

**ANALISIS TOMOGRAFI DATA ERT (*ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*) DAN DATA SPT (*STANDARD PENETRATION TEST*) UNTUK MENENTUKAN BIDANG GELINCIR TANAH PERENCANAAN JALAN LINTAS DONGGALA, SULAWESI TENGAH**

(Skripsi)

Oleh  
**Delvia Elesta**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2019**

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF ERT (*ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*) DATA AND SPT (*STANDARD PENETRATION TEST*) DATA TO DETERMINE DONGGALA TRAFFIC PLANNING, CENTRAL SULAWESI**

**By  
Delvia Elesta**

The research area is located in Central Sulawesi Donggala Regency will carry out the construction of highway infrastructure from Palu to Parigi. Because the soil structure in the area is not as stable as it is necessary to do a skid field research using geophysical exploration methods, which is the ERT (Electrical Resistivity Tomography) and SPT (Standard Penetration Test) methods to mitigate it. The resistivity method using the Wenner method is carried out in the study area as many as 7 points, 14 lines, with each track using 16 electrodes and the distance between the electrodes is 10 meters. The study area has resistivity values between 20  $\Omega$ meter meters up to > 250  $\Omega$ meter, where lower resistivity values represent wetter layers and higher resistivity indicates a drier layer. The landslide is closely related to the presence of clay in the area with resistivity values of 0-40  $\Omega$ meters as sandy clay with an N-SPT value of 15-25 at the uncompacted layer value, up to > 40  $\Omega$ meter as the landslide with the sandy clay layer which has indigo N-SPT of 25-30 at that value is relative density which is compact. Determine mass pressure on the landslide layer with a value of 12.2 Pa - 66.7 Pa.

Keywords: Landslide, Donggala and Resistivity

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS TOMOGRAFI DATA ERT (*ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*) DAN DATA SPT (*STANDARD PENETRATION TEST*) UNTUK MENENTUKAN BIDANG GELINCIR TANAH PERENCANAAN JALAN LINTAS DONGGALA, SULAWESI TENGAH**

**Oleh  
Delvia Elesta**

Daerah penelitian terletak di Sulawesi Tengah Kabupaten Donggala akan melakukan pembangunan infrastruktur jalan raya dari Palu menuju Parigi. Karena struktur tanah di daerah tersebut tidak setabil perlu dilakukan penelitian bidang gelincir dengan menggunakan metode eksplorasi geofisika, yaitu metode ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) dan SPT (*Standard Penetration Test*) untuk menanggulangnya. Metode geolistrik dengan metoda *Wenner* dilakukan di daerah penelitian sebanyak 7 titik, 14 line, dengan masing-masing lintasan menggunakan 16 elektroda dan jarak antara elektroda 10 meter. Daerah penelitian memiliki nilai resistivitas antara 20  $\Omega$ meter hingga > 250  $\Omega$ meter, dimana nilai resistivitas yang lebih rendah mewakili lapisan yang lebih basah dan resistivitas yang lebih tinggi mengindikasikan lapisan yang lebih kering. Bidang gelincir erat hubungannya dengan terdapat lempung di daerah tersebut dengan nilai resistivitas 0-40  $\Omega$ meter sebagai lempung pasiran dengan nilai N-SPT sebesar 15-25 pada nilai tersebut lapisan tidak terkompaksi, hingga > 40  $\Omega$ meter sebagai bidang gelincir dengan lapisan lempung pasiran yang memiliki nilai N-SPT sebesar 25-30 pada nilai tersebut kerapatan relatif yaitu kompak. Menentukan tekanan massa pada lapisan longsor dengan nilai 12,2 Pa – 66,7 Pa.

Kata Kunci : Bidang gelincir, Donggala dan Geolistrik

**ANALISIS TOMOGRAFI DATA ERT (*ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*) DAN DATA SPT (*STANDARD PENETRATION TEST*)  
UNTUK MENENTUKAN BIDANG GELINCIR TANAH PERENCANAAN  
JALAN LINTAS DONGGALA, SULAWESI TENGAH**

Oleh

**Delvia Elesta**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

**SARJANA TEKNIK**

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi

**: ANALISIS TOMOGRAFI DATA ERT  
(*ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*)  
DAN DATA SPT (*STANDARD PENETRATION  
TEST*) UNTUK MENENTUKAN BIDANG  
GELINCIR TANAH PERENCANAAN JALAN  
LINTAS DONGGALA, SULAWESI TENGAH**

Nama Mahasiswa

**: Delvia Elesta**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415051015

Jurusan

**: Teknik Geofisika**

Fakultas

**: Teknik**

**MENYETUJUI**

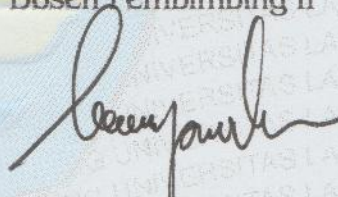
**1. Komisi Pembimbing**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

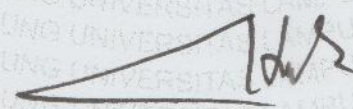
  
**Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**

**NIP 19730716 200012 1 002**

  
**Karyanto, S.Si., M.T.**

**NIP 19691230 199802 1 001**

**2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika**



**Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**

**NIP 19750911 200012 1 002**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

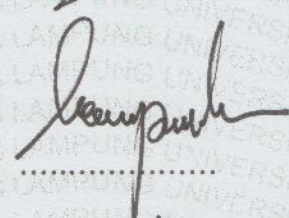
**Ketua**

**: Syamsurrijal Rasimeng, S.Si., M.Si. ....**



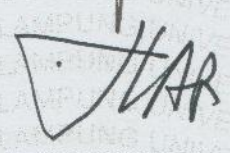
**Sekretaris**

**: Karyanto, S.Si., M.T.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. ....**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**\* Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 19620717 198703 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 Juni 2019**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juli 2019



**Delvia Elesta**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kelurahan Sukajawa, Kec. Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung, Lampung pada Tanggal 18 Juli 1996, anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Rasyid dan Ibu Hesti Triwahyuni.

