

**PENENTUAN BIDANG GELINCIR LONGSOR DUSUN
SUMBERNANAS DESA GEDANGAN KEC.GEDANGAN
KAB.MALANG DENGAN METODE GEOLISTRIK**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Sains Dalam Bidang Fisika**

Oleh:

RENADO ANGGARA I

125090707111016



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENENTUAN BIDANG GELINCIR LONGSOR DUSUN
SUMBERNANAS DESA GEDANGAN KEC.GEDANGAN
KAB.MALANG DENGAN METODE GEOLISTRIK**

oleh:
RENADO ANGGARA I
125090707111016

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Adi Susilo, M.Si.,Ph.D
NIP.19631227 199103 1 002

Drs. Wasis, M.AB
NIP.19551109 198403 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Dr. rer. nat. M. Nurhuda
NIP.19640910 199002 1 001



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Renado Anggara I

NIM : 125090707111016

Jurusan : Fisika

Penulis Skripsi berjudul :

PENENTUAN BIDANG GELINCIR LONGSOR DUSUN SUMBERNANAS DESA GEDANGAN KEC.GEDANGAN KAB.MALANG DENGAN METODE GEOLISTRIK

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam daftar pustaka Skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Desember, 2018
Yang menyatakan,

(Renado Anggara I)
NIM. 125090707111016



ABSTRAK

PENENTUAN BIDANG GELINCIR LONGSOR DUSUN SUMBERNANAS DESA GEDANGAN KEC.GEDANGAN KAB.MALANG DENGAN METODE GEOLISTRIK

Oleh
RENADO ANGGARA I

Telah dilakukan Penelitian mengenai gerakan tanah menggunakan metode geolistrik tahanan jenis, di Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec.Gedangan Kab.Malang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai distribusi tahanan jenis pada lokasi longsor, sehingga dapat menentukan dan menganalisis pola perlapisan batuan, kedalaman bidang gelincir melalui pemodelan 2D. Akuisis data dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner – Schlumberger* pada 3 titik lintasan penelitian

Dari pengolahan data 2D menunjukkan bahwa terdapat bidang gelincir dengan resistivitas yang rendah 0,08 Ω m sampai dengan 15 Ω m yang teridentifikasi zona lemah berada di elevasi 395 m hingga 375 m pada titik panjang lintasan 80 m hingga 120 m dari hasil pengolahan 3D juga dapat di lihat bidang dari zona lemah yang berada pada setiap lintasan kepenerusan dari bidang tersebut yang terlihat di lintasan 2 pada elevasi 410 m hingga 390 m yang berada di titik panjang lintasan 80 m hingga 100 m sehingga arah dari longsor berada di utara dari semua lintasan

Kata kunci : Bidang gelincir, resistivita, konfigurasi *Wenner – Schlumberge*



repository.ub.ac.id

**DETERMINATION OF LANDSLIDE FIELD IN
SUMBERNANAS SUBVILLAGE, GEDANGAN VILLAGE,
GEDANGAN SUBDISTRICT, MALANG DISTRICT USING
GEORESISTIVITY METHOD.**

ABSTRACT

Land movement reserch have been carried out using resistivity method in Sumbernanas subviillage, Gedangan subdistrict, Malang district. The purpose of this research to finding out distribution of resistivity values in landslide point. To determining and analize rock coating patterns of field depth using 2D modeling. The data was taken by using resistivity method with *Wenner – Schlumberge* configuration in 3 research are.

Base on 2D modeling it can be found slip field with low resistivity value about 0.08 Ω m to 15 Ω m that identified a lower zone in elevation of 395 m to 370 m, tha length af layer about 80 m to 120 m based on 3D also can be found the areas of lower zone in every layer. The continuity of that area can be show in second layer with elevation about 410 m to 390 m in length of layer of 80 m to 100 m, so that landslide direction can be found in nortward of each layer.

Key Word : Slip Field, Resistivity, konfigurasi *Wenner – Schlumberge*



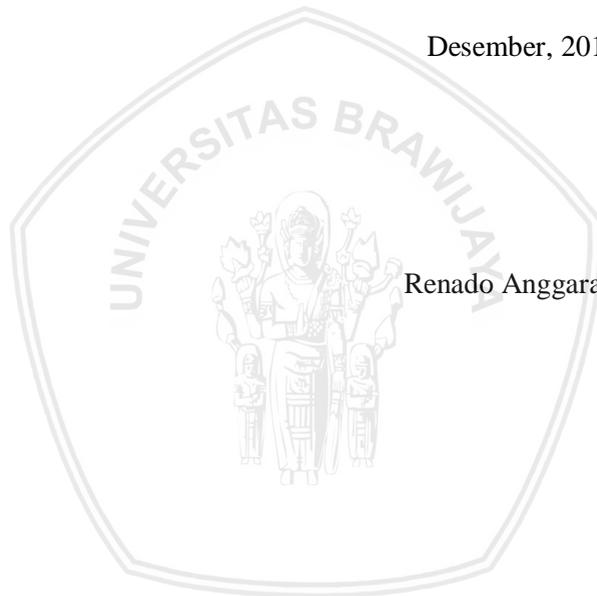
KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir yang berjudul **“Penentuan Bidang Gelincir Longsor Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec.Gedangan Kab.Malang Dengan Metode Geolistrik”** Penulis menyadari bahwa penulisan proposal ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan yang baik ini, izinkanlah penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang dengan tulus ikhlas telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, terutama kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan doa, motivasi dan kasih sayang dengan tulus.
2. Bapak Drs.Adi Susilo, Ph.D. selaku pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan banyak ilmu, masukan dan arahan bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
3. Bapak Drs. Wasis, M.AB selaku pembimbing II Tugas Akhir yang berlangsung untuk segala ilmu, bimbingan dan kesabaran yang diberikan kepada penulis.
4. Ainul Y, Rahmawan, Alfadeo, Lantip, Fajri M, Desi, Dara, Syafroni, M. Hazqial, Arif Budianto yang telah memberikan kelancaran kepada penulis pada saat pengerjaan dan pengambilan data.
5. Keluarga Geofisika Universitas Brawijaya 2012 yang telah membantu serta mendukung penulis selama menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Lisa Efiana Malik yang selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk mengerjakan Tugas Akhir hingga selesai.
7. Seluruh dosen dan staf jurusan Fisika serta Fakultas MIPA atas kesabaran pelayanan akademis yang diberikan selama ini kepada penulis.
8. Dan seluruh pihak yang baik secara sadar atau tidak sadartelah menjadi mendukungpenulis selama mengerjakan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun sehingga dapat menjadikan penulisan skripsi ini lebih bermanfaat. Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca.

Desember, 2018



Renado Anggara I

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Struktur Geologi Regional.....	5
2.2 Pengertian Gerakan Tanah	6
2.3 Jenis-jenis Gerakan Tanah.....	6
2.4 Metode Geolistrik	7
2.4.1 Sifat Listrik Batuan	8
2.4.1.1 Konduksi secara elektronik.....	8
2.4.1.2 Konduksi Secara elektrolitik.....	10
2.4.1.3 Konduksi Secara Dielektrik	10
2.4.2 Aliran Listrik Di Dalam Bumi	10
2.4.2.1 Elektroda Berarus Tunggal Di Dalam Bumi	10
2.4.2.2 Elektroda Berarus Tunggal Di Permukaan Bumi	12

2.4.2.3 Dua Arus Elektroda Di Permukaan Bumi.....	13
2.5 Resistivitas Batuan.....	15
2.5.1 Geolistrik Metode Tahanan Jenis	19
2.5.2 Konfigurasi Elektroda Metode Wenner Schlumberger ...	20
2.5.3 Konsep Relativitas Semu	21
2.6 Zona Labil	22
2.7 Tanah Longsor.....	23
2.8 Tipikal Tanah Longsor	26
BAB III METODOLOGI.....	39
3.1 Waktu dan Pelaksanaan.....	39
3.2 Diagram alir Penelitian	39
3.3 Metodologi Pengambilan Data	40
3.4 Tahap Persiapan.....	40
3.5 Tahap Pelaksanaan.....	40
3.5.1 Pengambilan Data Lapangan	40
3.6 Pengolahan Data Resistivity.....	41
3.6.1 Membuka Program	42
3.6.2 Format Data	43
3.6.3 Edit Data	44
3.6.4 Pilihan Inversi	45
3.6.5 Hasil Inversi.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Analisa Geologi	51
4.2 Analisa Inversi Resistivitas	52
4.3 Interpolasi Resistivitas	57
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	61

DAFTAR PUSTAKA 63
LAMPIRAN 67





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Silinder Konduktor.....	9
Gambar 2.2 Titik permukaan arus yang terinjeksi pada tanah homogen (Telford et al. 1990).....	12
Gambar 2.3 Titik sumber arus pada permukaan medium homogen(Telford et al. 1990).....	13
Gambar 2.4 Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada permukaan tanah homogen isotropik pada resistivitas ρ (Telford et al. 1990).....	13
Gambar 2.5 Perubahan bentuk pada bidang equipotensial dan garis aliran arus untuk dua titik sumber arus (a) sisi horizontal (b) sisi vertikal (c) menempatkan variasi potensial pada permukaan sepanjang garis lurus yang melewati titik sumber. (Telford et al. 1990).....	15
Gambar 2.6 Pengaturan elektroda konfigurasi WennerSchlumberger (Sakka, 2001 dalam Priambodo dkk, 2011).	21
Gambar 2.7 Medium Berlapis dengan Variasi Resistivitas	21
Gambar 2.8 Longsor Translasi	24
Gambar 2.9 Longsor Rotasi	24
Gambar 2.10 Pergerakan Blok.....	24
Gambar 2.11 Runtuhan Batu.....	25
Gambar 2.12 Rayapan Tanah.....	25
Gambar 2.13 Aliran Bahan Rombakan.....	26
Gambar 2.14 Skema Jenis Pergerakan Tanah pada Lereng (Highland, 2004).....	29
Gambar 2.15 Mekanisme perubahan tinggi muka air yang sangat cepat (Ralph dan Peck, 1967).	33
Gambar 2.16 Macam-macam bidang gelincir (Priyantari dan Wahyono 2005)	35
Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian.....	39
Gambar 3.2 Desain lintasan pengukuran. Lintasan 1 hingga lintasan 3 didesain memanjang ke arah Barat hingga timur.	41
Gambar 3.3 menu utama RES2DINV	42
Gambar 3.4 Aplikasi membuka file	43
Gambar 3.5 Contoh data dalam bentuk .dat.....	44
Gambar 3.6 Aplikasi membuka menu editing.....	45
Gambar 3.7 Contoh editing data	45

Gambar 3.8 Aplikasi membuka Menu Inversi46

Gambar 3.9 Contoh tampilan hasil inversi46

Gambar 3.10 Aplikasi Membuka Menu Topography Option47

Gambar 3.11 Contoh Tampilan Topografi47

Gambar 3.12 Profil 2D hasil inversi data resistivitas semu lintasan 1 di daerah penelitian.....48

Gambar 3.13 Profil 2D hasil inversi data resistivitas semu lintasan 2 di daerah penelitian.....49

Gambar 3.14 Profil 2D hasil inversi data resistivitas semu lintasan 3 di daerah penelitia.....50

Gambar 4.1 Peta geologi regional daerah sekitar penelitian (modifikasi dari Sujanto dkk, 1997).....51

Gambar 4.2 Profil 2D hasil inversi data geolistrik lintasan 152

Gambar 4.3 Profil 2D hasil inversi data geolistrik lintasan 253

Gambar 4.4 Profil 2D hasil inversi data geolistrik lintasan 354

Gambar 4.5 Identifikasi patahan pada lintasan 155

Gambar 4.6 Identifikasi patahan pada lintasan 256

Gambar 4.7 Identifikasi patahan pada lintasan 356

Gambar 4.8 Interpolasi lintasan 1, lintasan 2, lintasan 358



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi longoran (Varnes, 1978 dalam Zakaria, 2009).
 7

Tabel 2.2 Variasi Material Bumi (Batuan) (Santoso, 2002) 16

Tabel 2.3 Resistivitas batuan beku dan batuan metamor 17

Tabel 2.4 Resistivitas batuan sediment (Telford et al. 1990)..... 19

Tabel 2.5 Penyebab umum tanah longsor (TRB, 1996) 27

Tabel 2.6 Kalasifikasi pergerakan lereng (Vernes, 1978) 28

Tabel 3.1 Data resistivitas yang di hasilkan pada pengambilan Data
 42

Tabel 3.2 Penghitungan Resistivitas semu pada data yang di dapat 42





DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1 Bidang Longsor.....	67
Gambar 2 Akuisisi lintasan 1	68
Gambar 3 Akuisisi lintasan 2 dan Akuisisi lintasan 3	68
Gambar 4 Interpolasi 3D lintasan 1, lintasan 2, lintasan 3	69
Gambar 5 Peta geologi regional daerah sekitar penelitian (modifikasi dari Sujanto dkk, 1997)	70





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Longsor merupakan gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Gangguan kestabilan tanah ini diakibatkan oleh terganggunya gaya yang bekerja pada lereng yang disebabkan karena adanya suatu proses mekanika gaya pendorong atau mengurangi gaya penahan pada lereng (Indrawati, 2009 (dalam Herlin, 2012)).

Faktor-faktor penyebab tanah longsor antara lain: hujan, lereng terjal, tanah yang kurang padat dan kurang tebal, batuan yang kurang kuat, jenis tata lahan, getaran, susut muka air danau atau bendungan, mengakibatkan adanya beban tambahan, pengikisan/ erosi, adanya material timbunan pada tebing, bekas longsor lama, adanya bidang diskontinuitas (bidang tidak sinambung), penggundulan hutan, daerah pembuangan sampah.

Bencana geologi seperti gempa bumi, gelombang tsunami, letusan gunung api merupakan bencana murni yang disebabkan oleh proses geologi, sehingga tidak dapat dicegah. Sebaliknya bencana geologi yang berupa gerakan massa tanah dan batuan atau longsor serta banjir sering terjadi tidak hanya akibat kondisi geologinya yang rawan, tetapi sering dipicu oleh aktivitas manusia.

Lokasi penelitian ini di dasari oleh adanya longsor di daerah Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec. Gedangan Kab. Malang yang mengakibatkan jalan raya desa mengalami penurunan tanah sebesar 2 meter sehingga pengambilan data resistivitas batuan ini akan di lakukan di desa tersebut agar mengetahui perlapisan batuan rawan longsor.

Pada penelitian longsor akan diidentifikasi menggunakan metode geolistrik untuk menentukan bidang gelincir yang diduga sebagai penyebab terjadinya tanah longsor ditinjau dari nilai resistivitas pada tiap lapisan dan untuk mengetahui struktur dan pelapisan tanah bawah permukaan di daerah Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec. Gedangan Kab. Malang. Informasi tentang struktur dan pelapisan tanah tersebut digunakan untuk mengetahui batas-batas kelabilan tanah yang dapat menjadi acuan dalam

mengatasi bencana longsor di daerah Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec. Gedangan Kab. Malang dan sekitarnya.

Metode geolistrik merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pendeteksian ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi baik itu oleh injeksi arus maupun secara alamiah. Salah satu metode geolistrik yang sering digunakan dalam pengukuran aliran listrik dan untuk mempelajari keadaan geologi bawah permukaan adalah dengan metode tahanan jenis (Telford,1978)

Oleh karena itu untuk mengetahui struktur dan pelapisan tanah di lokasi tersebut dilakukan penelitian dengan aplikasi geolistrik metode tahanan jenis dengan konfigurasi *Wenner - Schlumberger*. Konfigurasi *Wenner - Schlumberger* ini memiliki banyak kelebihan terutama tidak terlalu sensitif terhadap adanya perubahan lateral dan penetrasi inversi kedalamannya lebih dalam. Oleh sebab itu dilakukan penelitian tentang identifikasi batuan menggunakan metode resistivitas konfigurasi *Wenner - Schlumberger*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah nilai resistivitas semu struktur bawah permukaan di Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec. Gedangan Kab. Malang dengan konfigurasi *Wenner - Schlumberger* sebelum dilakukan inversi?
2. Bagaimanakah struktur bawah permukaan di daerah tersebut setelah dilakukan inversi berdasarkan nilai tahanan jenis dan arus listrik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi struktur bawah permukaan di daerah penelitian berdasarkan nilai resistivitas batuan.
2. Menentukan bidang gelincir beserta arah dari bidang longsor yang terjadi di daerah penelitian Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec. Gedangan Kab. Malang

1.4 Batasan Masalah

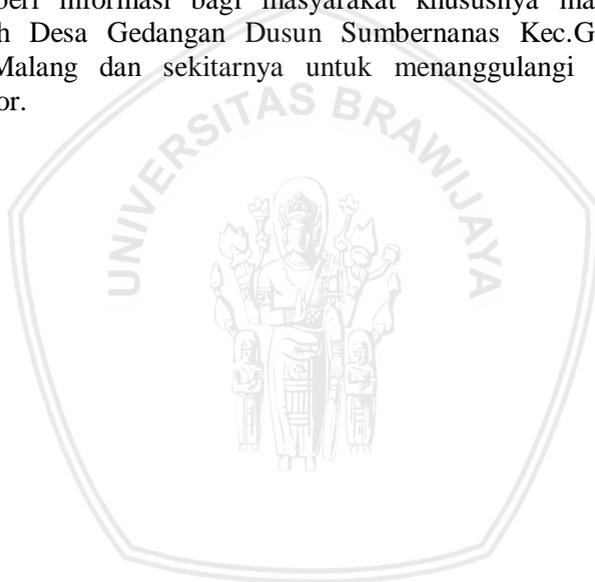
Batasan masalah dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian ini dilakukan di Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec. Gedangan Kab. Malang dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner-Schlumberger sebanyak tiga lintasan, tidak di lokasi lainnya.
2. Analisis data hanya dilakukan berdasarkan metode permodelan inversi 2D dan 3D menggunakan Res2Div, dan hanya membahas pendugaan bidang gelincir.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Meningkatkan informasi Geofisika di bidang mitigasi bencana.
2. Memberi informasi bagi masyarakat khususnya masyarakat daerah Desa Gedangan Dusun Sumbernanas Kec.Gedangan Kab.Malang dan sekitarnya untuk menanggulangi bencana longsor.



