26.4 25 24.6 25.5 27.4 30 33 36.3
 ! App. Resistivity

titik1

23

27.2 24 23.5 24.4 25 26.5 26.6 27.4 24.8 25.1 25.6
 26.9 26.1 24.9 25.5 26.4 25 24.6 25.5 27.4 30 33 36.3
 ! App. Resistivity

B.3 Titik Sounding 3

Lintasan_3

kemuning

2 0 23 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 !AB/2, m

titik1

23

12 17.3 21 21.2 21.5 23.4 23 23.2 23.5 23.5 22.8
 22.9 24.1 26.2 24.9 25.1 22.1 23.9 23.3 26.8 30.7 22
 26.1 ! App. resistivity

titik1

23

12 17.9 21 21.2 21.5 23.4 23 23.2 23.5 23.5 22.8
 22.9 24.1 26.2 24.9 25.1 22.1 23.9 23.3 26.8 28.4 22
 26.1 ! App. Resistivity

B.4 Titik Sounding 4

Lintasan_4

kemuning

2 0 22 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 !AB/2, m

titik1

22

26.7 23.31 22.76 22.83 23.07 28.45 23.15 23.93 26.47 27.47
 25.73 25.23 26.68 25.62 26.12 23.28 24.28 28.53 22.95 27.85
 26.19 26.06 ! App. resistivity

titik1

22

26.7 23.31 22.76 22.83 23.07 29.17 23.15 23.93 26.47 27.47
 25.73 25.23 26.68 25.62 26.12 23.28 24.28 28.53 22.95 27.85
 26.19 26.06 ! App. Resistivity

B.5 Titik Sounding 5

Lintasan_5

kemuning

2 0 22 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 !AB/2, m

titik1

22
 49.8 44.2 40 36.6 33.4 32 31.9 33.5 31.7 45.1 29
 27.8 27.2 26.8 26.5 24.9 24.5 22.8 24.8 24.2 28.9 24.8 !

App. resistivity

titik1

22
 49.8 44.2 40 36.6 33.4 32 31.9 33.5 31.7 45.1 29
 27.8 27.2 26.8 26.5 24.9 24.5 22.8 24.8 24.2 28.9 24.8 !

App. resistivity

B.6 Titik Sounding 6

Lintasan_6

kemuning

2 0 23 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 !AB/2, m

titik1

23
 26.4 24.3 24.1 24.3 25.1 25.8 26.8 29.6 29.5 28.8 26.9
 26.4 25.4 27 26.1 26.5 27.2 27.9 26.1 25.9 28.5 38.8 31

! App. resistivity

titik1

23
 26.4 24.3 24.1 24.3 25.1 25.8 26.8 29.6 29.9 29.2 26.9
 26.4 25.4 27 26.1 26.5 27.2 27.9 26.1 25.9 28.5 32.6 31

! App. resistivity

B.7 Titik Sounding 7

Lintasan_7

kemuning

2 0 23 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 !AB/2, m

titik1

23

28.8 25.75 24.3 24.2 24.6 25.1 26.6 27.5 28 28.3 29.3
 29.7 33.2 34.7 36.1 36.9 36.5 33.4 36.4 39.4 31.43 34.5
 33.4 ! App. resistivity

titik1

23

28.8 25.75 24.81 24.2 24.6 25.1 26.6 27.5 28 28.3 29.3
 29.7 33.2 34.7 36.1 36.9 36.5 33.4 36.4 39.4 29.53 34.5
 33.4 ! App. Resistivity

B.8 Titik Sounding 8

Lintasan_8

kemuning

2 0 23 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 !AB/2, m

titik1

23

22.2 19.8 18.9 18.9 19.6 20.5 22.8 24.1 24.3 25.5 27.2
 29.2 34.3 34.3 31.8 29.2 26.7 23.6 30.3 32.6 36.4 37.4
 35.1 ! App. resistivity

titik1

23

22.7 19.8 18.6 18.9 19.6 20.5 22.8 24.1 24.3 25.5 27.2
 29.2 34.3 36 34.7 29.2 26.7 23.6 30.3 32.6 36.4 39.8
 35.1 ! App. resistivity

B.9 Titik Sounding 9

Lintasan_9

kemuning

2 0 22 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 !AB/2, m

titik1

22

22.2 25.6 25 23.1 21.8 20.9 22.2 23.4 23.7 24.1 24
 25 26.1 25.9 21 25.4 24 28.8 22.2 16.7 22.4 21.2 ! App.
 resistivity

titik1

22

22.2 24.2 23.9 20.8 21.8 20.9 22.2 23.4 23.7 24.1 24
 25 26.1 25.9 21 25.4 24 28.8 22.2 16.7 22.4 21.2 ! App.
 resistivity

B.10 Titik Sounding 10

Lintasan_10

kemuning

2 0 23 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 !AB/2, m

titik1

23
 6.94 5.11 4.34 5.55 5.97 6.43 9.15 11.9 12.4 13.2 12.2
 12.9 17.5 24.5 27.9 30.6 32.7 31.4 25.7 21.1 16.6 13.6