Penulis mengawali Pendidikan di SDN 2 Sukajawa pada tahun 2002, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMPN 25 Bandar Lampung pada tahun 2008, dan kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah atas di SMA N 10 Bandar Lampung pada tahun 2011.

Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Reguler Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai organisasi, penulis terdaftar sebagai Eksekutif Muda dalam Dinas Sosial dan Politik di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) Universitas Lampung pada tahun 2014-2015. Anggota Biro Dana dan Usaha di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika “Bhuwana” (HIMA TG BHUWANA) pada tahun 2015-2017. Penulis juga terdaftar sebagai anggota Biro Sosial Budaya Masyarakat (SBM) di Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia Regional 1 pada tahun 2015-2016. Pada Bulan Maret - April 2017 penulis melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Kementrian PUPR Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, Lampung dengan tema :



**“Identifikasi Potensi Sebaran Air Tanah Dan Litologi Menggunakan Metode Geolistrik 1D Di Kecamatan Gedong Tataan, Pesawaran”**. Pada Bulan Januari – Maret 2018 penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Air Abang , Kec. Ulu Belu, Kab. Tanggamus. Pada Bulan Juli 2018 – Juni 2019 penulis melaksanakan Tugas Akhir di Laboratorium Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dengan tema: **“Analisis Tomografi Data ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) dan Data SPT (*Standard Penetration Test*) Untuk Menentukan Bidang Gelincir Tanah Perencanaan Jalan Lintas Donggala, Sulawesi Tengah”**.

## PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan skripsi ini kepada :

*Allah SWT*

Atas segala berkah dan karuniaNya yang senantiasa  
saya rasakan dalam menyelesaikan skripsi ini

*Kedua Orang Tuaku Tercinta  
Mama Tercinta Mama Hesti Triwahyuni  
Papa Tercinta Papa Rasyid*

Berkat Do'a dan ketulusan cinta kasih sayang. Terimakasih atas segala jerih payah  
Mama dan Papa hingga segala kebutuhan saya dapat terpenuhi. Semuanya takkan  
terbalas, namun akan selalu saya ingat hingga akhir hayat menghampiri.

*Kakak – Kakak Saya Tersayang  
Deka Vivi Rosela, S.Ikom., M.M.  
Derik Aquesty, S.Kom.*

Terimakasih atas segala bentuk dukungan dan kasih sayang kalian, serta  
terimakasih telah selalu berusaha memenuhi semua kebutuhan saya setelah ayanda  
tiada. Kebersamaan dari saya kecil hingga sekarang akan selalu saya ingat yang tak  
akan lekang oleh waktu.

*Teknik Geofisika Universitas Lampung 2014*

Terimakasih telah mengambil porsi masing-masing pada bagian cerita hidup saya,  
suka dan duka telah kita lewati bersama, tawa, canda dan kasih sayang kalian  
tidak akan pernah saya lupakan. dari saya yang amat bersyukur kepada Allah telah  
mengizinkan saya untuk bertemu dan mengenal kalian dalam hidup saya.

## **MOTTO**

Bapak pernah berkata saat jiwa terpisah dari raga, dia kan terbang menghinggapi karya terbaik kita. Ibu pernah berkata jangan bergantung pada peruntungan, senang dan tidak senang hidupmu tergantung pada kerja kerasmu.

***Muhammad Tulus***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah Subhanawata'ala berkat rahmat dan kuasa-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Tomografi Data Resistivitas 2D dan Data SPT (*Standard Penetration Test*) untuk Menentukan Bidang Gelincir Tanah Perencanaan Jalan Lintas Donggala, Sulawesi Tengah**”. Skripsi ini merupakan bagian dari persyaratan untuk meraih gelar S-1 Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Penulis berharap dengan adanya penelitian ini semoga dapat menambah pengetahuan baru di dunia Geofisika khususnya di bidang pengembangan program aplikasi perhitungan, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Karenanya, kritik dan saran sangat dibutuhkan guna membangun agar kedepannya penulis dapat memberikan yang lebih baik lagi. Demikian kata pengantar ini, semoga penelitian ini dapat bermanfaat untuk masa kini dan mendatang.

**Penulis**

**Delvia Elesta**

## SANWACANA

Dalam pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini tentunya tidak lepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang bersangkutan yaitu:

1. **Allah S.W.T** yang senantiasa memberikan rahmat dan karuniaNya dalam melancarkan segala proses tugas akhir ini hingga Alhamdulillah akhirnya saya dapat menyelesaikannya dengan baik.
2. **Mama Hesti Triwahyuni** yang tak kenal lelah mengurus dan mendidik ku seperti sekarang, menjadi seorang sarjana teknik. Semoga pendidikan ini bias menjadi sebagian kebahagiaanmu. Doamu yang membuat anak-anak mu menjadi seorang pada saat ini dan nanti.
3. **Papa Rasyid** terima kasih telah menjadi seorang yang selalu menjaga dan mendoakan mama, kak eka, aik dan alin.
4. **Kak Eka** (Deka Vivi Rosela, S. Ikom., M.M.) kakak pertama yang pintar, galak dan sayang.
5. **Bang Aik** (Derik Aguesty, S.Kom.) kakak kedua yang pandai bernyanyi dan bermain musik, abang terbolang yang jarang di rumah, dan pemalas.
6. **Bapak Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.