(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Geologi Regional

Jawa bagian timur, berdasarkan pola struktur utamanya, merupakan daerah yang unik karena wilayah ini merupakan tempat perpotongan dua struktur utama, yakni antara struktur arah Meratus yang berarah timurlaut - barat daya dan struktur arah Sekala yang berarah timur-barat (Pertamina – BPPKA, 1996; Sribudiyani et al., 2003). Arah Meratus lebih berkembang di daerah lepas pantai Cekungan Jawa Timur, sedangkan arah Sakala berkembang sampai ke daratan Jawa bagian timur. Struktur arah Meratus adalah struktur yang sejajar dengan arah jalur konvergensi Kapur Karangsambung – Meratus.

Daerah penelitian secara administrasi terletak di Daerah Gedangan, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Posisi secara geografis daerah penelitian berada pada koordinat yaitu X = 674000 mE - 683000 mE dan Y = 9079000 mN - 9088000 mN, dengan dimensi 9 x 9 km atau 81 km² yang berada pada Zona Pegunungan Selatan. Stratigrafi di daerah penelitian didasarkan akan karakteristik litologi yang mendominasi, dikelompokkan menjadi 6 (enam) satuan tidak resmi dan 2 (dua) satuan litodemik. Yaitu disusun oleh satuan breksi piroklastik Mandalika (N4 atau Oligosen Akhir-Miosen Awal) pada lingkungan darat, satuan litodem intrusi diorit (Miosen Awal), satuan litodem intrusi dasit (Miosen Awal), satuan breksi laharik Wuni (N9 atau Miosen Tengah) pada lingkungan transisi - laut dalam, satuan batu pasir Nampol (N11 - N13 atau Miosen Tengah) pada lingkungan back barrier lagoon - shoreface, satuan batugamping-klastik Wonosari (N11 - N16 atau Miosen Tengah - Miosen Akhir) pada lingkungan platform interior, satuan batugamping-terumbu Wonosari (Tf2 - Tf3 atau Miosen Tengah - Miosen Akhir) pada lingkungan platform margin, satuan endapan alluvial (*Resen*) pada lingkungan darat.

Struktur geologi yang berkembang pada daerah Gedangan dan sekitarnya berupa sesar mendatar. Sumbernanas (*Normal Left Slip Fault*), sesar mendatar Wangkal (*Thrust Left Slip Fault*), sesar

mendatar Sumberpakul (*Thrust Left Slip Fault*), sesar turun Gedangan (*Normal Slip Fault*).

2.2 Pengertian Gerakan Tanah

Gerakan tanah merupakan suatu konsekuensi fenomena dinamis alam untuk mencapai kondisi baru akibat gangguan keseimbangan lereng yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat ulah manusia. Gerakan tanah adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula (Varnes, 1978 dalam Zakaria, 2009). Gerakan tanah ini merupakan gerakan material pembentuk lereng berupa tanah, batuan atau kombinasi jenis material tersebut ke tempat yang lebih rendah karena pengaruh gaya gravitasi (Chowdhuri, 1978). Sehingga Semakin curam suatu lereng semakin besar pula kemungkinan material tersebut jatuh ke tempat yang lebih rendah.

Longsor terjadi karena adanya gangguan kesetimbangan gaya yang bekerja pada lereng yakni gaya pendorong (tegangan geser) dan gaya penahan (kuat geser). Kesetimbangan gaya yang bekerja tersebut disebabkan oleh adanya suatu proses yang menaikkan gaya pendorong atau mengurangi gaya penahan massa tanah/batuan yang menyebabkan lereng menjadi tidak stabil, sehingga massa tanah/batuan bergerak turun

2.3 Jenis-jenis Gerakan Tanah

Longsoran (*landslide*) merupakan bagian dari gerakan tanah yang jenis-jenisnya terdiri dari jatuhnya (*fall*), jungkiran (*toople*), luncuran (*slide*), nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerak horizontal atau bentangan lateral (*lateral spread*), rayapan (*creep*) dan longsoran majemuk. Adapun klasifikasi longsoran oleh Varnes (1978) dalam Zakaria (2009) seperti pada Tabel 1, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi longoran (Varnes, 1978 dalam Zakaria, 2009).

Jenis Gerakan (type of movement)			Jenis Material (type of material)		
			Batuan dasar	Tanah keteknikan	
				Bebas, Butir Kasar	Berbutir Halus
Jatuhan (falls)			Jatuhan batu	Jatuhan bahan Rombakan	Jatuhan Tanah
Jungkiran (toople)			Jungkiran batu	Jungkiran bahan Rombakan	Jungkiran Tanah
Gelinciran (slides)	Rotasi	Satuan sedikit	Nendatan batu	Nendatan bahan Rombakan	Nendatan Tanah
	Translasi	Satuan banyak	Luncuran bongkah batu	Luncuran bongkah bahan rombakan	Luncuran bongkah tanah
			Luncuran batu	Luncuran bahan rombakan	Luncuran Tanah
Gerak horizontal/bentang lateral			Bentang lateral Batu	Bentang lateral bahan	Bentang lateral tanah
Aliran (flow)			Aliran batu/rayapan dalam	Aliran bahan Rombakan	Aliran Tanah
				Rayapan tanah	
Majemuk (complex)			Gabungan dua atau lebih gerakan		

2.4 Metode Geolistrik

Metode geolistrik adalah suatu teknik investigasi dari permukaan tanah untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan atau material berdasarkan pada prinsip bahwa lapisan batuan atau masing-masing material mempunyai nilai resistivitas atau hambatan jenis yang berbeda-beda. Tujuan dari survei geolistrik adalah untuk

menentukan distribusi nilai resistivitas dari pengukuran yang dilakukan di permukaan tanah (Telford dkk, 1990).

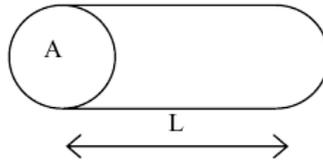
Metode resistivitas merupakan salah satu dari kelompok metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi. Adapun yang dipelajari mencakup pendeteksian besaran medan potensial dan medan elektromagnetik yang diakibatkan oleh aliran arus listrik. Metode ini dilakukan dengan mengalirkan arus listrik searah ke dalam bumi melalui elektroda arus, selanjutnya distribusi medan potensial diukur dengan elektroda potensial. Variasi nilai tahanan jenis dihitung berdasarkan besar arus dan potensial yang terukur (Santoso, 2002).

2.4.1 Sifat Listrik Batuan

Menurut Telford et al. (1982: 445 - 447) aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

2.4.1.1 Konduksi secara elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron - elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah *resistivitas* (tahanan jenis). *Resistivitas* adalah karakteristik bahan yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik. Begitu pula sebaliknya apabila nilai resistivitasnya rendah maka akan semakin mudah bahan tersebut menghantarkan arus listrik. *Resistivitas* mempunyai pengertian yang berbeda dengan *resistansi* (hambatan), dimana resistansi tidak hanya tergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut. Sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri.



Gambar 2.1 Silinder Konduktor

Jika ditinjau silinder konduktor dengan panjang L , luas penampang A , dan resistansi R , maka dapat dirumuskan :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.1)$$

di mana ρ adalah resistivitas (tahanan jenis) (Ωm), L adalah panjang silinder konduktor (m), A adalah luas penampang silinder konduktor (m^2), R adalah resistansi (Ω). Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi R dirumuskan :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

dan R adalah resistivitas, V adalah beda potensial (volt), I adalah kuat arus (ampere). Dari kedua rumus tersebut didapatkan nilai resistivitas (ρ) sebesar:

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.3)$$

Banyak orang sering menggunakan sifat konduktivitas (σ) bahan yang merupakan kebalikan dari resistivitas (ρ) dengan satuan mhos/m.

$$\sigma = 1/\rho = \frac{IL}{VA} = \left(\frac{I}{A}\right) \left(\frac{L}{V}\right) = \frac{J}{E} \quad (2.4)$$

di mana J adalah rapat arus (ampere/m^2), E adalah medan listrik (volt/m).

2.4.1.2 Konduksi Secara elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori - pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Batuan-batuan tersebut menjadikonduktor elektrolitik, di mana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang. Menurut persamaan Archie:

$$\rho_e = a\phi^{-m}S^{-n}\rho_w \quad (2.5)$$

ρ_e adalah resistivitas batuan (Ωm), ϕ adalah porositas, S adalah fraksi pori-pori yang berisi air, dan ρ_w adalah resistivitas air, sedangkan a , m , dan n adalah konstanta. m disebut juga faktor sementasi. Schlumberger menyarankan $n = 2$, untuk nilai n yang sama.

2.4.1.3 Konduksi Secara Dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini tergantung pada konduksi dielektrik masing-masing batuan yang bersangkutan

2.4.2 Aliran Listrik Di Dalam Bumi

2.4.2.1 Elektroda Berarus Tunggal Di Dalam Bumi

Menurut Telford et al. (1990) sebuah elektroda berdimensi kecil diinjeksikan dalam medium homogen isotropik. Ini berhubungan dengan metode mise-a-la-masse dimana elektroda tunggal terinjeksi di dalam tanah. Lintasan arus mengalir melalui elektroda yang lain, biasanya terdapat pada permukaan, tetapi dalam kasus lain pengaruh ini tidaklah sangat berarti.

Dari sistem yang simetri, potensial adalah fungsi r , dimana r adalah jarak dari elektroda pertama. Berdasarkan persamaan Laplace's pada koordinat bola, dinyatakan:

$$\nabla^2 V = d^2 V / dr^2 + (2/r) dV / dr = 0 \quad (2.6)$$

Mengalikan persamaan di atas dengan r^2 dan mengintegalkannya, diperoleh:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (2.7)$$

lalu diintegalkan lagi, diperoleh

$$V = -A/r + B \quad (2.8)$$

dimana A dan B adalah konstan, jika $V=0$ ketika $\infty \rightarrow r$, maka diperoleh $B=0$. Arus mengalir secara radial keluar ke semua arah dari titik elektroda. Arus total yang melintas pada permukaan bola diberikan oleh persamaan

$$I = 4 \pi r^2 J = -4 \pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -4 \pi \sigma A \quad (2.9)$$

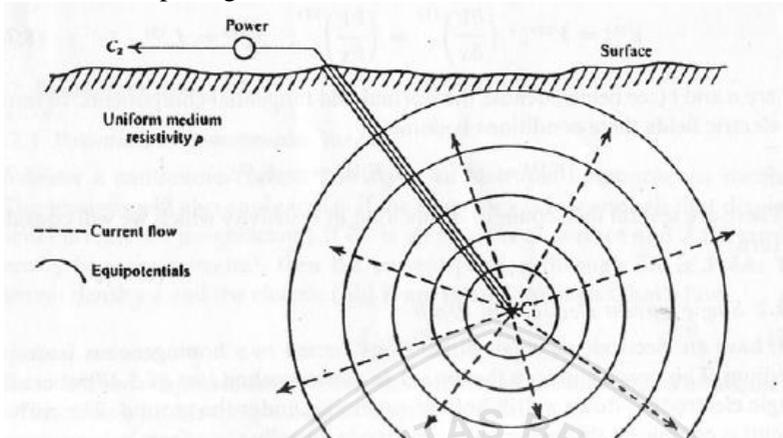
Dari persamaan

$$J = -4 \pi r^2 \sigma \text{ dan } \frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \text{ di peroleh } A = \frac{I \rho}{4 \pi} \quad (2.10)$$

Maka

$$V = \left(\frac{I \rho}{4 \pi} \right) \frac{1}{r} \text{ atau } \rho = 4 \pi r V / I \quad (2.11)$$

Pada bidang equipotensial, disetiap ortogonal pada garis aliran arus, akan menjadi permukaan bola dengan $r = \text{konstan}$. Diilustrasikan pada gambar di bawah ini



Gambar 2.2 Titik permukaan arus yang terinjeksi pada tanah homogen (Telford et al. 1990)

2.4.2.2 Elektroda Berarus Tunggal Di Permukaan Bumi

Menurut Telford et al. (1990) jika titik elektroda yang didalamnya mengalir I ampere yang diletakkan pada permukaan medium homogen isotropik dan jika udara di atas memiliki konduktivitas 0 (nol), maka sistem tiga titik yang digunakan dalam tampilan resistivitas permukaan. Selanjutnya elektroda arus kembali pada jarak yang besar. Kondisi batas yang agak berbeda dari kasus terdahulu, walaupun $B=0$ sama dengan sebelumnya saat $V=0$ $r = \infty$ dalam penambahannya $dV/dz = 0$ pada $Z = 0$ (saat $\sigma_{udara} = 0$)

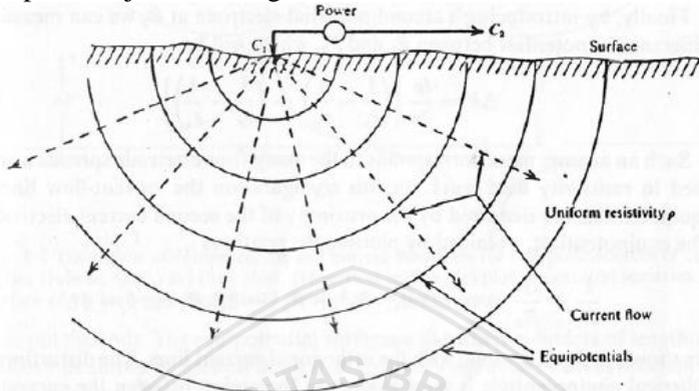
$$\frac{\partial V}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{A}{r} \right) = -\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{A}{r} \right) \frac{\partial r}{\partial z} = \frac{Az}{r^3} = 0 \text{ saat } z = 0 \quad (2.11)$$

(mengingat bahwa $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$)

Pada semua arus yang mengalir melalui permukaan setengah bola pada medium yang lebih rendah, atau $A = \frac{I\rho}{2\pi}$

$$\text{Sehingga dapat ditulis } V = \left(\frac{l\rho}{2\pi}\right)\frac{1}{r} \text{ atau } \rho = 2\pi r \frac{V}{l} \quad (2.12)$$

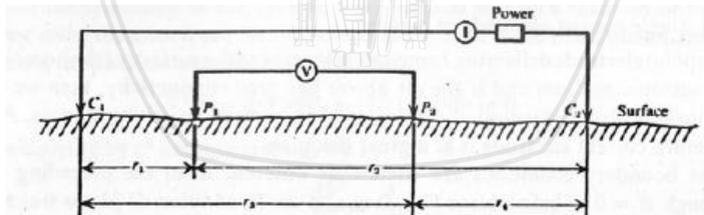
Potensial yang sama pada permukaan setengah bola di dalam tanah dapat ditunjukkan dari gambardi bawah ini



Gambar 2.3 Titik sumber arus pada permukaan medium homogen(Telford et al. 1990)

2.4.2.3 Dua Arus Elektroda Di Permukaan Bumi

Menurut Telford et al. (1990) saat jarak diantara dua arus elektroda adalah terbatas (lihatlah gambar 6) potensial yang dekat pada titik permukaan akan dipengaruhi oleh kedua arus elektroda tersebut.



Gambar 2.4 Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada permukaan tanah homogen isotropik pada resistivitas ρ (Telford et al. 1990)

Sama dengan sebelumnya, potensial yang disebabkan C_1 pada P_1 adalah

$$V_1 = \frac{A_1}{r_1} \text{ dimana } A_1 = \frac{l\rho}{2\pi} \quad (2.13)$$

Sama halnya potensial yang disebabkan C_2 pada P_1 adalah

$$V_2 = \frac{A_2}{r_2} \text{ dimana } A_2 = \frac{I\rho}{2\pi} = -A_1 \quad (2.14)$$

(karena arus pada dua elektroda sama dan berlawanan arah) sehingga diperoleh

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.15)$$

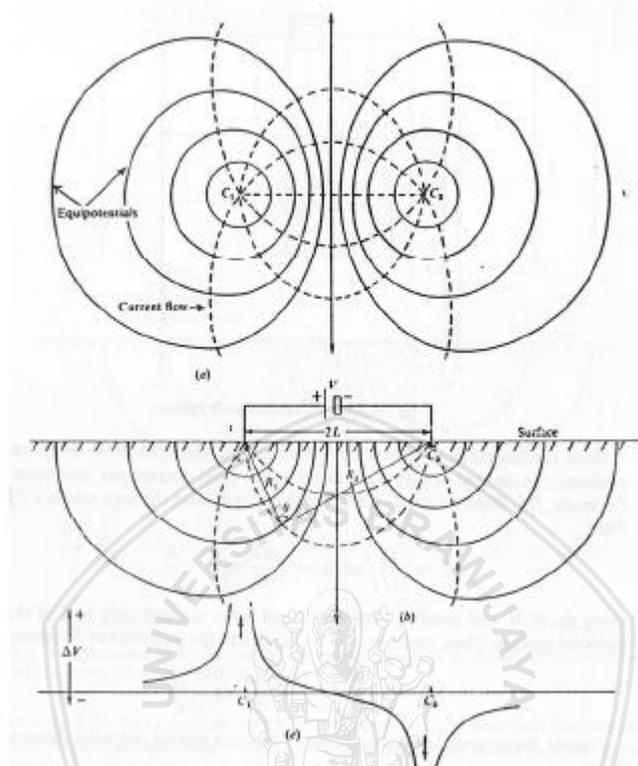
Setelah diketahui potensial elektroda yang kedua pada P_2 sehingga dapat mengukur perbedaan potensial antara P_1 dan P_2 maka akan menjadi

$$\nabla V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \left(\frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.16)$$

Hubungan yang tersusun pada empat elektroda yang menyebar secara normal digunakan dalam resistivitas medan gaya. Pada konfigurasi ini garis aliran arus dan bidang equipotensial yang berubah bentuk disebabkan oleh dekatnya elektroda arus yang kedua C_2 . Potensial yang sama diperoleh melalui penempatan hubungan

$$\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} = \text{kons} \tan R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos 0 = 4L^2 \quad (2.17)$$

Ditunjukkan pada Gambar 2.5 bersama-sama dengan garis arus ortogonal. Perubahan bentuk dari bola equipotensial terbukti dalam wilayah diantara arus elektroda.