7.03 ! App. resistivity

titik1

23
 6.94 5.11 5.28 5.55 5.97 6.43 9.15 11.9 12.4 13.2 13.4
 14.7 17.5 24.5 27.1 28.2 28.2 25.4 20.8 17.5 14.1 11.3

7.03 ! App. resistivity

B.11 Gabungan antara titik sounding 5, 6, 1, 7, dan 8

Lintasan_11

kemuning

5 0 23 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }
 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10 12 15
 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 !AB/2, m

sond5

22
 49.8 44.2 40 36.6 33.4 32 31.9 33.5 31.7 45.1 29
 27.8 27.2 26.8 26.5 24.9 24.5 22.8 24.8 24.2 28.9 24.8 !

App. resistivity

sond6

23
 26.4 24.3 24.1 24.3 25.1 25.8 26.8 28.8 28.1 27.4 26.9
 26.4 25.4 27 26.1 26.5 27.2 27.9 26.1 25.9 28.5 29.5 31

! App. resistivity

sond1

20
 26.1 24.9 24.5 21.6 25.4 26.6 26.9 27.9 28.6 28.6 28.8
 29.7 29.1 30.3 30 29.3 29.4 28.4 27.5 27.9 ! App. resistivity

sond7

23

28.8 25.8 24.8 24.2 24.6 25.1 26.6 27.5 28 28.3 29.3
 29.7 33.2 34.7 36.1 36.9 36.5 33.4 36.4 39.4 29.5 34.5
 33.4 ! App. resistivity

sond8

23

22.7 19.8 18.6 18.9 19.6 20.5 22.8 24.1 24.3 25.5 27.2
 29.2 33 34.3 31 29.2 26.7 23.6 30.3 32.6 36.4 37.4 35.1
 ! App. Resistivity

B.12 Gabungan antara titik *sounding* 4, 3, 2, dan 9

Lintasan_12

kemuning

4 0 23 S { Pickets number, KeyIP, max. nAB on profile, Kust }

1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	10	12
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	
	100	!AB/2, m									

sond4

22

26.7 23.3 22.8 22.8 23.1 29.2 23.1 23.9 26.5 27.5 25.7
 25.2 26.7 25.6 26.1 23.3 24.3 28.5 23 27.9 26.2 26.1 !
 App. resistivity

sond3

23

12 17.3 21 21.2 21.5 23.4 23 23.2 23.5 23.5 22.8
 22.9 24.1 26.2 24.9 25.1 22.1 23.9 23.3 26.8 30.7 22
 26.1 ! App. resistivity

sond2

23

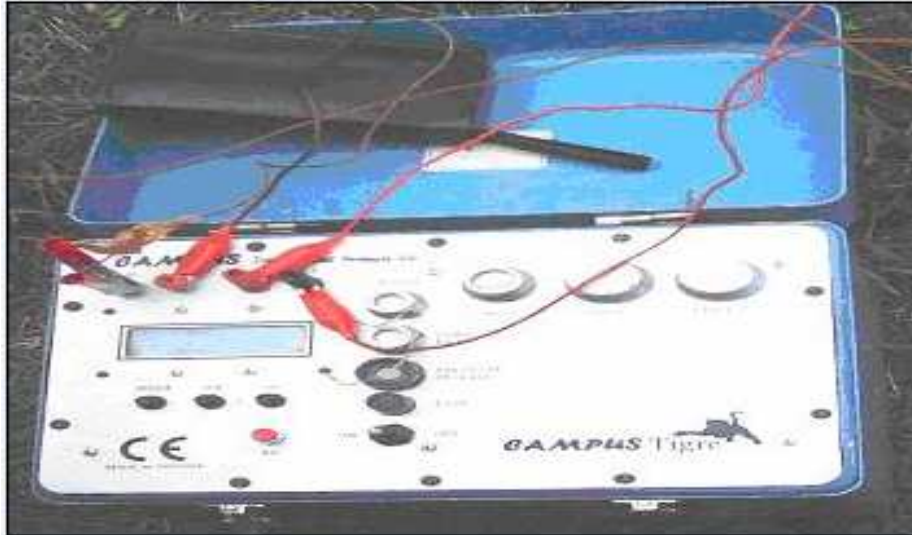
27.2 24 23.5 24.4 25 26.5 26.6 27.4 24.8 25.1 25.6
 26.9 26.1 24.9 25.5 26.4 25 24.6 25.5 27.4 30 33 36.3
 ! App. resistivity

sond9

22

22.2 23.9 23.6 23.1 21.8 20.9 22.2 23.4 23.7 24.1 24
 25 26.1 25.9 21 25.4 24 28.8 22.2 18.6 22.4 21.2 ! App.
 resistivity

LAMPIRAN C. DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN



Gambar C.1 Alat Resistivitymeter.



Gambar C.2 Kegiatan pada waktu pengukuran.