7. **Bapak Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.** selaku dosen pembimbing I atas semua kesabaran, bimbingan, kritikan, saran dan kesedian untuk meluangkan waktu disela-sela kesibukannya.
8. **Bapak Karyanto, S.Si., M.T.,** selaku dosen pembimbing II atas semua kesabaran, kritikan, saran dan kesediannya untuk membimbing saya dalam penyusunan skripsi ini.
9. **Bapak Prof.Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.,** selaku dosen penguji dan dosen pembimbing akademik yang telah memberikan masukan dan nasehat, baik untuk skripsi ataupun untuk masa depan penulis.
10. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung; **Bapak Prof.Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., Bapak Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T., Bapak Nandi H, M.Si., Bapak Bagus Spto Mulyatno, S.Si., M.T., Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si., Bapak Karyanto, S.Si., M.T., Bapak Rustadi, M.T., Bapak Syamsurijal Rasimeng., M.Si., Bapak Alimuddin Muchtar, M.Si., Bapak Rahmad Catur Wibowo, M.Eng., Bapak I Gede Boy, M.Eng.,** yang telah memberikan banyak pembelajaran dan bantuan selama menempuh studi di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
11. Seluruh Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Unila, **Pak Legino, Mas Pujono, Mbak Dhea, Pak Marsuno dan Mas Dayat** yang telah memberi banyak bantuan dalam proses administrasi.
12. **Gaffar Rifqi Pambudi (Tenyom)** teman hidup dalam segala hal apapun, semoga ilmu kita bias berguna, menjadi orang sukses dan bisa saling mengingatkan.
13. **Avengers** (Nirma, Novia, Ferthi dan Shahel) bertemu di SMA N 10 Bandar Lampung dan menjadi teman sejati sampai saat ini.

14. **Kak Rahmat (Kak Mamet)** kakak ter the best yang membuat tugas akhir ini bisa terlaksana, yang bakal selalu di ingat.
15. **Kak Ryan Tanjung Priseptian (Kak Tanjung)** kakak yang sangat membantu dalam penyelesaian masalah dalam skripsi ini dan yang selalu nambah masalah selama ini, makasih loh kak.
16. **Kak Widia Setyo Aji (Kak Aji)** kakak yang selalu buat harapan palsu, dan sesalu nyusahin, ngeselin, makasih kak udah bantu segala kesusahan yang banyak sampe males ngitungnya.
17. **Ummi Hanifah (Ipeh)** sahabat tersayang yang dingin, netral dana pa adanya. Orang paling pesek hamper gak punya idung, yang katanya selalu bikin kangen. Seperjuangan S.T. dan temen nginep kalo mau seminar.
18. **Fitria Purnamasari (Jubir)** sahabat saya tercinta yang selalu menjadi peri kecil, yang selalu manggilin aksesoris, tapi selalu dibilang selingkuhan padahal emang bener. Putih, kecil dan keras udah kayak beras.
19. **Ummi Imra'atun Nurdiana (Jawir)** si tukang ngambek dan nangis kalo udah diledekin, sukanya sama yang bule-bule.
20. **Rinaldi Okka Saputra Ahza (Aldi)** tukang cari masalah, untung rajin solat.
21. **Rahmad Iqbal (Iqbal)** mekhanai yang kurang otaknya.
22. **Sofyan Frida Yendra (Ler)** suka mual kalo ngerokok.
23. **Alfa Ardes Ardana (Alpa)** temen kecu yang pertama nikah.
24. **Muhamad Faizal (Ical)** mulut licin yang pindah haluan.
25. **Ghiat Malano Surya (Ghiat)** temen dari SMP yang bodohnya sama.
26. **Aulia Huda Pinandita (Aul)** pembuat peta dan mentor gila.
27. **Nur Indah Safitri (Tsunade)** tsunade nya kecu.

28. **Desti Amanda Nur'aini (Desti)** wanita gamers sejati.
29. **Pratiwi Ayurizky Partika (Tiwik)** orangnya susah dijelasin.
30. **Rhaka (Ratol)** menghilang dari peradaban.
31. **Deni (Komandan Deni)** awalnya TG sekarang jadi polisi.
32. **Fajar (Udin)** berguna untuk buat abstrak Bahasa Inggris.
33. **Morales (Mora)** sang pembuat peta dan genter pohon seri.
34. **Witta Putri Anggraini (Wita)** partner kerja praktek dan guru di tugas akhir.
35. **Galang Gerindra (Galang)** guru di detik ujian skripsi.
36. **Filza (Pilja), Nana (Nana Giting) Arief (Aripna), Dimas (Batu) Farizi (Kobum), Martin, Rizky (Pakde), Sidharta (Darta)** terimakasih untuk tawa canda, kebaikan, segalanya selama ini semoga sahabat terbaik seperti kalian akan selalu mendapatkan yang terbaik.
37. Semua keluarga Teknik Geofisika 2014, **Agnes, Agra, Agung, Budi, Andi, Amir, Alfian, Aziz, Cinthia, Dicky, Ewin, Evi, Faqih, Faris, Fhera, Galang, Helbrat, Ida, Ikhwan, Ilham, Indra, Isti, Jefri, Azri, Asrin, Niko, Nurdin, Zaki, Romi, Nabila, Norman, Nupit, Pungky, Malik, Ratih, Ridho, Rita, Bunda Kiki, Viska, Ino, dan Yudha**, yang telah banyak membantu dan memberi dukungan kepada saya serta terimakasih atas segala cerita bahagia tawa canda maupun duka yang telah kita ukir bersama.
38. **Mas Santos Sekeluarga** terimakasih sudah memberi banyak cerita dan wejangan hidup selama istirahat kuliah.
39. Terimakasih atas semua pihak lain yang membantu berkontribusi yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>COVER DALAM</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR TABLE</b> .....	<b>xix</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian.....	2
C. Batasan Masalah.....	2
<b>II. TINJAWAN PUSTAKA</b>	
A. Letak dan Lokasi Penelitian .....	3
B. Geologi Regional .....	4
C. Stratigrafi Regional .....	12