Gambar 2.5 Perubahan bentuk pada bidang equipotensial dan garis aliran arus untuk dua titik sumber arus (a) sisi horizontal (b) sisi vertikal (c) menempatkan variasi potensial pada permukaan sepanjang garis lurus yang melewati titik sumber. (Telford et al. 1990)

2.5 Resistivitas Batuan

Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak. Pada mineral-mineral logam, harganya berkisar pada $10^{-5} \Omega\text{m}$, batuan seperti gabbro dengan harga berkisar pada $10^7 \Omega\text{m}$. Begitu juga pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan range resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari $1,6 \times 10^{-8}$ (perak asli) hingga $10^{16} \Omega\text{m}$ (belerang murni) (Telford et al. 1982: 450).

Konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari $10^{-5}\Omega\text{m}$, sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari $10^7\Omega\text{m}$. Dan di antara keduanya adalah bahan semikonduktor. Di dalam konduktor berisi banyak elektron bebas dengan mobilitas yang sangat tinggi. Sedangkan pada semikonduktor, jumlah elektron bebasnya lebih sedikit. Isolator dicirikan oleh ikatan ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak (Telford et al. 1982: 450).

Menurut Telford et al. (1982) secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

1. Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
2. Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
3. Isolator : $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.2 Variasi Material Bumi (Batuan) (Santoso, 2002)

Bahan	Resistivitas Ωm
Udara (dimuka bumi)	$2 \times 10^6 - 5 \times 10^7$
Air	
Distilasi	2×10^7
Permukaan	$3 \times 10^3 - 10^5$
Tambang	$40 - 6 \times 10^4$
Laut	21
Tembaga	
Murni	1.7×10^{-6}
Bijih	0.1
Besi	
Murni	10^{-5}
Meteorit	3×10^{-4}
Mineral	
Kalsit	5.5×10^{15}
Galena	0.001 – 0.25
Magnetik	0.008 – 0.5
Pirit	0.002 – 9
Kwarsa	4×10^{12}

Batugaram	$10^4 - 10^7$
Belerang	$10^{14} - 10^{17}$
Batuan	
Granit	$5 \times 10^5 - 10^9$
Gabro	$10^5 - 10^8$
Gneis	$2 \times 10^7 - 10^9$
Skis	$10^3 - 3 \times 10^9$
Batugamping	$6 \times 10^3 - 3 \times 10^5$
Batupasir	$10^2 - 10^5$
Serpilh	$2 \times 10^3 - 10^5$
Lempung dan tanah	$10^2 - 10^6$

Tabel 2.3 Resistivitas batuan beku dan batuan metamor (Telford et al. 1990)

Bahan	Resistivitas Ωm
Granit	$3 \times 10^2 - 10^6$
Granite porphyry	4.5×10^3 (basah) – 1.3×10^6
Feldspar porphyry	(kering)
Albite	4×10^3 (basah)
Syenite	3×10^2 (basah) – 3.3×10^3 (kering)
Diorite	$10^2 - 10^6$
Diorite porphyry	$10^4 - 10^5$
Porphyrite	1.9×10^3 (basah) – 2.8×10^4
Carbonatized porphyry	(kering)
Quartz porphyry	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – 3.3×10^3
Quartz Diorite	(kering)
Porphyry (various)	2.5×10^3 (basah) – 6×10^4 (kering)
Dacite	$3 \times 10^2 - 3 \times 10^5$
Andesite	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (basah) – 1.8×10^5 (kering)
Diabase porphyry	10^5 (kering)
Diabase (various)	60×10^4
Lavas	2×10^4 (basah)
Gabbro	4.5×10^4 (basah) – 1.7×10^2
Basalt	(kering)
Olivine norite	10^3 (basah) – 1.7×10^5 (kering)
Peridotite	$20 - 5 \times 10^7$

Hornfels	$10^2 - 5 \times 10^4$
Schists	$10^3 - 10^6$
Tults	$10 - 1.3 \times 10^7$ (kering)
Graphite Schists	$10^3 - 6 \times 10^4$ (basah)
Slates (various)	3×10^3 (basah) – 6.5×10^3 (kering)
Gneiss (various)	8×10^3 (basah) – 6×10^7 (kering)
Marmmer	$20 - 10^4$
Skarn	2×10^3 (basah) – 10^5 (kering)
Quartzites (various)	$10 - 10^2$
	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
	6.8×10^4 (basah) – 3×10^6 (kering)
	$10^2 - 2.5 \times 10^8$ (kering)
	2.5×10^2 (basah) – 2.5×10^8 (kering)
	$10 - 2 \times 10^8$



Tabel 2.4 Resistivitas batuan sediment (Telford et al. 1990)

Bahan	Resistivitas Ωm
Consolidated shales (serpihan gabungan)	$20 - 2 \times 10^3$ $10 - 8 \times 10^2$
Argillites	$2 \times 10^3 - 10^4$
Konglomerat	$1 - 6.4 \times 10^8$
Batupasir	$50 - 10^7$
Batugamping	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Dolomite	
Unconsolidated wet clay (lempung basah tidak gabungan)	20 3 - 70 1 - 100
Marls	10 - 800
Lempung	4 - 800
Alluvium dan pasir	
Oil sands	

2.5.1 Geolistrik Metode Tahanan Jenis

Metode geolistrik resistivitas atau tahanan jenis adalah salah satu dari kelompok metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi. Metode resistivitas umumnya digunakan untuk eksplorasi dangkal, sekitar 300 – 500 m. Prinsip dalam metode ini yaitu arus listrik diinjeksikan ke alam bumi melalui dua elektrode arus, sedangkan beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektrode potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik dapat diperoleh variasi harga resistivitas listrik pada lapisan di bawah titik ukur. (Vingoe, 1972).

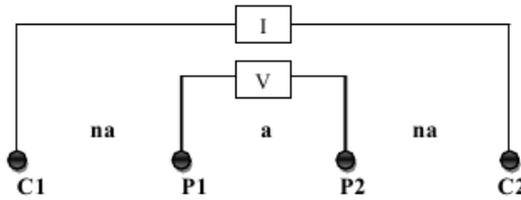
Metode kelistrikan resistivitas dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik dengan frekuensi rendah ke permukaan bumi yang kemudian diukur beda potensial diantara dua buah elektrode potensial. Pada keadaan tertentu, pengukuran bawah permukaan dengan arus yang tetap akan diperoleh suatu variasi beda tegangan yang berakibat akan terdapat variasi resistansi yang akan membawa suatu informasi tentang struktur dan material yang

dilewatinya. Prinsip ini sama halnya dengan menganggap bahwa material bumi memiliki sifat resistif atau seperti perilaku resistor, dimana material-materialnya memiliki derajat yang berbeda dalam menghantarkan arus listrik.

Berdasarkan pada tujuan penyelidikan, metode resistivitas dibedakan menjadi dua yaitu mapping dan sounding. Metode geolistrik resistivitas mapping merupakan metode resistivitas yang bertujuan mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal. Oleh karena itu, pada metode ini digunakan jarak spasi elektrode yang tetap untuk semua titik datum di permukaan bumi. Sedangkan metode resistivitas sounding bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan bumi secara vertikal. Pada metode ini pengukuran pada satu titik ukur dilakukan dengan cara mengubah-ubah jarak elektrode. Perubahan jarak elektrode tidak dilakukan secara sembarang, tetapi mulai jarak elektrode kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektrode ini sebanding dengan kedalaman lapisan yang terdeteksi. (Vingoe, 1972).

2.5.2 Konfigurasi Elektroda Metode Wenner Schlumberger

Konfigurasi Wenner-Schlumberger adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 atau C2-P2 dengan spasi antara P1-P2 seperti pada Gambar 2.6. Jika jarak antar elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2na+a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan empat buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus (Sakka, 2001 dalam Priambodo dkk, 2011).



Gambar 2.6 Pengaturan elektroda konfigurasi WennerSchlumberger (Sakka, 2001 dalam Priambodo dkk, 2011).

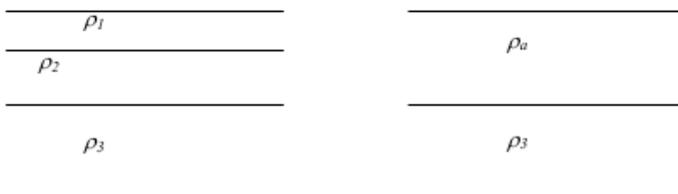
2.5.3 Konsep Resistivitas Semu

Bumi diasumsikan sebagai bola padat yang mempunyai sifat homogen isotropis pada metode tahanan jenis konfigurasi Schlumberger, dengan asumsi ini, maka seharusnya resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung atas spasi elektroda, $\rho = K \frac{\nabla V}{I}$ Bumi pada kenyataannya terdiri atas lapisan-lapisan dengan ρ yang berbeda-beda sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Maka harga resistivitas yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja, tetapi beberapa lapisan. Hal ini terutama untuk spasi elektroda yang lebar.

$$\rho_a = K \frac{\nabla V}{I} \tag{2.18}$$

Dengan ρ_a adalah apparent resistivity (resistivitas semu) yang bergantung pada spasi elektroda.

Untuk kasus tak homogen, bumi diasumsikan berlapis-lapis dengan masing - masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Sebagai contoh



Gambar 2.7 Medium Berlapis dengan Variasi Resistivitas

Medium berlapis yang ditinjau terdiri dari dua lapis yang berbeda resistivitasnya (ρ_1 dan ρ_2) dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang mempunyai satu harga resistivitas, yaitu resistivitas semu ρ_a , dengan konduktansi lapisan fiktif sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan $\sigma_a = \sigma_1 + \sigma_2$ (Adhi, 2007 dalam Rahmawati, 2009).

2.6 Zona Labil

Zona labil merupakan suatu wilayah yang menunjukkan daerah itu mempunyai kondisi tanah yang terus bergeser, pergeseran tanah ini dapat terjadikarena longsor, peretakan tanah atau bisa juga daerah itu dilalui patahan bumi. Daerah yang rentan terhadap geseran tanah adalah daerah dekat atau sepanjang patahan. Kawasan permukiman (built-up areas), bendungan dan jembatan, jaringan jalan raya dan kereta api, tanah pertanian, dan sistem alur sungai. Daerah-daerah lingkungan endapan sungai, bekas pantai/zona pantai, tanah urugan dan bekas danau atau rawa merupakan daerah-daerah yang rentan terhadap kedua peristiwa alam tersebut. Akibat dari dua peristiwa alam tersebut dapat merusakkan atau menghancurkan bangunan, meretakan bendungan, sistem irigasi, jaringan jalan, hilangnya tanah pertanian, memutuskan hubungan permukiman, dan lain-lain (Suseno 2007: 16).

Geseran tanah yang sering terjadi adalah tanah longsor yang merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Longsoran umumnya terjadi jika tanah sudah tidak mampu menahan berat lapisan tanah di atasnya karena ada penambahan beban pada permukaan lereng dan berkurangnya daya ikat antarbutiran tanah akibat tidak ada pohon keras (berakar tunggang). Faktor pemicu utama kelongsoran tanah adalah air hujan. Tanah longsor banyak terjadi di perbukitan dengan ciri-ciri: kecuraman lereng lebih dari 30 derajat, curah hujan tinggi, terdapat lapisan tebal (lebih dari 2 meter) menumpang di atas tanah/batuan yang lebih keras, tanah lereng terbuka yang dimanfaatkan sebagai permukiman, ladang, sawah atau kolam (Suseno 2007: 16).

Dengan demikian, air hujan leluasa menggerus tanah dan masuk ke dalam tanah. Juga diperburuk dengan jenis tanaman di permukaan lereng yang kebanyakan berakar serabut dan hanya bisa mengikat

tanah tidak terlalu dalam sehingga tidak mampu menahan gerakan tanah. Daerah dengan ciri seperti itu merupakan daerah rawan longsor. Jika suatu daerah termasuk kategori rawan longsor, kejadian longsor sering diawali dengan kejadian hujan lebat terus-menerus selama lima jam atau lebih atau hujan tidak lebat tetapi terus-menerus hingga beberapa hari, tanah retak di atas lereng yang selalu bertambah lebar dari waktu ke waktu, pepohonan di lereng terlihat miring ke arah lembah, banyak terdapat rembesan air pada tebing atau kaki tebing, terutama pada batas antara tanah dan batuan di bawahnya.

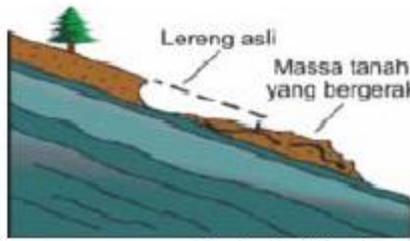
Selain merupakan daerah rawan longsor kawasan zona labil biasanya merupakan daerah yang di lalui oleh patahan bumi, daerah ini sangat labil karena kondisi tanah yang ada di sana terus bergerak, hal ini dipengaruhi oleh gerakan lempeng-lempeng bumi secara konvergen atau saling bertumbukan. Pergerakan kulit bumi yang berupa lempeng-lempeng tektonik itu muncul dalam wujud gelombang yang disebut gempa. Pergerakan lempeng tektonik menciptakan kondisi terjepit atau terkunci dimana terjadi penimbunan energi dengan suatu jangka waktu tertentu yang untuk selanjutnya dilepaskan dalam bentuk gelombang gempa, energi gelombang gempa bumi akan dikonsentrasikan dan difokuskan jika gelombang gempa bumi melintas di jalur patahan, guncangan dari gempa bumi ini dapat menggeser posisi tanah baik ke arah lateral ataupun horizontal dan dapat pula pada arah vertikal sehingga terjadi amblesan di sekitar patahan itu (Suseno 2007: 18).

2.7 Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Ada 6 jenis tanah longsor, yakni :

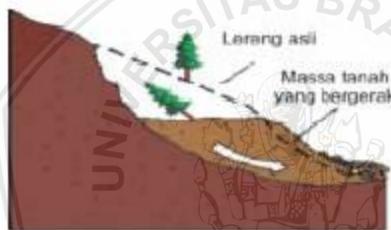
1. Longsoran Translasi



Gambar 2.8 Longsoran Translasi

Longsoran translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.

2. Longsoran Rotasi



Gambar 2.9 Longsoran Rotasi

Longsoran rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.

3. Pergerakan blok



Gambar 2.10 Pergerakan Blok

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu.

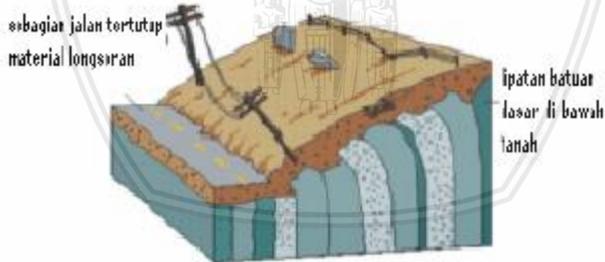
4. Runtuhan Batu



Gambar 2.11 Runtuhan Batu

Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.

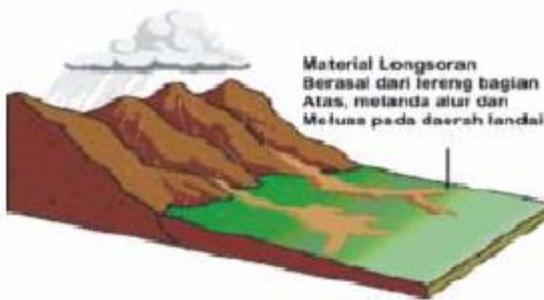
5. Rayapan Tanah



Gambar 2.12 Rayapan Tanah

Rayapan Tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.

6. Aliran Bahan Rombakan



Gambar 2.13 Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

2.8 Tipikal Tanah Longsor

Tanah longsor dapat didefinisikan sebagai pergerakan masa tanah/batuan ke arah bawah yang disebabkan dan dipicu oleh faktor – faktor alam seperti jenis batuan, bentuk lahan, struktur dan perlapisan batuan, kemiringan lereng, tebal tanah/bahan lapuk, curah hujan dan tutupan vegetasi. Proses pergerakan ini dapat secara bergeser (*sliding*), menggelinding (*rolling*), reruntuhan (*falling*), atau mengalir (*flowing*). Longsor biasanya terjadi pada lahan berbukit, lahan hasil pemotongan lereng untuk jalan atau permukiman, dan juga lahan – lahan galian tambang. Longsor terjadi karena lereng tidak stabil, sehingga material/batuan di atas lereng kemudian bergerak menurun.

Ketidakstabilan lereng dapat dikarenakan beberapa sebab, yang utama adalah penjuhan material oleh air (hujan). Penjuhan material menyebabkan beban material semakin bertambah. Kemudian karena pengaruh gravitasi, aliran air yang tidak tertampung dan juga adanya batas kontak antara material stabil dan tidak stabil yang berfungsi sebagai bidang gelincir, material tidak

stabil ini bergerak menuruni lereng sampai pada area dimana gravitasi tidak berpengaruh lagi.

Tabel 2.5 Penyebab umum tanah longsor (TRB, 1996)

Kelompok Faktor penyebab	Suber Penyebab
Faktor Geologi	<ul style="list-style-type: none"> a. Lapisan batuan yang lemah dan sensitif b. Pelapukan batuan c. Pergeseran batuan d. Retakan atau pertemuan lapisan batuan e. Perbedaan permeabilitas lapisan tanah f. Perbedaan kekuatan batuan (kaku, padat, plastis)
Faktor Morfologi	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengangkatan tektonik atau vulkanik b. Lapisan es c. Erosi d. Perubahan letak beban pada lereng
Faktor Fisik	<ul style="list-style-type: none"> a. Curah hujan yang sangat tinggi b. Pencairan es c. Hujan yang sangat lama d. Perubahan muka air tanah e. Gempa bumi f. Letusan vulkanik g. Kembang – susut karena pelapukan tanah
Faktor Manusia	<ul style="list-style-type: none"> a. Penggalian lereng b. Penggundulan hutan (deforestation) c. Penambangan d. Getaran-getaran buatan, seperti percobaan nuklir

Sistem klasifikasi yang didasarkan pada parameter-parameter ini ditunjukkan pada Tabel 2.6 Sistem klasifikasi lain yang digunakan adalah dengan memasukkan beberapa variable tambahan, seperti kecepatan pergerakan (the rate of movement) dan kandungan air, udara dan es pada material yang mengalami longsor. Gambar 2.14 menunjukkan ilustrasi dari peristiwa tanah longsor beserta dengan penjelasan terminologi yang lazim. Dilihat dari mekanisme longsorannya, tanahlongsor dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu luncuran (*slide*), reruntuhan (*fall*), jatuhan (*topple*), dan aliran (*flow*).

Tabel 2.6 Kalasifikasi pergerakan lereng (Vernes, 1978)

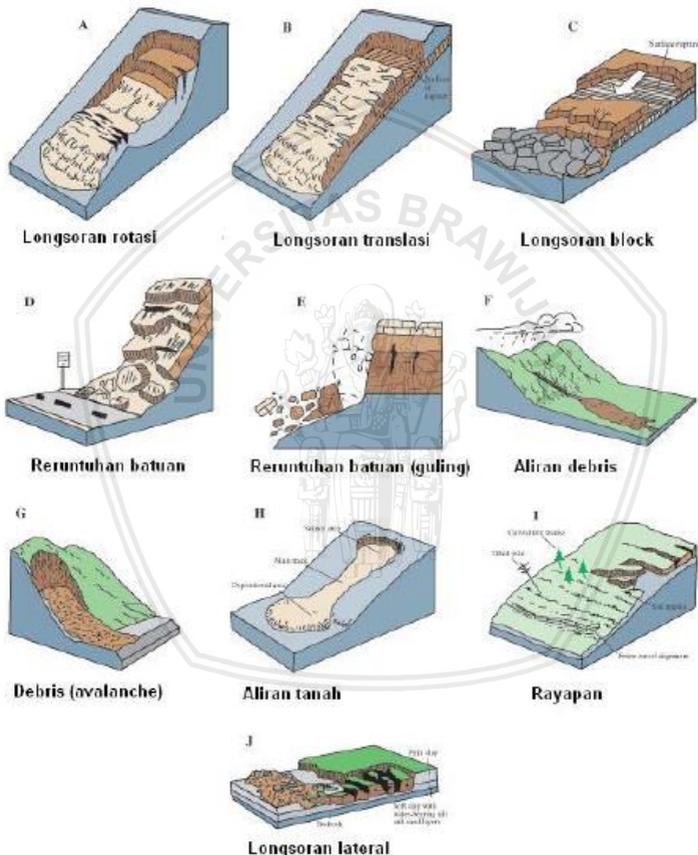
Jenis Pergerakan	Jenis Material		
	Tanah		
	Batuan	Butir kasar	Butir halus
Reruntuhan (falls)	Reruntuhan batu	Reruntuhan debris	Reruntuhan tanah
Jatuhan (topples)	Jatuhan batu	Jatuhan debris	Jatuhan tanah
Longsoran Rotasi (slides) Translasi	Longsoran batu	Debris slide	Earth slide
Lateral (lateral spread)	Batuan menyebar	Debris menyebar	Tanah menyebar
Aliran (flow)	Aliran batu Rayapan batu	Aliran debris Rayapan tanah	Aliran tanah Rayapan tanah
Komplek (complex)	Kombinasi dua atau lebih dari jenis pergerakan tanah		

A. Keruntuhan geser atau longsoran (*sliding failures*)

Pergerakan masa tanah ini terjadi karena perbedaan jenis lapisan tanah yang mana lapisan tanah atau batuan yang stabil berada di atas lapisan yang tidak stabil. Terdapat dua jenis utama untuk keruntuhan tanah longsoran yaitu longsoran rotasi dan longsoran translasi. Perbedaan keduanya adalah pada bentuk bidang gelincirnya. Bidang longsor pada jenis rotasi berbentuk cekung ke atas (Gambar 2.14a). Sedangkan bidang longsor berupa bidang datar dengan sedikit berbentuk cekungan ke atas (Gambar 2.14b). Pergerakan tanah jenis translasi dapat pula dalam satu kesatuan berupa blok tanah A (Gambar 2.14c).

B. Reruntuhan batuan (*fall failures*)

Keruntuhan jenis ini lebih sering terjadi pada lereng batuan yang mana batuan bergerak hingga terlepas dari lereng yang terjal seperti pada gambar 2.15d. Pergerakan masa batuan dipengaruhi oleh gravitasi, proses pelapukan mekanis, dan rembesan air. Longsor jenis reruntuhan batuan ini biasanya terjadi pada agregat batuan yang pelapukannya tidak merata, batuan yang mempunyai banyak kekar (*joint*) atau retakan (*fracture*), atau pada batas antara dua jenis batuan berbeda atau zona kontak batuan (*bedding planes*).



Gambar 2.14 Skema Jenis Pergerakan Tanah pada Lereng (Highland, 2004)

C. Jatuhan (*toppling failures*)

Runtuhan (*topples*) adalah runtuhnya sekelompok massa batuan yang diakibatkan gravitasi bumi. Perbedaan longsoran jenis runtuhan dengan jenis reruntuhan lainnya adalah adanya gerak rotasi massa material kedepan dari satu atau beberapa blok material, baik pada pusatnya, di bawah atau di dasar blok, pada wilayah yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan pada gaya desak yang disebabkan oleh blok material yang berdekatan atau kandungan air yang dimiliki oleh blok material tersebut pada wilayah longsoran (Gambar 2.14e).

D. Flows failures (Longsoran aliran)

Aliran (*flow*) adalah longsoran material yang menuruni lereng dengan ukuran yang bervariasi mulai dari fragmen tanah halus sampai bongkah yang bercampur dengan air. Longsor aliran memiliki perbedaan karakteristik, yaitu :

1. Aliran debris (*debris flow*): Gambar 2.14f memperlihatkan skema aliran debris (*debris flow*). Pada tipe ini, material longsoran adalah campuran material-material berupa tanah lepas, batuan, bahan-bahan organik, udara, serta air yang membentuk massa material menjadi lebih cair, yang kemudian bergerak secara cepat menuruni lereng. Aliran debris meliputi kandungan lapisan tanah bergradasi baik kurang dari 50 % yang biasanya berasal dari aliran air permukaan (*run-off water*). Aliran air permukaan tersebut menghanyutkan dan membawa tanah lepas atau batuan pada lereng yang curam. Aliran debris secara umum juga berbeda dengan tipe tanah longsor lainnya, materialnya berada pada kondisi jenuh air, dan mengandung proporsi lanau dan pasir yang besar. Wilayah sumber aliran debris umumnya berbentuk selokan yang curam (*steep gullies*), dan sisa-sisa material aliran debris dapat diindikasikan oleh kandungan sebaran debris pada mulut selokan. Debris flow adalah longsoran material dengan ukuran yang bervariasi (dari halus hingga kasar) yang bercampur dengan air. Debris flow biasanya terjadi pada waktu hujan deras pada lereng curam. Debris flow merupakan salah satu jenis longsor yang sering terjadi di Indonesia.

2. Debris bahan rombakan (*debris avalanche*): Jenis aliran ini adalah jenis aliran debris yang bergerak sangat cepat dan dalam masa yang besar. Skema ilustrasi aliran tipe ini ditunjukkan pada gambar 2.14g.
3. Aliran tanah (*earthflow*): longsor dengan jenis aliran ini memiliki karakteristik hampir sama dengan *aliran debris*, hanya saja ukuran materialnya relatif halus dan seragam. Aliran tanah biasanya terjadi pada lahan dengan kemiringan lereng yang tidak terlalu curam sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 2.14h. Tanah pada lereng berada dalam kondisi cair dan mengalir membentuk seperti sebuah "mangkuk". Longsor ini selalu terjadi pada material-material yang bergradasi baik atau lempung bebatuan pada lereng yang lunak serta berada pada kondisi jenuh air. Akan tetapi, longsor jenis ini juga bisa terjadi pada material granular yang kering. Jika aliran tanah mengandung 50% pasir, lanau, partikel lempung, maka material ini dapat bergerak secara cepat. Sehingga jenis aliran tanah ini sering disebut dengan aliran lumpur (*mudflow*).
4. Rayapan (*creep*): Rayapan adalah aliran material berupa batuan dan tanah pada lereng, yang bergerak secara sangat perlahan dan dalam waktu yang relatif lama, mantap (*steady*), dan bergerak menurun (tidak seperti longsor yang sifat gerakannya cepat dan dalam waktu yang singkat). Pergerakan material disebabkan oleh cukupnya tegangan geser untuk mengakibatkan terjadinya deformasi tetap (*permanent deformation*), tetapi sangat kecil untuk mengakibatkan terjadinya retakan/kerusakan geser. Terdapat tiga jenis aliran creep yaitu : (1) berubah-ubah (*seasonal*), dimana pergerakan material terjadi sampai pada kedalaman tanah yang suhu dan kelembapannya berubah-ubah. (2) menerus (*continuous*), dimana tegangan geser secara terus menerus melebihi kekuatan material; dan (3) bertahap (*progressive*), dimana lereng mencapai titik keretakan seperti pada tipe pergerakan massa material lainnya. Secara visual kenampakan soil creep tidak mudah dikenali dalam waktu yang singkat karena kenampakan morfologi permukaannya biasanya relatif tidak terlalu berubah. Namun ada beberapa indikator yang dapat

digunakan untuk mengidentifikasi rayapan, antara lain adanya pohon, tiang listik yang miring, dan retak - retak pada permukaan tanah seperti gelombang - gelombang tanah atau punggung bukit (Gambar 2.14i)

E. Longsor lateral (*lateral-spreading failures*)

Longsor lateral adalah peristiwa yang unik karena terjadi pada kemiringan yang landai atau pada wilayah yang cenderung datar (Gambar 2.14j). Karakteristik dominan dari pergerakan materialnya adalah perpanjangan lateral yang diikuti dengan retakan geser dan tarik. Longsor terjadi karena likuifaksi, proses terjadinya likuifaksi karena kondisi material tanah yang jenuh air, lepas, serta daya lekat sedimennya rendah sehingga menyebabkan kondisi tanah berubah dari padat menjadi cair. Longsor biasanya terjadi karena dipicu oleh pergerakan tanah yang cepat, seperti ketika terjadinya gempa, tapi terkadang juga tidak terlalu mempengaruhi. Ketika material yang saling terikat baik itu batuan dasar ataupun tanah, berubah kondisinya menjadi cair, blok bagian atas akan mengalami kerusakan/keretakan dan meluas dan kemudian material tersebut berkurang, berubah bentuk, berotasi/berputar, hancur atau mencair dan kemudian akan mengalir. Longsor sebaran lateral di wilayah yang landai untuk material bergradasi baik berlangsung secara bertahap. Longsor terjadi secara tiba-tiba pada sebuah wilayah yang sempit dan menyebar secara cepat. Secara umum, tanda terjadi longsor dimulai dengan adanya runtuh sedikit material walaupun pada beberapa pergerakan material tidak terdapat alasan yang jelas kenapa sehingga longsor bisa terjadi. Kombinasi dua atau lebih jenis longsor diatas disebut sebagai tanah longsor kompleks.

Varnes (1978) menyebutkan bahwa proses tanah longsor merupakan rangkaian kejadian yang menerus dari penyebab (*causes*) hingga dampak (*effect*). Menghilangkan faktor penyebab tanah longsor, meskipun kelihatannya mudah dilakukan, akan tetapi hal itu tidak selalu bisa dilakukan. Pada beberapa kasus, melakukan perbaikan dampak tanah longsor lebih ekonomis daripada menghilangkan faktor penyebab seperti dijelaskan di atas.

Suatu lereng akan mengalami keruntuhan atau longsor secara mekanika disebabkan oleh dua komponen yaitu meningkatnya tegangan geser dan berkurangnya kuat geser. Peningkatan tegangan geser pada lereng dapat disebabkan karena beberapa hal yaitu :

1. penambahan beban pada lereng seperti penambahan struktur bangunan dan timbunan di bagian atas lereng,
2. meniadakan struktur perkuatan karena pemotongan dan pemindahan bagian kaki lereng, atau keruntuhan lereng yang tertahan (*retarded slope failure*),
3. perubahan tinggi muka air tanah yang sangat cepat pada lereng (*sudden drawdown*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15,
4. gaya dari gempa bumi yang menyebabkan meningkatnya gaya yang mendorong blok tanah pada arah horizontal.



Gambar 2.15 Mekanisme perubahan tinggi muka air yang sangat cepat (Ralph dan Peck, 1967).

Ralph dan Peck (1967) menyebutkan terkait penyebab pertama bahwa bila pada area yang pernah terjadi longsor kemungkinan tidak akan terjadi longsor lagi maka biasanya aktifitas konstruksi akan segera dimulai di dekat area tersebut. Namun, bila area longsor tersebut kemungkinan terjadi lagi, maka konstruksi sekecil apapun akan menyebabkan longsor yang lebih luas.

Berkurangnya kuat geser dapat ditimbulkan karena beberapa faktor yaitu :

1. meningkatnya tekanan air pori karena infiltrasi air ke dalam lereng, debit air yang tidak terkontrol pada saluran drainase, atau gempa bumi yang mengakibatkan naiknya tekanan air pori,
2. tanah pada lereng mengandung mineral lempung yang mengembang sehingga mudah menyerap air tetapi dapat menghilangkan lekatan tanah,
3. pelapukan dan degradasi fisika – kimia karena pertukaran ion, proses hidrolisis, penggaraman,
4. keruntuhan yang bertahap karena penguatan regangan geser (shear strain softening).

Jenis longsoran translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsoran yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

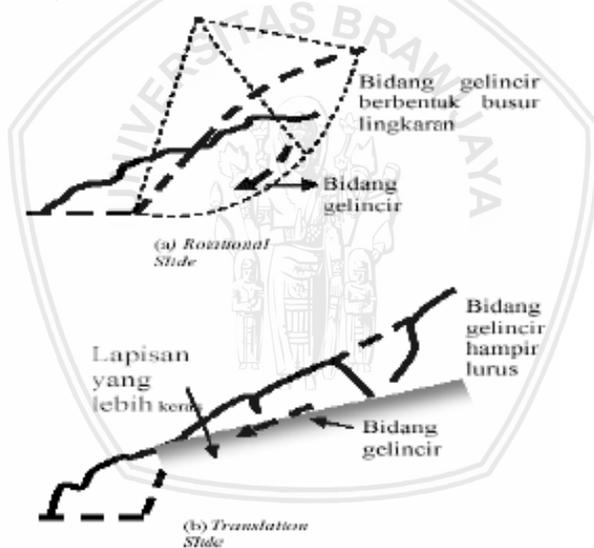
Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan. Sedangkan faktor-faktor penyebab tanah longsor adalah hujan, lereng terjal, tanah yang kurang padat dan tebal, batuan yang tidak kompak, jenis penggunaan lahan, getaran, penyusutan permukaan danau/waduk, beban tambahan, erosi, material timbunan pada tebing, bekas longsoran lama, adanya bidang diskontinuitas dan penggundulan hutan (RAD PRB prov. Jateng 2008).

Biasanya tanah yang longsor bergerak pada suatu bidang tertentu. Bidang ini disebut bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Bentuk bidang gelincir ini sering mendekati busur lingkaran, dalam hal ini tanah longsor tersebut disebut rotational slide yang bersifat berputar. Ada juga tanah longsor yang terjadi pada bidang gelincir yang hampir lurus dan sejajar dengan muka tanah, dalam hal ini tanah longsor disebut translational slide. Tanah longsor semacam ini biasanya terjadi bilamana terdapat lapisan agak keras yang sejajar dengan permukaan lereng. Pada

Gambar 14, diperlihatkan contoh dari kedua macam longsoran (Wesley 2012).

Jika lereng terletak pada suatu lapisan tanah yang sangat lunak, tidak padat ataupun lapisan batu, bidang longsor mungkin tidak berupa lingkaran. Kelongsoran semacam ini dapat terjadi pada tanah timbunan yang dipadatkan berlapis-lapis, namun pada salah satu lokasi tertentu atau lebih, terdapat lapisan yang lunak.