<b>III. TEORI DASAR</b>	
A. Metode Geolistrik Resistivitas (Tahanan Jenis) .....	14
B. Tahanan Jenis Batuan.....	17
C. Resistivitas Semu .....	19
D. Tekanan.....	19
E. Densitas .....	20
F. Hukum Newton 2 .....	22
G. Metode Konfigurasi Wenner .....	23
H. Tanah Longsor .....	25
I. Faktor-faktor Penyebab Tanah Longsor.....	28
J. Penyelidikan Gerakan Tanah .....	32
<b>IV. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	36
C. Prosedur Penelitian.....	37
D. Diagram Alir .....	38
<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Daerah Penelitian .....	39
B. Pengolahan Data .....	40
C. Model ERT ( <i>Electrical Resistivity Tomography</i> ) dan SPT ( <i>Standard Penetration Test</i> ) untuk Analisis Bidang Gelincir.....	40
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran.....	73

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Peta administrasi daerah penelitian .....	3
<b>Gambar 2.</b> Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi .....	6
<b>Gambar 3.</b> Pembagian mandala Sulawesi .....	9
<b>Gambar 4.</b> Pola aliran arus dan bidang eki potensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan .....	16
<b>Gambar 5.</b> Gerak Benda di Bidang Miring .....	22
<b>Gambar 6.</b> Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi Wenner .....	24
<b>Gambar 7.</b> Longsoran translasi .....	25
<b>Gambar 8.</b> Longsoran rotasi .....	25
<b>Gambar 9.</b> Pergerakan blok .....	26
<b>Gambar 10.</b> Runtuhan batu .....	26
<b>Gambar 11.</b> Rayapan tanah .....	27
<b>Gambar 12.</b> Aliran bahan rombakan .....	27
<b>Gambar 13.</b> Rangkaian instalasi pengeboran inti .....	33
<b>Gambar 14.</b> Skema uji SPT ASTM D1586 .....	35
<b>Gambar 15.</b> Diagram Alir Penelitian .....	38
<b>Gambar 16.</b> Peta Titik Pengukuran .....	39
<b>Gambar 17.</b> Model ERT Line-06a .....	54
<b>Gambar 18.</b> Model ERT Line-06b.....	55
<b>Gambar 19.</b> Model ERT Line-07a .....	56
<b>Gambar 20.</b> Model ERT Line-07b .....	57
<b>Gambar 21.</b> Model ERT Line-08a .....	58
<b>Gambar 22.</b> Model ERT Line-08b .....	59
<b>Gambar 23.</b> Model ERT Line-09a .....	60
<b>Gambar 24.</b> Model ERT Line-09b .....	61
<b>Gambar 25.</b> Model ERT Line-10a .....	62
<b>Gambar 26.</b> Model ERT Line-10b .....	63
<b>Gambar 27.</b> Model ERT Line-11a .....	64
<b>Gambar 28.</b> Model ERT Line-11b .....	65
<b>Gambar 29.</b> Model ERT Line-12a .....	66
<b>Gambar 30.</b> Model ERT Line-12b .....	67
<b>Gambar 31.</b> SPT 1 dan SPT 2 .....	69
<b>Gambar 32.</b> Dinding Penahan Tipe Gravitasi.....	70

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Resistivitas Batuan Beku dan Metamorf.....	17
<b>Tabel 2.</b> Resistivitas Batuan Sedimen .....	18
<b>Tabel 3.</b> Nilai Resistivitas Batuan .....	18
<b>Tabel 4.</b> Densitas Batuan.....	21
<b>Tabel 5.</b> Hubungan Nilai N dengan Kerapatan Relatif .....	35
<b>Tabel 6.</b> Interpretasi Litologi .....	42
<b>Tabel 7.</b> Tabel Perhitungan Lintasan 07b .....	44
<b>Tabel 8.</b> Tabel Perhitungan Lintasan 08a .....	46
<b>Tabel 9.</b> Tabel Perhitungan Lintasan 09a.....	48
<b>Tabel 10.</b> Tabel Perhitungan Lintasan 09b .....	49
<b>Tabel 11.</b> Tabel Perhitungan Lintasan 10a.....	50

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Daerah penelitian terletak pada Kabupaten Donggala, dimana kabupaten ini menghubungkan Kota Palu dengan Kabupaten Parigi. Pertumbuhan penduduk dan ekonomi pada kedua kabupaten ini sangat signifikan. Daerah penelitian ini sedang dilakukan pembangunan jalan, dilakukan pembangunan jalan membutuhkan keamanan yang baik. Daerah penelitian ini memiliki tebing-tebing yang tinggi dan landai. Maka dari itu, diperlukan adanya perencanaan jalan lintas pada daerah penelitian.

Perencanaan jalan lintas memerlukan beberapa faktor penting salah satunya, yaitu bidang gelincir tanah. Dimana bidang gelincir adalah bidang yang sifatnya menahan air dengan permeabilitas rendah, memiliki sifat padat sehingga memungkinkan tempat Bergeraknya lapisan lapuk yang ada di atasnya. Bidang gelincir memiliki dua lapisan yang bertemu yaitu lapisan yang keras dengan lapisan yang lunak. Ketika terjadi hujan, pada lapisan yang keras atau kedap air akan menjadi licin. Lapisan yang licin memungkinkan lapisan yang lunak akan bergerak di atas lapisan kedap. Dimana lapisan yang bersifat kedap berperan sebagai bidang gelincir. Sedangkan lapisan yang bersifat lunak berperan sebagai material longsor. Material longsor dicirikan.

dengan memiliki nilai-nilai resistivitas rendah dan bidang longsor dicirikan dengan material yang memiliki resistivitas tinggi Adapun metode yang digunakan untuk mencari bidang gelincir, yaitu Metode Geolistrik dan metode pendukung lain yaitu SPT. Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang bertujuan mengetahui sifat-sifat kelistrikan lapisan batuan dibawah permukaan tanah dengan cara menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah. Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika aktif, karena arus listrik berasal dari luar sistem. SPT (*Standard Penetration Test*) adalah uji penetrasi dinamis in-situ yang dirancang untuk memberikan informasi tentang sifat rekayasa geoteknik tanah.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian sebagai berikut :

1. Membuat penampang model geologi berdasarkan sebaran resistivitas pada daerah penelitian.
2. Menentukan bidang gelincir longsor pada daerah penelitian.
3. Membandingkan litologi batuan daerah penelitian berdasarkan nilai resistivitas dengan data SPT (*Standard Penetration Test*).
4. Menentukan tekanan massa pada lapisan longsor.