Kecepatan longsoran dan kerusakan yang terjadi tergantung pada homogenitas tanah lempungnya dan kandungan lapisan tanah yang lolos air di dalam tanah timbunannya. Distribusi tekanan air pori dari tanah mudah meloloskan air yang ditimbunkan pada kondisi kadar air yang tinggi, dapat mengurangi kuat geser tanah yang terletak di bawahnya, sehingga dapat menambah kemungkinan terjadi longsoran (William and Stanislav dalam Priyantari dan Wahyono 2005).



Gambar 2.16 Macam-macam bidang gelincir (Priyantari dan Wahyono 2005)

Tanah longsor merupakan gejala dari gerak tanah yaitu Bergeraknya massa regolith ke tempat yang lebih rendah akibat gaya tarik gravitasi. Hal ini akibat hilangnya keseimbangan awal, dan

untuk mencapai keseimbangan baru terjadilah longsoran. Pada zona Labil pergerakan tanah terjadi pada saat pembentukan muka bumi dan pergerakan tanah permukaan (Ristianito 2007: 20).

Faktor-faktor geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah morfologi, litologi, stratigrafi dan struktur geologi. Struktur geologi yang mempengaruhi gerak tanah adalah seperti komposisi lapisan, dan formasi susunan batuan. Adanya pengaruh dari beberapa faktor lain seperti curah hujan, kandungan air di dalam batuan, vegetasi, beban batuan, gempa bumi dan lain sebagainya (Ristianito 2007: 21).

Proses gerak tanah meliputi (Ristianito 2007: 21) :

1. Kegagalan lereng

Gaya gravitasi yang selalu menarik kebawah membuat lereng bukit dan gawir pegunungan rawan untuk runtuh. Slum adalah keruntuhan lereng dimana batuan atau regolith bergerak turun dan maju disertai gerak rotasional yang bergerak berlawanan dengan arah massa yang bergerak. kegagalan lereng secara mendadak yang mengakibatkan berpindahnya massa batuan yang relatif koheren dengan slumping, jatuh (falling), atau meluncur (sliding).

2. Falls dan Slides

Gerak pecahan batuan besar atau kecil yang terlepas dari batuan dasar dan jatuh bebas dinamakan rock fall. Biasanya terjadi pada tebing-tebing yang terjal, dimana material yang lepas tidak dapat tetap di tempatnya. Jika material yang bergerak masih agak koheren dan bergerak di atas permukaan suatu bidang disebut rock slides. Bidang luncurnya dapat berupa bidang rekahan, kekar atau bidang pelapisan yang sejajar dengan lereng.

3. Aliran (flow)

Aliran terjadi apabila material bergerak turun lereng sebagai cairan kental dengan cepat. Biasanya materialnya jenuh air. Yang sering terjadi adalah mud flow, aliran debris dengan banyak air dan partikel utamanya adalah partikel halus. Tipe gerak tanah ini terjadi di daerah dengan curah hujan tinggi seperti di Indonesia. aliran (flow) campuran sedimen, air, udara, dengan memperhatikan kecepatan dan konsentrasi sedimen yang mengalir.

4. Patahan

Patahan yaitu gerakan pada lapisan bumi yang sangat besar dan berlangsung yang dalam waktu yang sangat cepat, sehingga

menyebabkan lapisan kulit bumi retak atau patah. Bagian muka bumi yang mengalami patahan seperti graben dan horst. Horst adalah tanah naik, terjadi bila terjadi pengangkatan. Graben adalah tanah turun, terjadi bila blok batuan mengalami penurunan. Ada beberapa jejak yang ditimbulkan oleh gesekan pada batuan diantaranya adalah gores garis atau slickensides, gesekan antara batuan yang keras, permukaannya menjadi halus dan licin disertai goresan-goresan pada bidang sesar. Kebanyakan gerak sesar menghancurkan batuan yang bergesekan menjadi berbagai ukuran tidak beraturan, membentuk breksi sesar atau fault breccia (Ristiano 2007: 24).

Berdasarkan pada klasifikasi Vernes dan Eckel dalam Ristiano (2007: 24) maka gerakan tanah terdapat tujuh jenis gerakan, yaitu soil fall, rock fall, sand run, debris slide, earth flow, debris avalance dan blook glide, sedangkan gerakan terbanyak adalah jenis debris slide, merupakan 51,83% dari seluruh gerakan. Pada umumnya gerakan tanah terjadi pada daerah sekitar kontak ketidakselarasan antara satuan batu lempung dengan sisipan-sisipan batu pasir.



(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

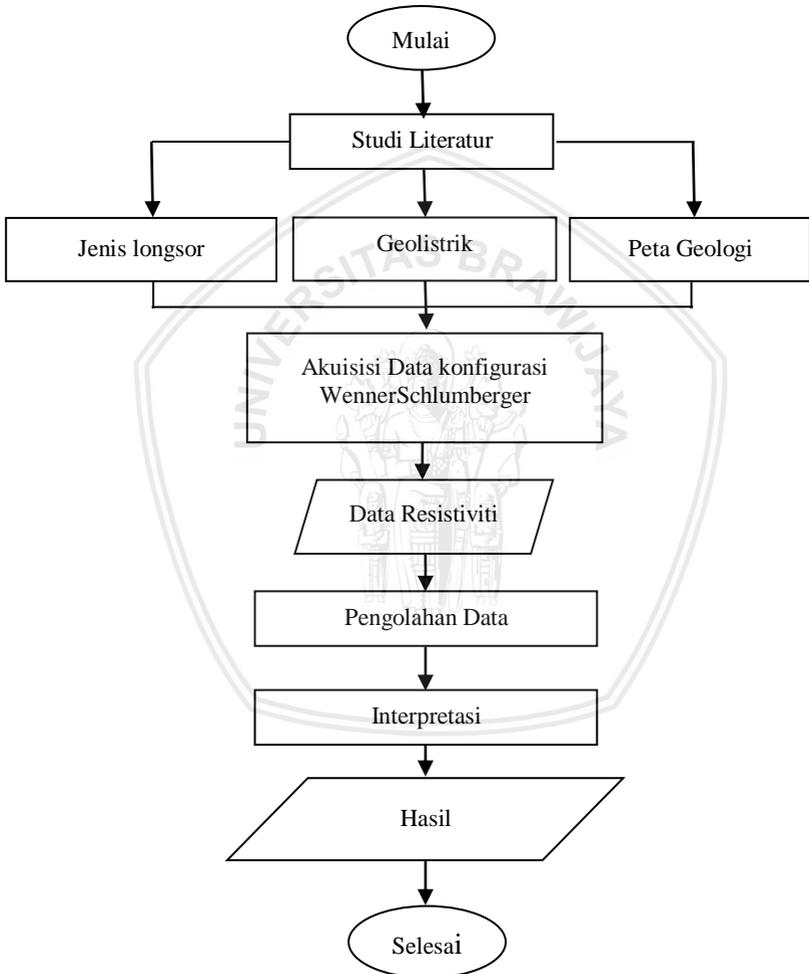


BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Pelaksanaan

Penelitian ini di laksanakan di Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Desa Gedangan Kec.Gedangan Kab.Malang pada tanggal 03 Maret 2018 hingga tanggal 05 Maret 2018.

3.2 Diagram alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian

3.3 Metodologi Pengambilan Data

Penelitian dasar bersifat deskriptif dilakukan di Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Kec.Gedangan Kab.Malang menggunakan alat Resistivimeter. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan. Ada empat jenis parameter yang akan di gunakan dalam penelitian ini, yaitu parameter yang diukur (kuat arus listrik, beda potensial, dan spasi elektroda), parameter yang dihitung (tahanan jenis semu), parameter yang diinterpretasi (tahanan jenis sesungguhnya dan kedalaman), dan parameter yang diestimasi (bidang gelincir). Penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu:

3.4 Tahap Persiapan

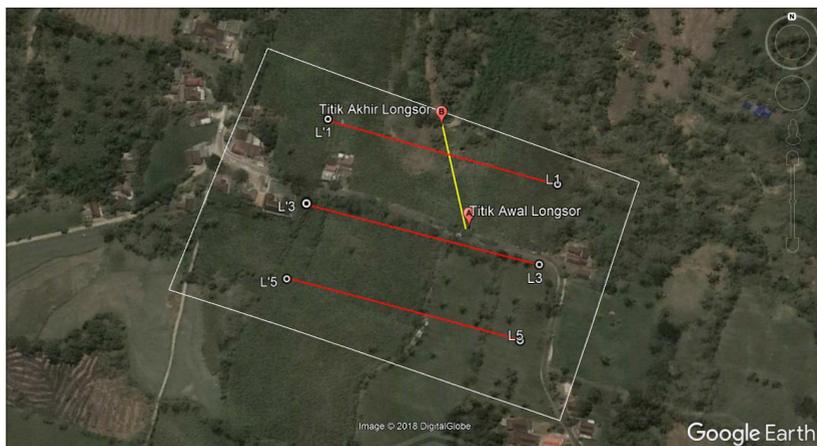
Tahap ini dilakukan kajian kepustakaan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian. Survey ke daerah penelitian untuk menentukan lintasan pengukuran dan mengetahui geologi daerah pengukuran. Tahap ini juga dipersiapkan semua alat yang dibutuhkan pada saat pengukuran, yaitu: 1 unit Resistivimeter, 4 elektroda, 4 roll kabel, 4 penjepit buaya, 1 Gps, 1 kompas geologi, 1 Accu, 3 palu, 2 roll meteran, alat tulis dan clipboard.

3.5 Tahap Pelaksanaan

Tahap ini dilakukan pengukuran atau pengambilan data sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Berikut langkah-langkah yang dilakukan saat pengukuran:

3.5.1 Pengambilan Data Lapangan

Dalam penulisan skripsi ini penulis menggunakan data Resistivity yang merupakan hasil pengukuran di daerah “Dusun Sumbernanas Desa Gedangan Desa Gedangan Kec.Gedangan Kab.Malang”. Data terdiri dari 3 lintasan dengan panjang lintasan hingga 200 m. Berikut adalah peta lintasan pengukuran.



Gambar 3.2 Desain lintasan pengukuran. Lintasan 1 hingga lintasan 3 didesain memanjang ke arah Barat hingga timur.

Pada proses akuisisi data, metode pengukuran yang digunakan adalah konfigurasi *Wenner - Schlumberger* dengan spasi elektoda 10 meter. Konfigurasi ini digunakan untuk dapat mencitrakan bawah permukaan secara 2 Dimensi yakni lateral dan vertikal. Elektoda arus listrik dan elektoda potensial di set-up dengan posisi 1 Elektroda arus 2 elektoda potensial dan 1 elektoda arus yang di letakkan tengah lintasan yang memiliki panjang 200m . Hal ini di lakukan hanya untuk mendapatkan 1 data Kemudian untuk mendapatkan data berikutnya 2 elektoda arus yang terpasang di pindahkan dengan kelipatan 10m setiap spasi elektoda pada lintasan hingga 2 elektoda arus nantinya berada pada posisi titik 0m dan 200m hal ini dilakukan hanya untuk medapatkan 1 data kedalam sedangkan untuk mendapatkan data yang lain di bagian kiri dan kanan dilakukan hal serupa dengan memindahkan elektoda potensial di kelipatan 10 dari posisi awal.

3.6 Pengolahan Data Resistivity

Pengolahan data bertujuan untuk mendapatkan parameter unknown yaitu resistivity sebenarnya dari data lapangan. Pengolahan data ini disebut proses inversi. Pada kesempatan kali ini penulis menggunakan software RES2DINV sebagai alat bantu untuk memproses data.

RES2DINV adalah program komputer yang dapat menentukan model resistivity 2D dari bawah permukaan dari data lapangan hasil survey pencitraan elektrikal (Griffiths and Barker 1993).

DATUM	C1	P1	P2	C2	I	R1	R2	R3
1	90	100	110	120	20 mA	0,085	0,085	0,085
2	80	100	110	130	20 mA	0,036	0,036	0,036
3	70	100	110	140	20 mA	0,015	0,015	0,014
4	60	100	110	150	20 mA	0,010	0,010	0,010
5	50	100	110	160	20 mA	0,080	0,070	0,070
6	40	100	110	170	20 mA	0,070	0,060	0,060
7	30	100	110	180	20 mA	0,050	0,050	0,040
8	20	100	110	190	20 mA	0,040	0,040	0,040
9	10	100	110	200	20 mA	0,030	0,030	0,030

Tabel 3.1 Data resistivitas yang di dihasilkan pada pengambilan Data

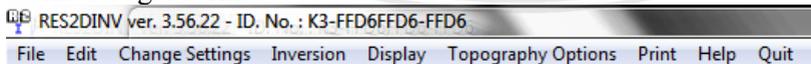
Jumlah	Rata-rata	No	Datum	Spasi	N	I (mA)	R (Ohm)	K	ρ
0,255	0,085	1	105	10	1	20	0,085	62,857	5,343
0,108	0,036	2	105	10	2	20	0,036	188,571	6,789
0,044	0,015	3	105	10	3	20	0,015	377,143	5,531
0,030	0,010	4	105	10	4	20	0,010	628,571	6,286
0,220	0,073	5	105	10	5	20	0,073	942,857	69,143
0,190	0,063	6	105	10	6	20	0,063	1320,000	83,600
0,140	0,047	7	105	10	7	20	0,047	1760,000	82,133
0,120	0,040	8	105	10	8	20	0,040	2262,857	90,514
0,090	0,030	9	105	10	9	20	0,030	2828,571	84,857

Tabel 3.2 Penghitungan Resistivitas semu pada data yang di dapat

Berikut langkah-langkah pengolahan data dengan software RES2DINV:

3.6.1 Membuka Program

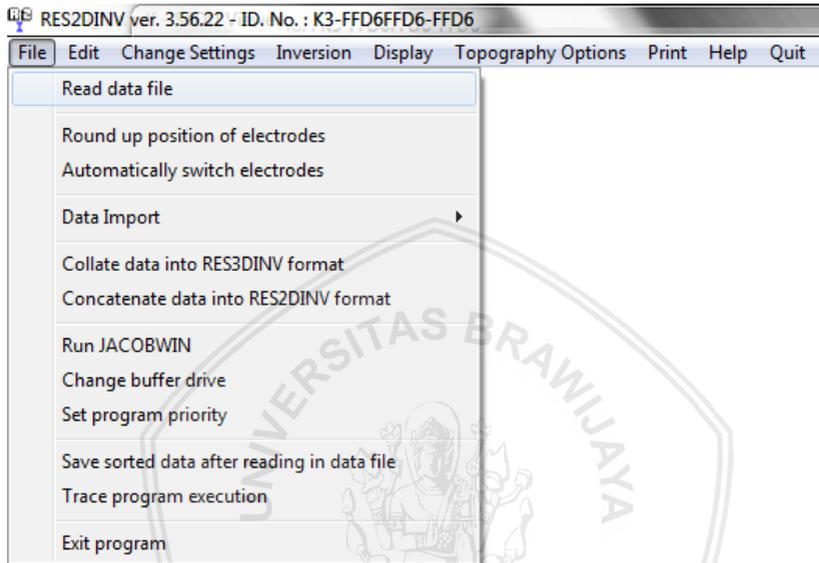
Setelah memilih RES2DINV.EXE, maka akan tampil menu utama sebagai berikut:



Gambar 3.3 menu utama RES2DINV

3.6.2 Format Data

Saat membuka menu File, maka akan ada pilihan untuk membuka data yang akan dilakukan inversi. Dengan memilih sub menu Read data file, maka program akan mengeluarkan data yang kita inginkan. Format data biasanya dalam bentuk **.txt** ataupun **.dat**.



Gambar 3.4 Aplikasi membuka file

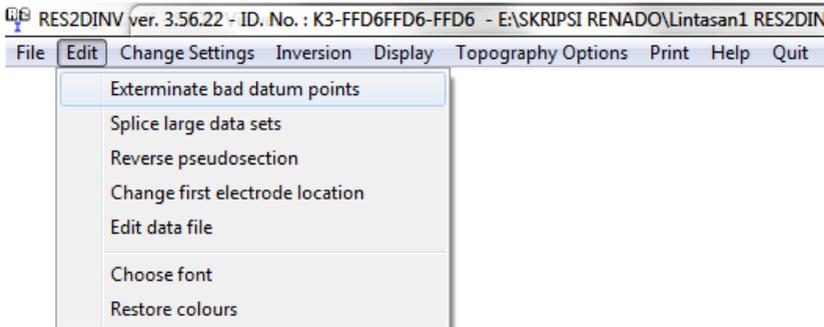
Data yang sudah di peroleh dalam penghitunga di simpan dalam bentuk **.dat** pada Notes dalam format berikut :

'X'	<i>Judul</i>		
10	<i>Spasi Elktroda</i>		
7	<i>Jenis Konfigurasi</i>		
79	<i>Jumlah data</i>		
1	<i>Lokasi titik pusat Konfigurasi</i>		
0	<i>Identifikasi keberadaan</i>		
<i>Titik x</i>	<i>A</i>	<i>N</i>	<i>Rho App</i>
35	10	1	5.678
35	10	2	7.920

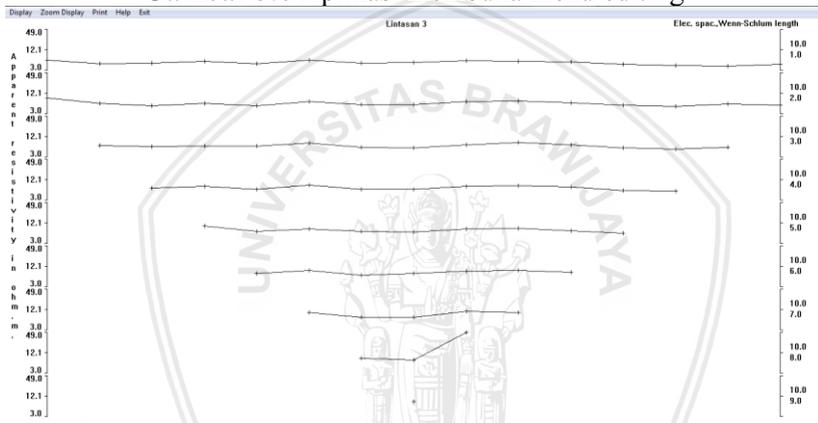
Gambar 3.5 Contoh data dalam bentuk .dat

3.6.3 Edit Data

Saat memilih menu Edit, maka akan ada pilihan yaitu Editing the data Exterminate bad datum points. pada pilihan ini, nilai *apparent resistivity* ditampilkan dalam bentuk profile untuk setiap level data. Pemeroses dapat menggunakan mouse untuk meremove data yang buruk. Tujuan utama adalah untuk membuang data resistivity yang terlihat salah. Seperti data yang buruk karena kesalahan relay pada elektoda pertama. Dengan memilih sub menu seperti gambar di bawah, pemeroses akan dapat memulai mengedit data yang buruk.