## **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian sebagai berikut :

Data SPT (*Standard Penetration Test*) digunakan untuk membantu menganalisis litologi lapisan di bawah permukaan di daerah penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Letak dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**. Seperti berikut :



**Gambar 1.** Peta administrasi daerah penelitian (Zainuri, 2018).

Letak Geografis dan Batas Wilayah Kabupaten Donggala terletak antara 0° 30" Lintang Utara dan 2° 20" Lintang Selatan serta 119° 45"- 121° 45" Bujur Timur dengan batas wilayah sebagai berikut, Sebelah Utara berbatasan Dengan Kabupaten Toli-toli, Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten

Parigi Muotong, Kabupaten Sigi dan Kota Palu, Sebelah Selatan berbatasan dengan Propinsi Sulawesi Barat, Kabupaten Sigi dan Kota Palu, Sebelah Barat berbatasan dengan Propinsi Sulawesi Barat dan Selat Makassar.

Berdasarkan letak geografis, kondisi sosio kultur, potensi sumber daya dan infrastrukturnya Kabupaten Donggala dapat dipetakan yaitu Pantai Barat, meliputi Kecamatan Labuan, tanantovea, Sindue, Sindue Tombusabora, Sindue Tobata, Sirenja, Balaesang, Balaesang Tanjung, Damsol, Sojol dan Sojol Utara yang merupakan daerah pantai dan memiliki lahan yang relatife kurang subur. Khusus Kecamatan Banawa sebagai ibukota Kabupaten Donggala, infrastrukturnya sudah mulai tertata dengan baik sehingga dapat menunjang kegiatan pemerintah dan masyarakat (Ladoali, 2013).

## **B. Geologi Regional**

### **1. Struktur Geologi Sulawesi Tengah**

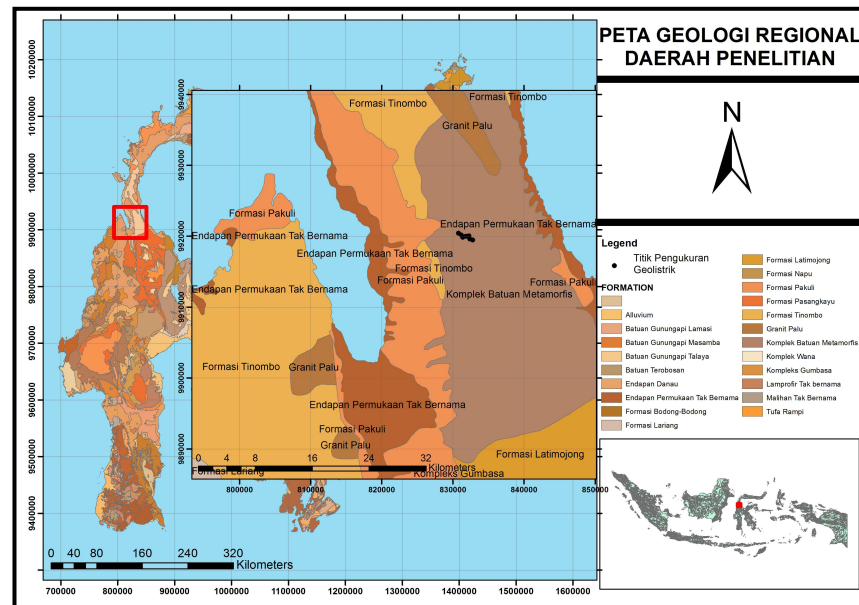
Batuan magmatik potassic calc-alkaline berusia akhir Miosen di Sulawesi Tengah terdapat di bagian kiri bentangan zona sesar Palu Koro, dimana batuan granit di wilayah tersebut berkorelasi dengan subduksi microcontinent Banggai-Sula dengan Pulau Sulawesi pada pertengahan Miosen. Berdasarkan aspek petrografi, batuan granit berumur Neogen tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok dari yang paling tua sampai dengan yang termuda untuk melihat karakteristik perubahannya di masa mendatang. Pertama adalah KF -megacrystal bantalan granit yang kasar (Granitoid-C) yang terdistribusi di bagian utara dan elatan wilayah Palu-Koro yang berumur 8,39-3,71 Ma, dimana dua karakteristik petrografi tersebut dapat dibedakan menjadi dua, yaitu



biotit yang mengandung granit dan hornblende sebagai mineral mafik (4,15-3,71 Ma dan 7,05-6,43 Ma) dan biotit yang mengandung granit sebagai mineral mafik utama (8,39-7,11Ma). Kelompok kedua adalah batuan granit medium mylonitic-gneissic (Granitoid-B) yang relatif terdapat di daerah pusat (sekitar Palu-Kulawi) berupa medium grained granitoids yang kadangkadang mengandung xenoliths. Batuan granit ini juga dapat dibagi lagi menjadi hornblende-biotit yang terdistribusi di bagian selatan (Saluwa-Karangana) sekitar 5,46-4,05 Ma dan granit bantalan biotit yang berumur 3,78-3,21 Ma di sekitar Kulawi. Kelompok ketiga adalah Fine and biotite-poor granitoid yang bisa disebut (Granitoid-A) kelompok batuan termuda yang tersebar pada daerah Palu-Koro sekitar 3,07-1,76 Ma, yang terlihat sebagai dyke kecil hasil potongan dari batuan granit lain. Batuan tersebut berwarna putih bersih mengandung sejumlah biotites sebagai mineral mafik tunggal, kebanyakan batuan tersebut terlihat di antara daerah Sadaonta dan Kulawi (Sompotan, 2012).