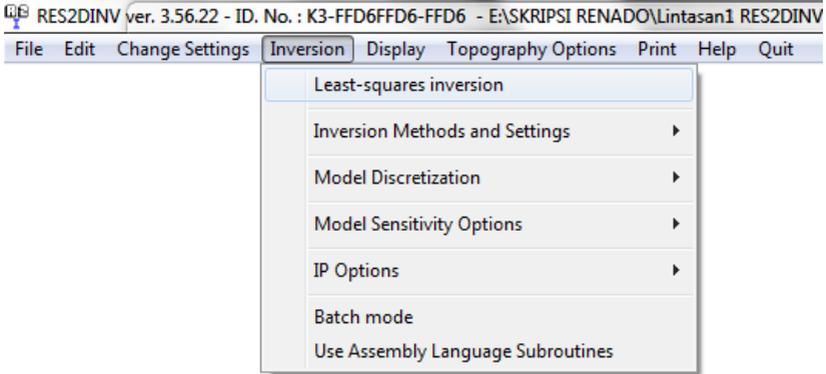
Gambar 3.6 Aplikasi membuka menu editing



Gambar 3.7 Contoh editing data

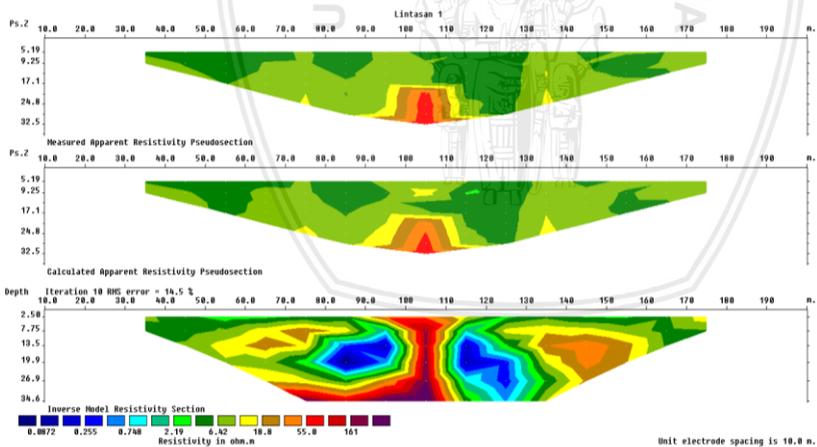
3.6.4 Pilihan Inversi

Pada tahap ini akan dilakukan proses inverse untuk data yang sudah dibaca melalui pilihan 'File'. Pemeroses dapat mengatur blok yang dipakai oleh model inverse. Menu berikut yang akan ditampilkan. Pemeroses dapat emilih jenis inversi apa yang akan digunakan. Sekaligus memilih model inversi dan setingan yang dipakai.



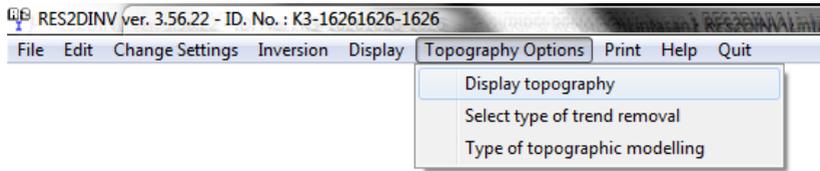
Gambar 3.8 Aplikasi membuka Menu Inversi

Sebelum memulai inversi, program akan meminta untuk menyimpan hasil inversi dalam bentuk .INV. Setelah disimpan, maka program akan melakukan inversi untuk data yang sudah dipilih di awal tadi. Maka akan didapatkan pseudosection dari *measured apparent resistivity*, *calculated apparent resistivity*, dan model 2-D hasil inversi. Berikut contoh hasil inversi.

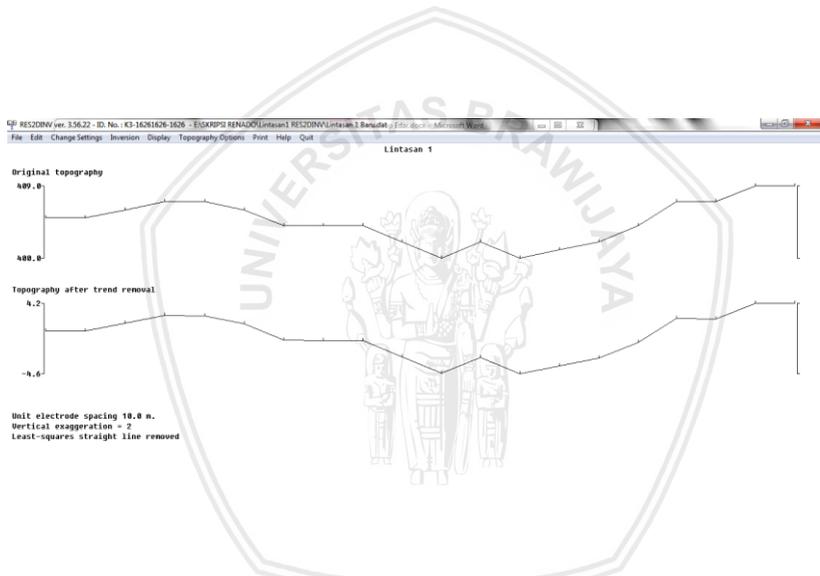


Gambar 3.9 Contoh tampilan hasil inversi

Untuk menampilkan model topografi, cukup memilih menu 'Topography Option', maka akan tampil topografi data yang diinversi.



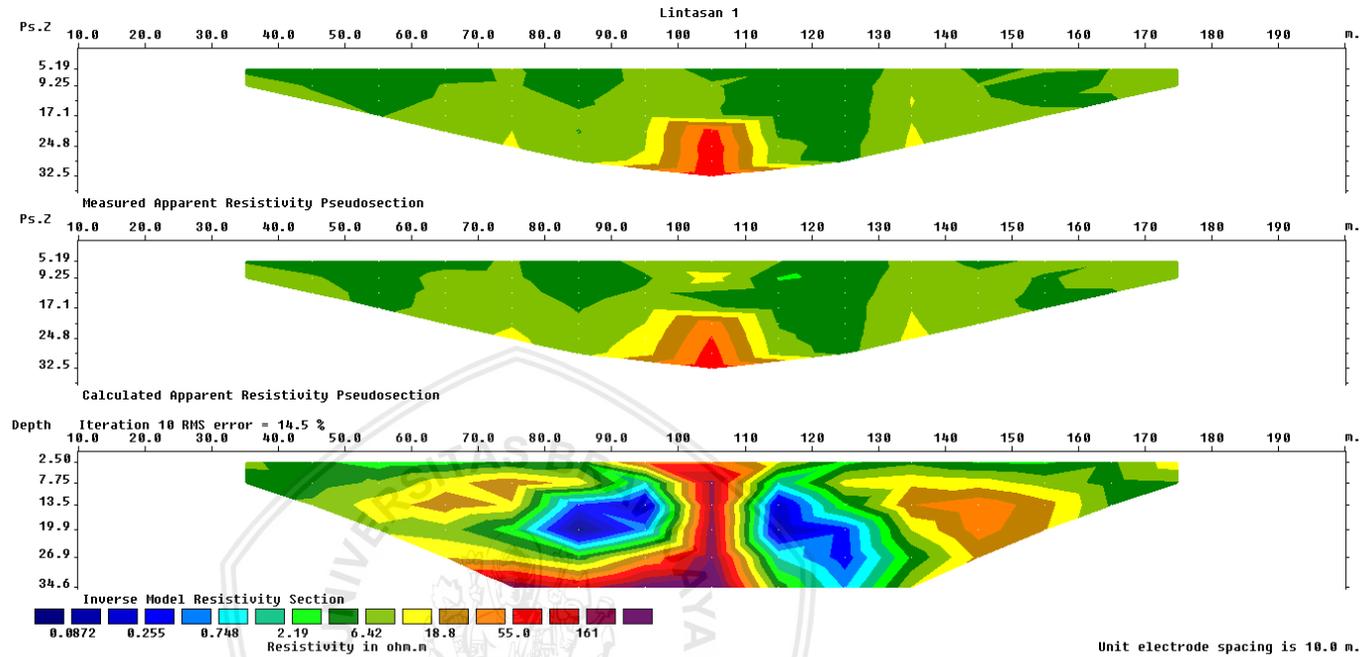
Gambar 3.10 Aplikasi Membuka Menu Topography Option



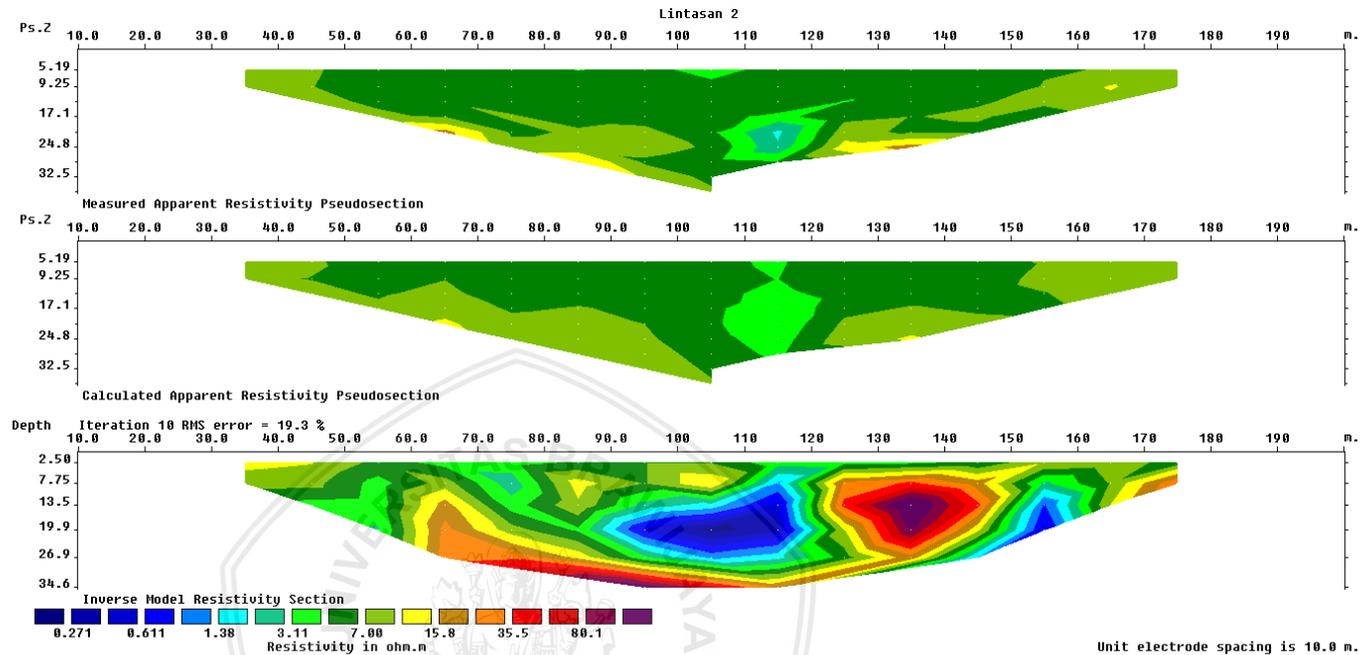
Gambar 3.11 Contoh Tampilan Topografi

3.6.5 Hasil Inversi

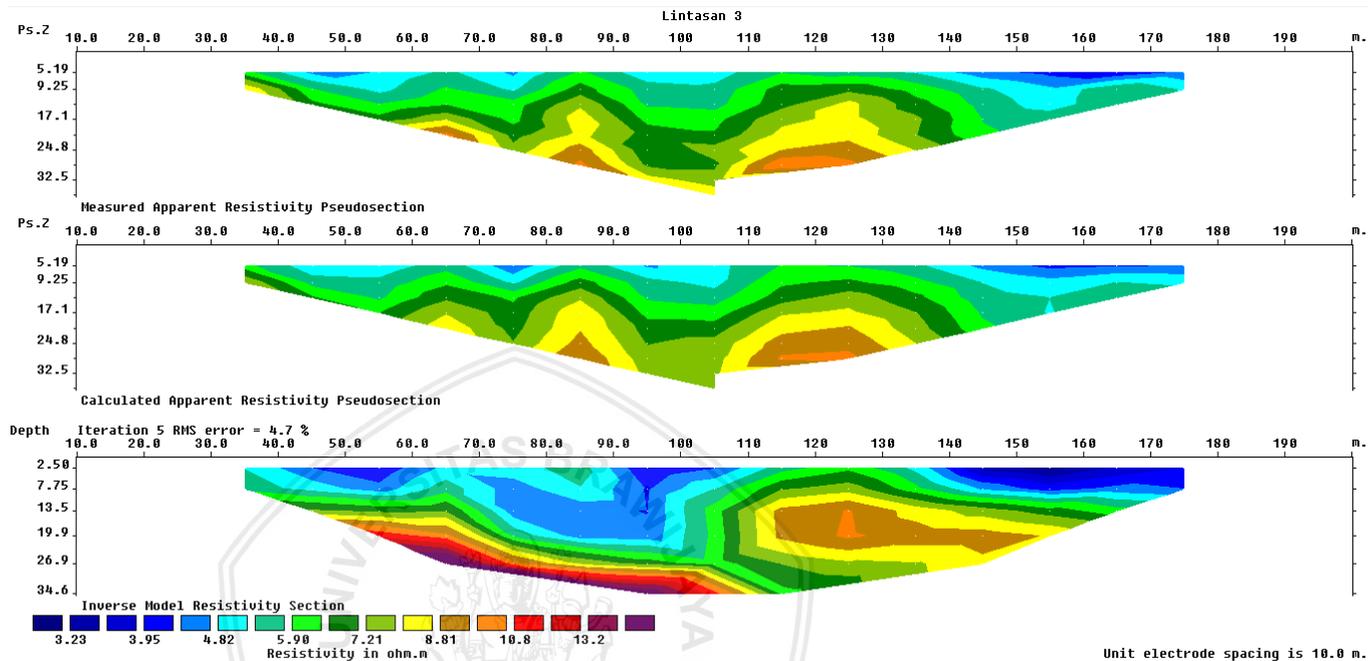
Model 2-D Hasil Inversi dengan RES2DINV



Gambar 3.12 Profil 2D hasil inversi data resistivitas semu lintasan 1 di daerah penelitian



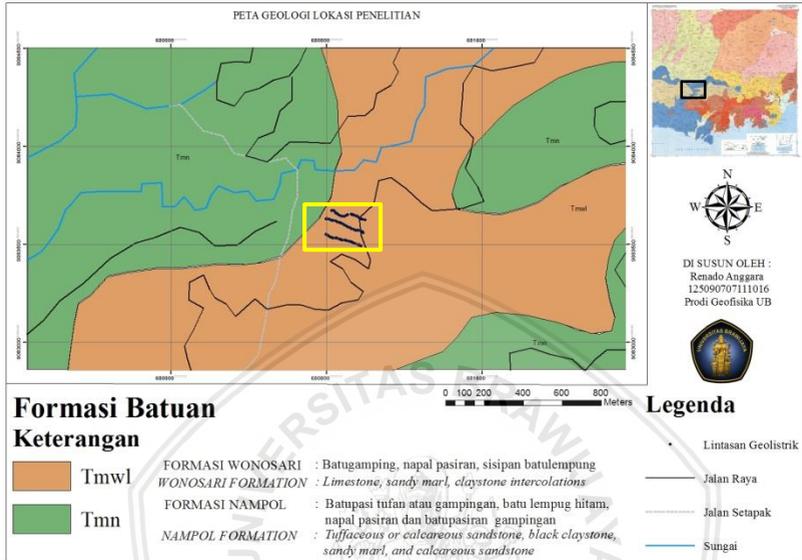
Gambar 3.13 Profil 2D hasil inversi data resistivitas semu lintasan 2 di daerah penelitian



Gambar 3.14 Profil 2D hasil inversi data resistivitas semu lintasan 3di daerah penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Geologi



Gambar 4.1 Peta geologi regional daerah sekitar penelitian (modifikasi dari Sujanto dkk, 1997)

Berdasarkan peta geologi regional, daerah penelitian terdapat pada Formasi Batuan Wonosari yang mana memiliki litologi batuan Gamping, *limestone*, napal, *clay*, dan pasir tuffan. Pada daerah penelitian juga berdekatan dengan Formasi Nampol yang memiliki litologi batupasir tufan atau gampingan, batu lempung hitam, napal pasiran dan batupasiran gampingan.