Kondisi geologi regional daerah penelitian. Menurut Sundhoro (2005) Sulawesi bagian tengah dijumpai 3 buah struktur utama berarah utara-selatan. Daerah ini dapat dipisahkan kedalam 3 zona. Yaitu Zona timur dikenal Kolonodale zone ditandai oleh batuan beku basa dan ultrabasa (ophiolit), batu gamping berumur Mesozoikum dan rijang yang kaya radiolaria. Kemudian ada Zona Poso dicirikan oleh batuan malihan (metamorfik) jenis skis kaya mineral muskovit. Serta Zona barat tersingkap batuan granodiorit masif, skis kristalin yang kaya mineral biotit,

batuan vulkanik berumur Tersier, tufa berumur Plio-Plistosen dan endapan



aluvium.

**Gambar 2.** Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi (Sukamto, dkk, 1973).

**Gambar 2.** merupakan batuan tertua di daerah yang dipetakan adalah metamorf (Kompleks Batuan Metamorf) dan tersingkap hanya pada pematang timur yang merupakan intinya. Kompleks itu terdiri dari batuan sekis amfibolit, sekis, genes dan pualam. Sekis terdapat banyak di sisi barat, sedangkan genes dan pualam terdapat banyak di sisi timur (Bouwer dalam sundhoro, 2005) berpendapat, bahwa sekis yang tersingkap di seantero Sulawesi sebagian berumur Paleozoikum. Rangkaian Formasi Tinombo (Ahlburg dalam sundhoro, 2005) seperti yang dipakai oleh (Brouwer dalam sundhoro, 2005) tersingkap luas baik di pematang timur maupun barat. Batuan ini menindih Kompleks Batuan Metamorf secara tidak selaras. Di dalamnya terkandung rombakan yang berasal dan batuan metamorf. Endapan yang terbentuk terdiri dari batu serpih, batupasir,

konglomerat, batugamping radiolaria dan batuan gunung api yang diendapkan di dalam lingkungan laut. Terdapat batu sabak, batuan terkarsikkan, filit, dan kuarsit. Di dekat intrusi Bagian barat pematang barat mengandung lebih banyak batupasir rijang dari padadi tempat lain. Diabas, spilit dan andesit di selatan Donggala dan di selatan Kasimbar dipetakan dengan endapan itu. Rombakan batuan gunungapi biasa terdapat di dalam batupasirnya. Calciphaerula innominata yang ditemukan di dalam klastika batugamping diinterpretasikan oleh Socal sebagai suatu fosil rombakan dari formasi Kapur. Batuanbatuan itu serupa dengan Formasi Tinombo yang menyerupai flysch yang telah diperikan oleh Bouwer (1934).

Intrusi-intrusi kecil yang telah dijelaskan di atas juga menerobos endapan ini. Dimana batuan Molasa Celebes yang terdapat pada ketinggian lebih rendah pada bagian kedua pematang, yang berada di posisi atas secara tidak selaras Formasi Tinombo dan Kompleks Batuan Metamorf. Molasa ini mengandung rombakan yang berasal dari formasi-formasi lebih tua dan terdiri dari konglomerat, batupasir, batulumpur, batugamping-koral serta napal yang semuanya hanya mengeras lemah. Didekat Kompleks Batuan Metamorf pada bagian barat pematang timur endapan itu terutama terdiri dari bongkah - bongkah kasar dan agaknya diendapkan didekat sesar. Batuan-batuan itu ke arah laut beralih - alih jadi batuan klastika berbutir lebih halus. Di dekat Donggala sebelah utara Enu dan sebelah barat Labea batuannya terutama terdiri dari batugamping dan napal. Pada kedua sisi Teluk Palu dan kemungkinan juga di tempat lain endapan sungai Kuarter juga dimasukkan ke dalam satuan ini. Aluvium dan Endapan pantai terdiri

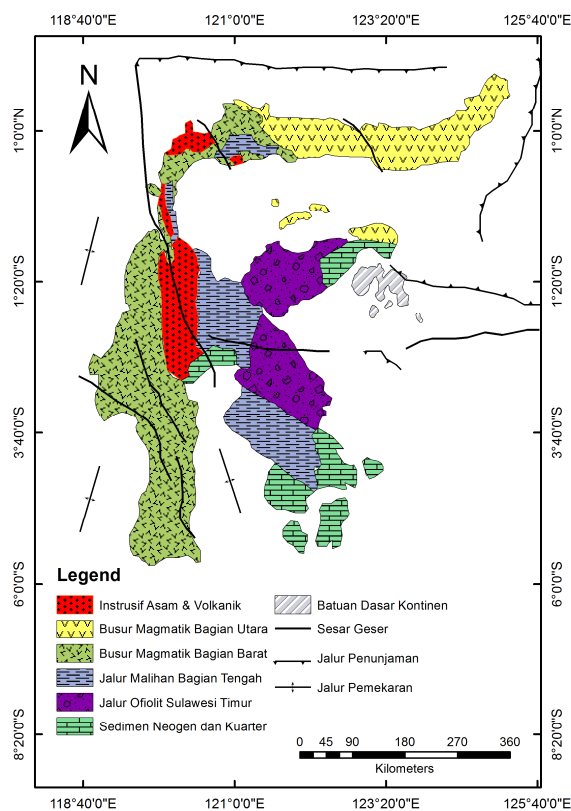
dari kerikil, pasir, lumpur dan batugamping koral terbentuk dalam lingkungan sungai, delta dan laut dangkal merupakan sedimen termuda di daerah ini. Endapan itu boleh jadi seluruhnya berumur Holosen. Di daerah dekat Labean dan Ombo terumbu koral membentuk bukit-bukit rendah. Telah diamati telah terjadi beberapa generasi intrusi. Yang tertua ialah intrusi andesit dan basalt kecil-kecil di semenanjung Donggala. Intrusi-intrusi ini mungkin adalah saluran - saluran batuan vulkanik di dalam Formasi Tinombo.

Formasi Tinombo sendiri menindih kompleks batuan metamorf secara tidak selaras. Di dalamnya terkandung rombakan yang berasal dari batuan metamorf. Endapan itu terutama terdiri dari serpih, batupasir, konglomerat, batugamping radiolaria dan batuan gunungapi yang diendapkan di lingkungan laut. Intrusi-intrusi kecil selebar kurang dari 50 m yang umumnya terdiri dari diorit, porfiri diorit, mikrodiorit dan granodiorit menerobos Formasi Tinombo, yakni sebelum endapan molasa dan tersebar luas di seluruh daerah (Sundhoro, 2005).

## 1. Fisiografi Regional

Secara fisiografi Sulawesi dapat dibagi menjadi empat mandala geologi **Gambar 3**, yaitu: 1. Mandala Barat (West & North Sulawesi Volcano-Plutonic Arc) sebagai jalur magmatik (Cenozoic Volcanics and Plutonic Rocks) yang merupakan bagian ujung timur Paparan sunda. 2. Mandala Tengah (Central Sulawesi Metamorphic Belt) berupa batuan malihan yang ditumpangi batuan bancuh sebagai bagian dari blok Australia. 3. Mandala Timur (East Sulawesi Ophiolite Belt) berupa ofiolit yang

merupakan segmen dari kerak samudera berimbrikasi dan batuan sedimen berumur TriasMiosen. 4. Banggai–Sula dan Tukang Besi Continental fragments kepulauan paling timur Banggai-Sula dan Buton merupakan pecahan benua yang berpindah ke arah barat karena strike-slip faults dari New Guinea. Daerah penelitian termasuk ke dalam Mandala Sulawesi Tengah atau merupakan bagian dari Busur magmatik bagian barat Sulawesi Tengah, yang didominasi oleh batuan vulkanik Tersier – Kuartar serta batuan-batuan sedimen (Sompotan, 2012).



**Gambar 3.** Pembagian mandala Sulawesi (Leeuwen, 1994).

## 2. Morfologi

Berdasarkan pada bentuk timbunan atau relief morfologi kabupaten Donggala dapat dibagi kedalam tiga satuan morfologi yaitu morfologi dataran morfologi perbukitan dan satuan morfologi pegunungan.

a. Satuan morfologi dataran

Penyebaran morfologi ini umumnya pada wilayah pesisir dataran pada kawasan lembah baik dataran rendah maupun yang bersifat dataran tinggi. Pada bagian pesisir yang paling luas terdapat sepanjang pesisir Parigi hingga Sausu sedangkan pada pesisir barat yaitu sepanjang Tawaeli sampai dengan Dampelas Sojol dan Banawa sampai dengan Surumana dan Lalundu morfologi dataran relatif sempit. Di bagian lembah dengan morfologi dataran yang cukup luas terdapat di bagian lembah Palu yaitu di Kecamatan Biromaru Dolo dan Marawola dibatasi oleh gawir patahan disisi barat dan jalur pegunungan di sisi timur. Morfologi dataran ini juga terdapat di kecamatan Palolo. Wilayah yang dicakupi oleh morfologi ini merupakan wilayah yang paling potensial sehingga merupakan kawasan hunian atau pemukiman dominan. Penyusun utama satuan ini adalah endapan aluvial dan sedimen molasse yang mempunyai kekompakan relatif rendah (Bemmelen, 1949).

b. Satuan morfologi perbukitan

Penyebaran morfologi ini disamping dipengaruhi oleh jenis batuan juga berhubungan dengan struktur patahan yang umumnya berpola sejajar. Morfologi perbukitan yang dikontrol oleh jenis batuan yaitu litologi batugamping diantaranya terbentuk di wilayah kecamatan Banawa. Pengaruh struktur patahan dan kekar terhadap morfologi ini banyak dijumpai pada wilayah yang membatasi morfologi dataran dan pegunungan. Kenampakan morfologi ini sangat umum pada sisi-sisi kiri dan kanan jalur pegunungan di kabupaten Donggala. Pada

perbukitan yang relatif terorientasi arah umumnya adalah timur laut – barat daya dan relatif tegak lurus terhadap arah utama struktur patahan Palu-Koro. Penyusun satuan ini bervariasi yaitu batu gamping granit batuan vulkanik batuan sedimen molase dan sedimen formasi Tinombo dengan litologi batu lempung batu pasir konglomerat batusabak dan batuan vulkanik.

c. Satuan morfologi pegunungan

Morfologi pegunungan merupakan wilayah dengan luasan terbesar dibanding areal pada morfologi dataran dan perbukitan. Di bagian utara arah punggung pegunungan relatif timur-barat di bagian tengah berarah utara - selatan dan di bagian selatan berarah utara barat laut - tenggara. Elevasi tertinggi di bagian utara adalah 2500 m sedangkan dibagian selatan adalah 2093 m. Penyusun morfologi ini didominasi oleh batuan metamorf granit dan batuan sedimen formasi Tinombo (Bemmelen, 1949).

### **3. Keadaan Topografi**

Kondisi Topografi Kabupaten Donggala cukup beragam, mulai dari dataran yang rendah, dataran yang berbukit hingga pegunungan. Dataran rendah tersebar di sepanjang pesisir Kabupaten Donggala yang berhadapan langsung dengan Selat Makassar dimana sebagian besar berada di wilayah Pantai Barat.

Wilayah perbukitan dan pegunungan sebagian besar berada pada wilayah perbatasan dengan Kabupaten Parigi Moutong dengan ketinggian yang bervariasi mulai dari ketinggian 1000 meter di atas permukaan laut

hingga mencapai ketinggian di atas 2500 meter di atas permukaan laut.