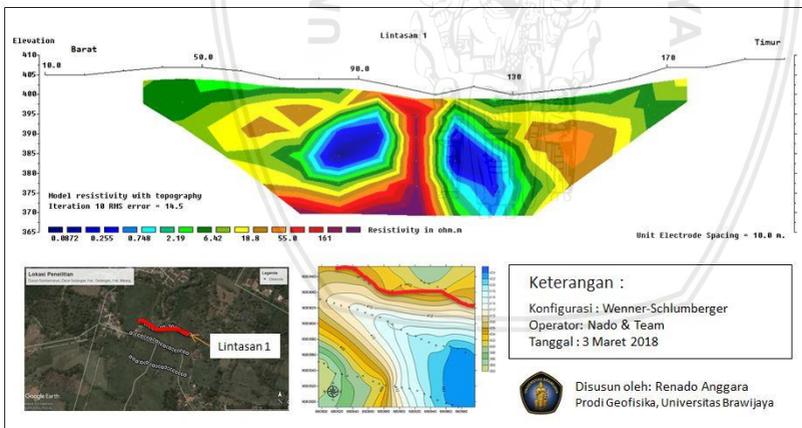
Morfologi daerah penelitian memiliki daerah tinggian di sekitar Selatan. Daerah rendahan berada di daerah Utara. Daerah sebelah Utara berbatasan langsung dengan sungai dengan kemiringan lereng cukup tinggi ($>60^{\circ}$). Litologi di daerah permukaan adalah tanah lempung, dengan vegetasi berupa ladang tebu.

Struktur yang ditemukan di lokasi penelitian terdapat tanah bergeser yang memotong jalan raya dengan arah Selatan-Utara. Kemiringan patahan cukup curam berkisar 90° dengan ketinggian $\pm 2m$.

4.2 Analisa Inversi Resistivitas

Berdasarkan hasil penelitian geolistrik di lokasi penelitian diketahui resistivitas batuan yang kompleks, di mana batuan pada lokasi longsor memiliki batuan dengan resistivitas, yang kemudian dibandingkan dengan data Geologi daerah tersebut. Hasil tersebut menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki potensi yang cukup untuk terjadinya fenomena longsor.

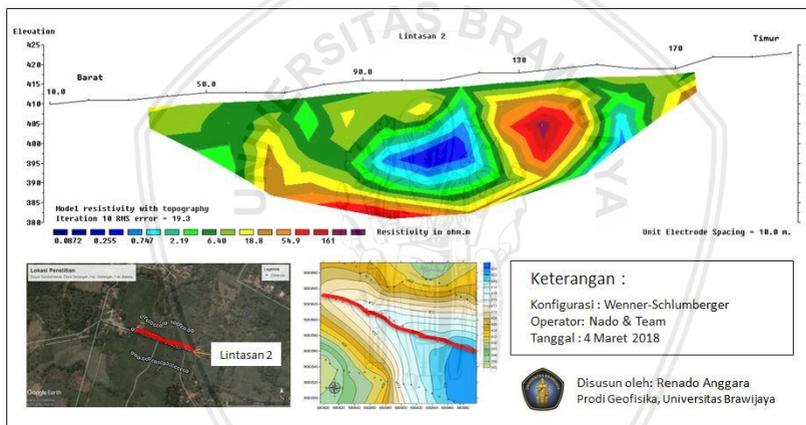
Hasil penelitian menunjukkan bahwa masing-masing batuan memiliki resistivitas yang berbeda-beda, berkisar antara $0.08 \Omega\text{m}$ hingga $161 \Omega\text{m}$. Sesuai hasil inversi resistivitas semu tersebut, diketahui bahwa terdapat potensi longsor. Pada **Gambar 4.1**, diketahui sudut lereng perbukitan dan identifikasi air tanah sekaligus lokasi penelitian yang terdapat pada zona tanah bergerak lempeng benua samudra yang mengakibatkan identifikasi pada lokasi penelitian dapat mengalami longsor dan penurunan tanah sewaktu waktu. Pada hasil resistivitas pengolahan data menggunakan *software Res2Dinv* didapatkan data resistivitas yang dapat dijelaskan dengan menginterpretasi setiap lintasan (lintasan 1, lintasan 2, dan lintasan 3).



Gambar 4.2 Profil 2D hasil inversi data geolistrik lintasan 1 di daerah penelitian

Pada Lintasan 1 (**Gambar 4.2**) terdapat resistivitas berkisar $0,08 \Omega\text{m}$ sampai dengan $2 \Omega\text{m}$ yang mana di jelaskan dengan parameter

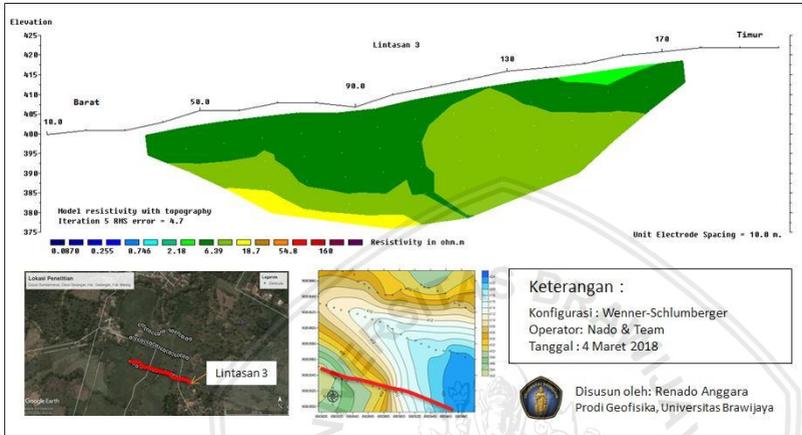
warna biru muda dan biru tua perkiraan identifikasi terdapat akumulasi air yang berada di elevasi 395 m hingga 375 m pada titik panjang lintasan 80 m hingga 120 m. Pada titik 110 m terdapat resistivitas sebesar $50 \Omega\text{m}$ hingga $160 \Omega\text{m}$ yang diperkirakan identifikasi batuan Gamping yang mana batuan berada di elevasi 400 m hingga 365 m terlihat dengan parameter warna merah dan merah kehitaman. Resistivitasnya berkisaran $5 \Omega\text{m}$ hingga $50 \Omega\text{m}$ diperkirakan batuan lempung pasir yang rawan tererosi dan dapat mengakibatkan terjadinya longsor yang di jelaskan dengan parameter warna hijau dan coklat. Batuan Gamping yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang sangat tinggi memiliki porositas yang sangat rendah dan permeabilitas yang besar sehingga sulit dilewati air, dan biasanya menjadi trap atau jebakan akumulasi air, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.2** di atas.



Gambar 4.3 Profil 2D hasil inversi data geolistrik lintasan 2 di daerah penelitian

Pada lintasan 2 (**Gambar 4.3**) terdapat resistivitas batuan yang hampir sama dengan lintasan 1, namun pada lintasan ini elevasi maksimal lebih tinggi dari pada lintasan 1 yang mana pada lintasan ini adalah titik awal terjadinya longsor pada lokasi ini terdapat resistivitas berkisar $0,09 \Omega\text{m} - 3 \Omega\text{m}$ nilai resistivitas tersebut cenderung lebih kecil dibandingkan dengan lintasan 1. Hasil ini mengindikasikan adanya akumulasi air yang sama dengan lintasan 1 dan berada pada elevasi 405 m hingga 390 m pada titik lintasan 90 m

hingga 110 m. Pada lintasan ini juga terdapat resistivitas yang berkisar $43 \Omega\text{m} - 161 \Omega\text{m}$ yang memiliki parameter warna merah terletak pada titik 120 m hingga 160 m dan berada pada elevasi 405 m hingga 385 m struktur bawah permukaan diperkirakan adalah batuan Gamping yang sama pada lintasan 1 dan sekitarnya terdapat batuan yang resistivitasnya berkisar $3 \Omega\text{m}$ hingga $40 \Omega\text{m}$ yang diperkirakan batuan lempung pasir.



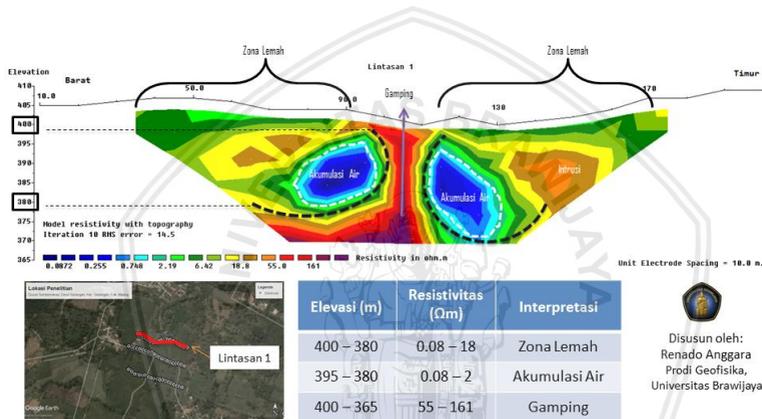
Gambar 4.4 Profil 2D hasil inversi data geolistrik lintasan 3 di daerah penelitian

Pada daerah lintasan 3 (**Gambar 4.4**), hasil yang diperoleh menunjukkan dominasi zona lemah, dengan resistivitas rendah yang diperkirakan resistivitasnya $1 \Omega\text{m}$ hingga $20 \Omega\text{m}$. Hal ini menunjukkan adanya sebaran batuan lempung yang merata di lintasan tersebut. Di sisi lain, tidak terdapat kepenerusan yang pasti dari lintasan ini dengan lintasan yang lainnya dikarenakan resistivitas batuan yang mendominasi memiliki resistivitas $< 20 \Omega\text{m}$.

Hasil inversi menunjukkan nilai resistivitas sebenarnya yang berbeda dengan resistivitas semu hasil perhitungan. Persentase kesalahan antara nilai resistivitas semu yang didapatkan melalui pemodelan dengan resistivitas bawah permukaan yang sebenarnya disebut dengan *RMS error*. Hasil yang didapat menunjukkan nilai *RMS error* sebesar 14,7%, 19,6%, dan 4,7% berturut-turut untuk lintasan 1, lintasan 2, dan lintasan 3, dengan iterasi sebanyak 10 kali. *RMS error* dianggap optimal jika variasi resistivitas bawah

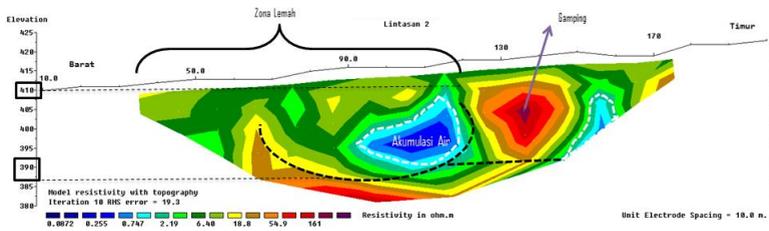
permukaan dan sistem pelapisan batuan bawah permukaan sesuai dengan perkiraan kondisi geologi daerah penyelidikan dan tidak harus terkecil (Wahyono, dkk., 2003).

Berdasarkan hasil inversi yang didapatkan, diketahui adanya keberagaman lapisan bawah permukaan di obyek daerah penelitian. Ukuran tiap-tiap butir penyusun batuan memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda pula. Semakin padat batuan, semakin besar nilai resistivitasnya (Prasetiawati, 2004). Di sisi lain, kandungan air tanah dapat menjadi media pereduksi resistivitas, di mana kelarutan garam di dalam air di dalam batuan dapat berpotensi meningkatkan kandungan ion (Prasetiawati, 2004).



Gambar 4.5 Identifikasi patahan pada lintasan 1

Pada lintasan 1 bidang ini mengalami penurunan dengan lintasan 2 pada bagian yang bertanda garis titik titik hitam pada bentang lintasan 120 m hingga 170 m dan 30 m hingga 90 m adalah Zona Lemah. Pada bidang ini banyak terdapat akuifer yang berada di bagian kanan dan kiri batuan keras yang keperuserusnya terdapat di lintasan 2 hal ini terjadi karena rembesan air yang berada pada lintasan 2 dan rekahan pada waktu longsoran terjadi membuat air dapat menyebar di sekeliling batuan keras tersebut. Pada lintasan 1 ini bidang di anggap sebagai bidang gelincir (slip surface) atau bidang geser (shear surface).

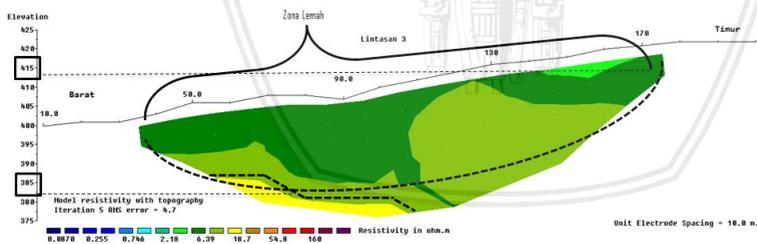


Elevasi (m)	Resistivitas (Ω m)	Interpretasi
410 – 390	0.08 – 18	Zona Lemah
405 – 395	0.08 – 2	Akumulasi Air
410 – 385	55 – 161	Gamping


 Disusun oleh:
 Renado Anggara
 Prodi Geofisika,
 Universitas Brawijaya

Gambar 4.6 Identifikasi patahan pada lintasan 2

Pada lintasan ini terdapat bidang berupa patahan yang di perkirakan kepenerusan dari lintasan 1 hal ini terlihat dari tanda titik titik hitam terdapat resistivitas rendah yang diidentifikasi zona Lemah di mana titik 80 m hingga 100 m adalah awal terjadinya longsor. Melihat dari elevasi, penuruna pada setiap bidang di lintasan 1 dan 2 mengalami penuruna sebanyak 10 m. Pada keadaan di lapangan terlihat pula arah dari pada longsoran berada pada utara seperti yang terlihat pada bidang miring dari setiap lintasan 1 dan 2



Elevasi (m)	Resistivitas (Ω m)	Interpretasi
415 – 385	0.08 – 18	Zona Lemah


 Disusun oleh:
 Renado Anggara
 Prodi Geofisika,
 Universitas Brawijaya

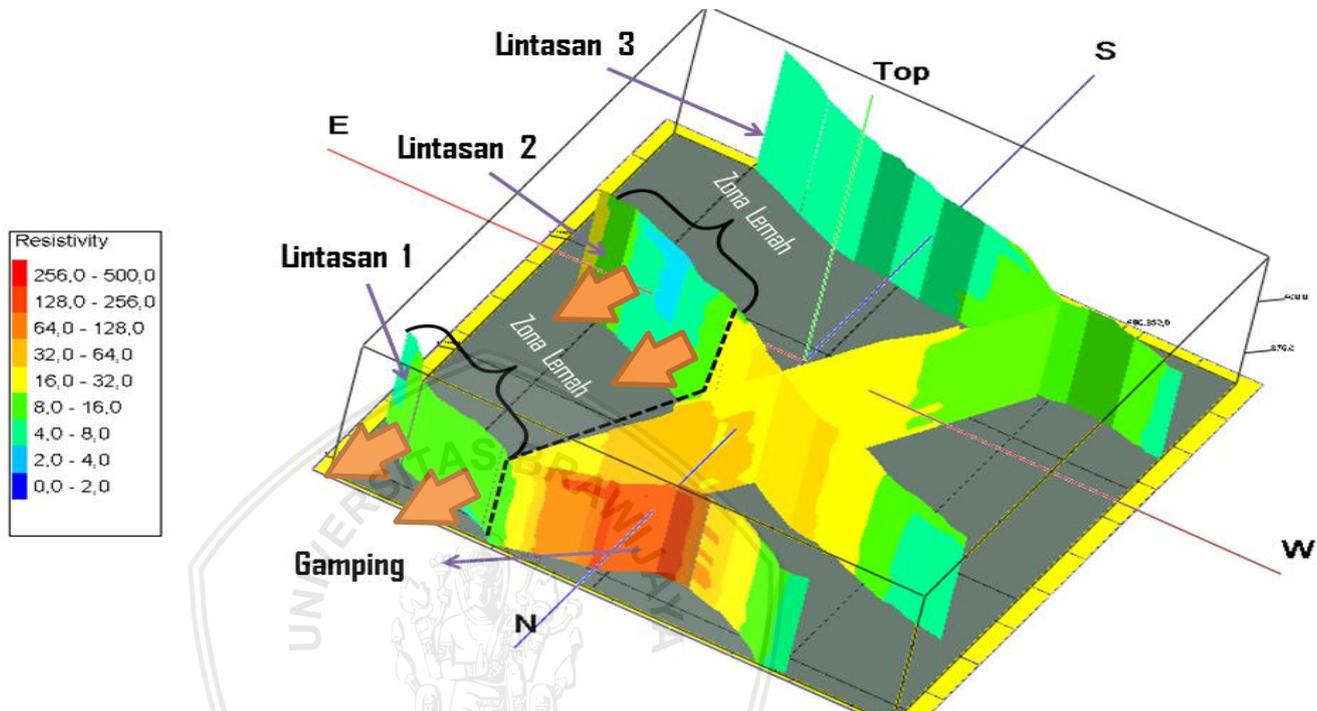
Gambar 4.7 Identifikasi patahan pada lintasan 3

Pada lintasan 3 ini memang tidak terdapat longsor seperti pada lokasi 1 dan lokasi 2 namun di lokasi ini masih bisa teridentifikasi kepenerusan resistivitas rendah pada lintasan 80 m hingga 100 m yang sama pada lintasan 1 dan lintasan 2 hal ini bisa kita ketahui resistivitas rendah yang terbentang dari lintasan 1 lintasan 2 hingga lintasan 3 memiliki panjang 200 m. Hal ini teridentifikasi dapat berupa akuifer yang mengalir sepanjang lintasan 1 hingga lintasan 3 yang mana patahan dan rekahan yang terjadi dikarenakan dari arus akuifer yang mengerosi lapisan batuan padat pada lokasi penelitian.

Tanah longsor yang terjadi pada lokasi penelitian berjenis *rotational slide* hal ini terlihat dari bentukan bidang longsor yang terbentuk dari data resistivitas yang terdapat pada lokasi penelitian cenderung pada bantuan yang keras di mana pada batuan ini mengalami patahan di akibatkan erosi sehingga longsor berada pada bagian bawah sehingga terlihat bidang mengalami penurunan yang signifikan dengan bidang atas pada lintasan mengalami kondisi penurunan saja. Menurut (Wesley, 2012) Biasanya tanah yang longsor bergerak pada suatu bidang tertentu bidang ini disebut bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Bentuk bidang gelincir ini sering mendekati busur lingkaran, dalam hal ini tanah longsor tersebut disebut *rotational slide* yang bersifat berputar.

4.3 Interpolasi Resistivitas

Seluruh data yang diolah kemudian diolah lebih lanjut dengan proses interpolasi. Proses interpolasi digunakan untuk melihat susunan batuan pada tiap-tiap lintasan, apakah ada kepenerusan atau tidak dalam pembentukannya. Proses interpolasi dilakukan dengan *software* RockWork. Jika data yang diperoleh menunjukkan adanya kepenerusan, maka dapat ditentukan bidang patahan yang terjadi pada daerah tersebut (**Gambar 4.8**).



Gambar 4.8 Interpolasi lintasan 1, lintasan 2, lintasan 3

Hasil interpolasi dijadikan input untuk melakukan pemodelan lapisan resistivitas tanah bawah permukaan dengan bantuan komputer. Hasil interpolasi menunjukkan bahwa lapisan atas lintasan 1 sampai dengan lintasan 3 ini berdasarkan litologinya didominasi oleh gamping. Selanjutnya, terdapat lapisan akuifer dan dikelilingi oleh *clay*, yang mana pada posisi tengah juga diperkirakan terdapat batuan *bedrock* yang mungkin berupa *limestone* (100-10.000 Ωm) (Loke & Barker, 1996). Hasil yang didapatkan ini juga sesuai dengan peta geologi regional yang ada (**Gambar 4.1**), di mana daerah penelitian mayoritas memiliki kandungan batuan *limestone*, napal, *clay*, dan pasir tuffan. Lapisan *clay* dimungkinkan dipengaruhi oleh lapisan akuifer yang banyak terdapat di bawahnya, karena *clay* tergolong padat, meskipun tidak kompak (Hurriyah & Jannah, 2017). Lapisan di bawahnya teridentifikasi sebagai gamping pada elevasi 400 m hingga 370 m, dengan resistivitas 50-2000 Ωm (**Gambar 4.5**).

Berdasarkan hasil interpolasi dari ketiga lintasan terdapat kesamaan atau kepenerusan dari lintasan 1 dan 2 yang mana terlihat kepenerusan pada elevasi 400 m hingga 370 m memiliki batuan penyusun yang sama memiliki besar resistivitas batuan yang tinggi. Pada titik 110 m sebesar 50 Ωm hingga 160 Ωm yang diperkirakan identifikasi batuan Gamping yang mana batuan berada di elevasi 400 m hingga 365 m hal ini teridentifikasi dapat berupa patahan yang diakibatkan pengikisan tanah pada elevasi 400 m hingga 380 m yang bisa diidentifikasi sebagai akuifer yang mana pada titik tersebut terdapat resistivitas yang kecil (berkisar antara 0 Ωm hingga 2 Ωm).

Pada lintasan 3 terdapat kepenerusan akuifer pada elevasi 380 m. Identifikasi patahan dapat terjadi akibat pengikisan tanah atau erosi yang dilakukan akuifer pada lokasi penelitian mengingat geologis dari lokasi longsor berdekatan dengan sungai. Sedikit perbedaan juga dapat diakibatkan karena bentuk topografi yang kemiringan lereng cukup tinggi ($>60^{\circ}$). Di sisi lain, lintasan 1 berada pada posisi terendah karena telah mengalami longsor. Hasil ini didukung oleh penelitian Hurriyah & Jannah (2017), di mana posisi kemiringan dan cuaca relatif dapat mempengaruhi resistivitas semu yang berhasil diukur.

Adanya zona lemah (resistivitas rendah) pada lintasan 1 dan lintasan 2 menunjukkan adanya akumulasi akuifer. Hal ini bisa

diakibatkan oleh patahan-patahan. Patahan tersebut apabila terisi udara bersifat isolator, atau jika terisi air juga akan memiliki resistivitas yang sangat rendah, karena berfungsi layaknya gorong-gorong (Hena, 2017). Kondisi hasil inversi juga menunjukkan adanya potensi bidang gelincir (**Gambar 4.5-4.6**), dan dimungkinkan terisi oleh fluida. Hasil ini juga didukung oleh adanya penemuan rembesan air di permukaan daerah sekitar lintasan.

Kemudian pada interpolasi dari setiap lintasan di dapat pula arah patahan yang terjadi lokasi longsor terlihat pada gambar lintasan 1 berada pada arah utara. Pada arah utara dari lokasi penelitian terdapat sungai yang mengalir dari arah timur ke barat yang berjarak ± 10 m dari bidang longsoran. Pada aliran sungai yang mengalir tersebut telah tertutupi bidang longsor yang terjadi pada lokasi penelitian hal ini dapat mengakibatkan banjir karena aliran sungai yan terbendung hal ini juga dapat menambah kerentanan pada bidang longsor untuk mengalami longsor kembali.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil dari pengolahan data dan interpretasi geolistrik hasil interpolasi lintasan 1 hingga 3 terdapat bidang gelincir dengan resistivitas yang rendah $0,08 \Omega\text{m}$ sampai dengan $15 \Omega\text{m}$ yang teridentifikasi zona lemah berada di elevasi 395 m hingga 375 m pada titik panjang lintasan 80 m hingga 120 m dan kepenerusan dari bidang tersebut yang terlihat di lintasan 2 pada elevasi 410 m hingga 390 m yang berada di titik panjang lintasan 80 m hingga 100 m. Bidang gelincir diperkirakan cukup dalam berkisar 8 m hingga 10 m. Bentuk inversi resistivitas batuan, tanah longsor yang terjadi pada lokasi penelitian berjenis *rotational slide*. Dari data resistivitas bantuan bidang gelincir berada di batuan keras yang mengalami patahan.
2. Resistivitas kecil $0,09 \Omega\text{m} - 3 \Omega\text{m}$ di dapat di setiap lintasan, pada resistivitas rendah ini di perkirakan sebagai aliran air yang mengakibatkan *erosi* pada batuan gamping sehingga terjadilah suatu patahan yang mengakibatkan longsohnya. Arah dari pada bidang longsor terdapat di utara semua lintasan. Patahan pada bidang longsor mengakibatkan hambatan pada aliran sungai yang terdapat di utara bidang longsor yang mengalir dari arah timur ke barat.

5.2 Saran

Hasil pengolahan geolistrik pada lokasi penelitian akan lebih detail dengan penambahan titik pengambilan data pada lokasi longsor dan dengan penanaman pohon pada lokasi longsor akan menambah kekuatan tanah dalam menahan gaya pendorong pada lokasi longsor

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Andrias Sanggra Wijaya, 2011 Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
- Chowdhury, R.N. 1978. Slope Analysis. Elsevier Amsterdam.
- Hena suri intan pertiwi, 2017 studi bawah permukaan untuk identifikasi sebaran batuan intrusi menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner schlumberger program studi geofisika fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam universitas hasanuddin makassar
- Hurriyah & jannah, 2017 analisis struktur lapisan bawah permukaan menggunakan metode geolistrik (studi kasus pada kampus iii iain imam bonjol padang di sungai bangek kecamatan koto tengah) Jurusan Tadris IPA Fisika IAIN Imam Bonjol Padang
- Highland L., 2004, Landslide type and processes. Fact-Sheet No. 2004-3072, July 2004, U.S. Geology Survey.
- M.H. Lo ke and R. D. Barker, 1996 Rapid Least-Squares Inversion of Apparent Resistivity Pseudosection by A Quasi-Newton Method, Geophysical Prospecting, 44, 131-152.
- Prasetiawati, Lukei, 2004. Aplikasi Metode Resistivitas dalam Eksplorasi Endapan Laterit Nikel serta Studi Perbedaan Ketebalan Endapannya berdasarkan Morfologi Lapangan. Skripsi. Jakarta :Program Sarjana Sains FMIPA, Universitas Indonesia.
- Priambodo, I. C., H. Purnomo, N. Rukmana. & Juanda. 2011. Aplikasi Metoda Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Pada Survey Gerakan Tanah di Banjawa, NTT. Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, 6 (2):1-10.
- Priyantari, N. dan C. Wahyono. 2005. Penentuan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi (Determination Of Slip Surface Based On Geoelectricity Properties).
- Ristiano, D. 2007. Skripsi (Penentuan Resistivitas Tanah Pada Zona Labil Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus di Desa

- Bamankerep, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah)). Semarang : Unnes
- Rahmawati, Arifah., 2009. Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus di Daerah Karangsembung dan Sekitarnya, Kabupaten Kebumen). Skripsi. Semarang: Fakultas FMIPA Unnes.
- Santoso, D. 2002. Pengantar Teknik Geofisika. Bandung: Departemen Teknik Geofisika ITB.
- Suseno, H. 2007. Skripsi (Penentuan Pola Resistivitas Batuan Di Daerah Labil dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis (Metode Schlumberger (Studi Kasus Di Sukorejo Kota Semarang)). Semarang : Unnes
- Sribudiyani, Muchsin, N., Ryacudu, R., Kunto, T.,Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S.,Harsolumakso, A. H. and Yulianto,I. 2003. The Collision of the East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurrences in the East Java Basin. Proceeding Indonesian Petroleum Association, 29th Annual Convention and Exhibition, Jakarta.
- Telford, W.M., L.P. Geldart., dan R.E. Sheriff. 1990. Applied Geophysics Second Edition. New York: Cambridge University
- Telford, W.M., L.P. Geldart, , R.E. Sheriff, dan D.A. Keys. 1982. Applied Geophysic. London : Cambridge University Press.
- TRB, 1996. Landslide: Investigation and Mitigation. Special Report No. 247, Transportation Research Board, National Science Council, USA.
- Varnes D.J., 1978, Slope movements, types and processes. In: "Landslides, Analysis and Control", Schuster R.L., and Krizek R.J. (Eds.), Transportation Research Board Special Report No. 176, NAS-NRC, Washington D.C., pp. 11-33.
- Vingoe, P. 1972. "Electrical Resistivity Surveying". ABEM Geophysical Memorandum 5/72:1-13
- Wahyono C.S; W. Utama; N. Priyantari. 2003. Penentuan Bidang Gelincir pada Daerah Rawan Longsor dengan Menggunakan Metode Geolistrik 2-D di Desa Lumbang Rejo, Prigen, Pasuruan, Program Pasca Sarjana Fisika,

Bidang Keahlian Geofisika. Jurusan Fisika FMIPA ITS.
Surabaya.

Wesley, L.D. 2012. Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan
Residu Edisi I. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Zakaria, Z. 2009. Analisis Kestabilan Lereng Tanah. Universitas
Padjajaran. Bandung



(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



LAMPIRAN

Gambar 1 Bidang Longsor

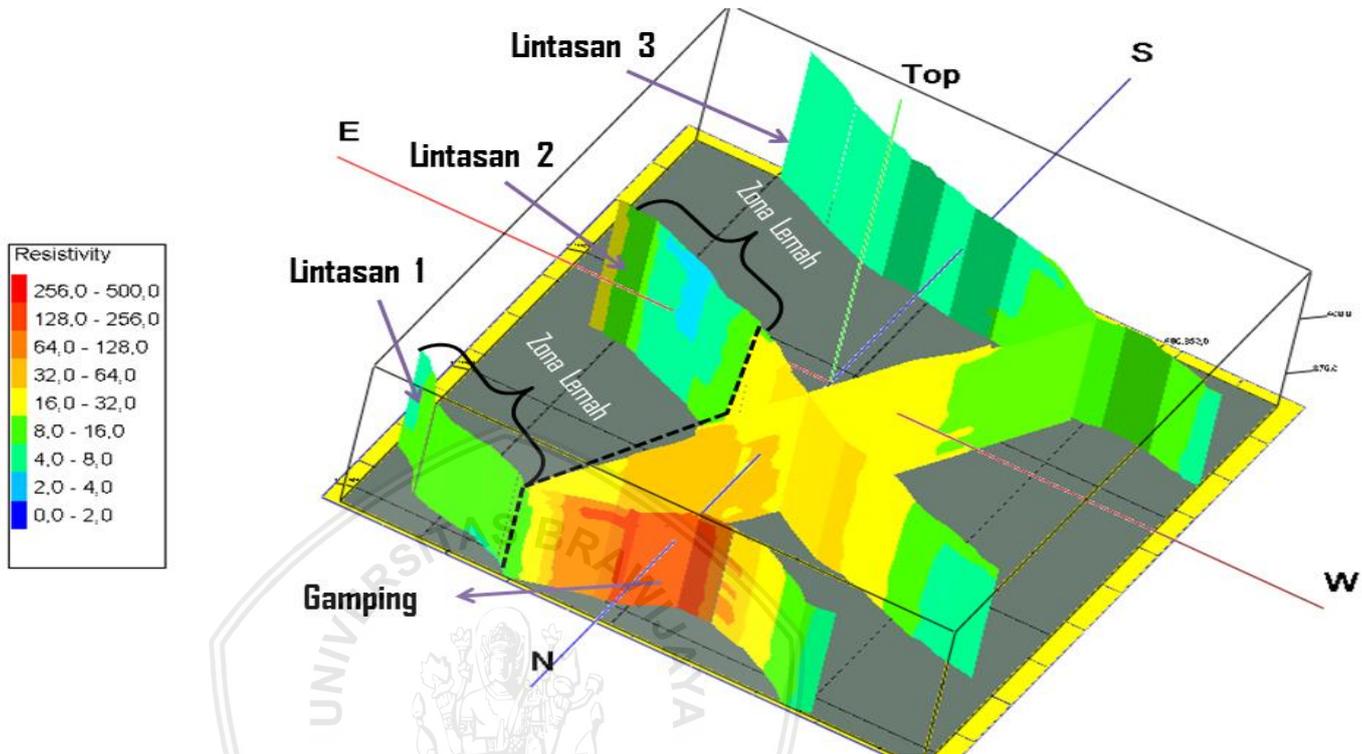




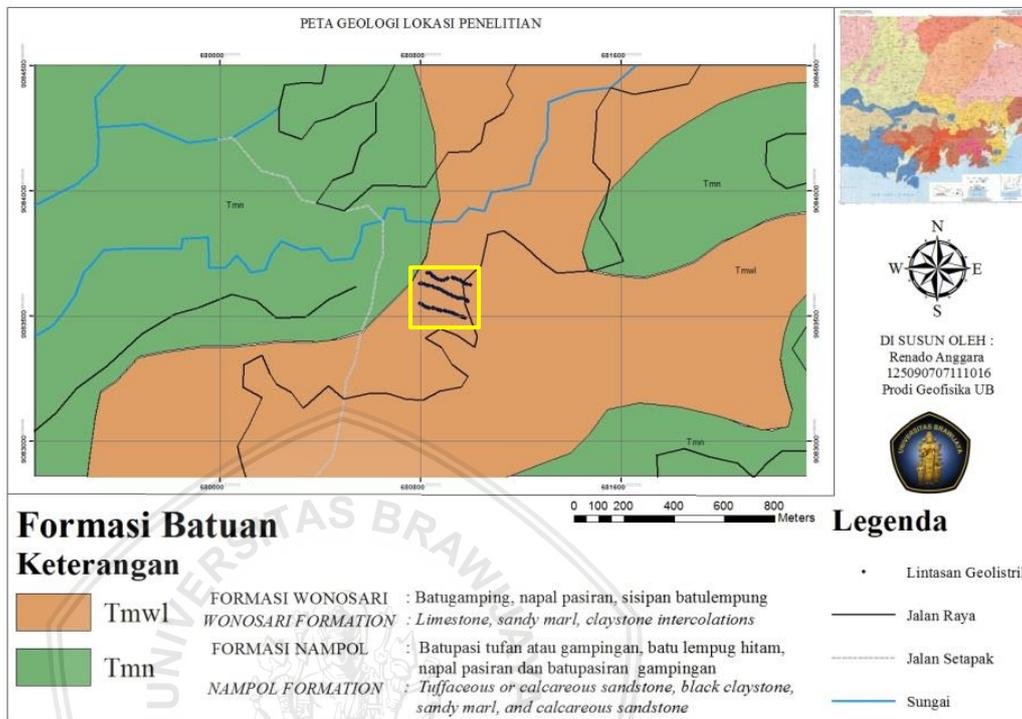
Gambar 2 Akuisisi lintasan 1



Gambar 3 Akuisisi lintasan 2 dan Akuisisi lintasan 3



Gambar 4 Interpolasi 3D lintasan 1, lintasan 2, lintasan 3



Gambar 5 Peta geologi regional daerah sekitar penelitian (modifikasi dari Sujanto dkk, 1997)