#### **A. Stratigrafi Regional**

Stratigrafi regional Kota Palu, menurut Sukamto, 1973 tersusun oleh granit, granitoid, kompleks batuan metamorf, formasi Tinombo yang tersusun oleh serpih batupasir, konglomerat, batuan vulkanik, batugamping dan rijang. Termasuk filit, sabak, dan kuarsit, Molasa Sulawesi, alluvium dan endapan pantai. Hasil penelitian pada satu dasawarsa terakhir menunjukkan bahwa batuan malihan yang tersebar di Sulawesi secara stratigrafi berumur Kapur bawah sampai Eosen. Dan batuan sedimen berumur Jura (Sukamto dan Simandjuntak, 1983 dalam Surono, 2013).

- a. Komplek batuan Metamorf Batuan tertua yang dipetakan tersingkap hanya di pematang timur yang merupakan intinya. Kompleks ini dari batuan itu sendiri terdiri dari amfibolit, sekis, gneiss, dan pualam.umur batuan metamorf tidak diketahui, yang memungkinkan berumur Pra-Tersier. Bower (1947) dalm Sukamto (1973) berpendapat bahwa sekis yang tersingkap di Sulawesi berumur Paleozoikum.
- b. Formasi Tinombo Formasi ini tersingkap luas di sepanjang pematang barat hingga timur. Formasi ini terdiri dari serpih, konglomerat, batupasir, rijang, radiolarian, dan batuan gunung api yang diendapkan di lingkungan laut.
- c. Molasa Sulawesi Endapan ini berada di sisi lebih rendah dari kedua pematang, menindih secara tidak selaras Formasi Tinombo dan kompleks batuan metamorf, mengandung rombakan dari formasi-formasi yang lebih tua dan terdiri dari konglomerat, batupasir, batulempung,



batugamping koral,dan napal.

- d. Alluvium dan endapan pantai Diperkirakan berumur holosen yang terdiri dari pasir, lanau, kerikil dan kerakal dengan ukuran material yang tidak seragam yang masing-masing terbentuk dilingkungan sungai, delta, dan laut dangkal yang merupakan sedimen termuda di daerah ini. Material ini merupakan penyusun utama wilayah lembah Palu (Sukamto, 1973).

### **III. TEORI DASAR**

#### **A. Metode Geolistrik Resistivitas (Tahanan Jenis)**

Menurut (Telford dalam Herlin, dkk, 2012) salah satu metode geofisika yang dapat digunakan dalam penentuan jenis lapisan batuan yang berperan sebagai bidang gelincir dan kedalamannya dari permukaan bumi adalah metode geolistrik tahanan jenis dua dimensi (2D). Metode geolistrik tahanan jenis 2D dapat menghasilkan citra lapisan batuan bawah permukaan bumi secara dua dimensi berdasarkan nilai tahanan jenis batuan penyusun lapisan tersebut.

Metode resistivitas menurut (Santoso dalam Romosi, 2016) 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. 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.

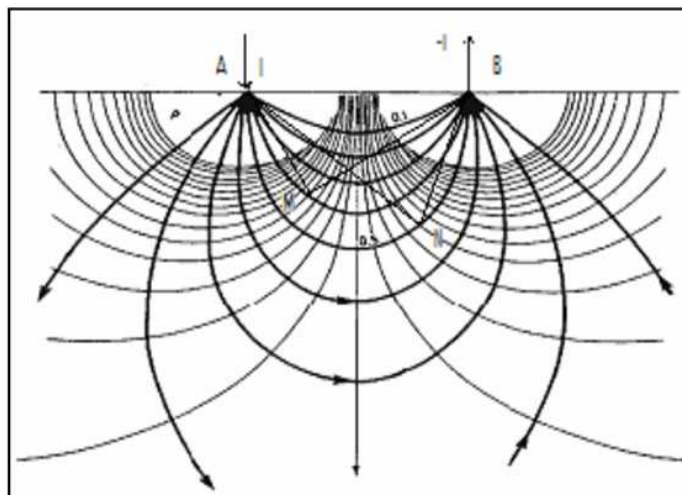
Pendugaan geolistrik merupakan salah satu cara penelitian dari permukaan tanah untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan. Model pendugaan ini menggunakan prinsip bahwa lapisan batuan atau material mempunyai tahanan yang bervariasi, yang disebut dengan tahanan jenis (resistivity atau  $\rho$  *jr*).

Besarnya resistivitas diukur dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi dan memperlakukan lapisan batuan sebagai media penghantar arus. Setiap material atau batuan mempunyai kisaran resistivitas yang berbeda dengan material lain. Pendugaan resistivitas batuan melalui teknik geolistrik dapat dipakai sebagai dasar analisis adanya bidang gelincir (Rahmawati, 2009).

Dalam metode geolistrik resistivitas terdapat 2 macam metode dalam pengambilan datanya, yaitu : metode geolistrik resistivitas *mapping* dan metode geolistrik resistivitas *sounding*. Metode resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan tanah bawah permukaan secara horizontal. Sedangkan metode geolistrik resistivitas *sounding* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di dalam permukaan bumi secara vertikal ( Effendy, 2012).

Penggunaan metode geolistrik pertama kali digunakan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912. Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui perubahan resistivitas lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Dirrect Current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam (Alfisyahrin, 2015). Dengan adanya aliran arus listrik tersebut maka akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung melalui dua buah elektroda tegangan M dan N yang jaraknya lebih

pendek daripada jarak elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi pada kedalaman yang lebih besar. Menurut (Alfisyahrin, 2015) dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak AB yang biasa disebut  $AB/2$  (bila digunakan arus listrik DC murni), maka diperkirakan dari injeksi ini berbentuk setengah bola dengan jari-jari  $AB/2$ . Umumnya metode geolistrik yang sering digunakan adalah yang menggunakan 4 buah elektroda yang terletak dalam satu garis lurus serta simetris terhadap titik tengah, yaitu 2 buah elektroda arus (AB) di bagian luar dan 2 buah elektroda tegangan (MN) di bagian dalam. Gambar di bawah ini adalah ilustrasi garis *equipotential* yang terjadi akibat injeksi arus ditunjukkan pada dua titik arus yang berlawanan di permukaan bumi.



**Gambar 4.** Pola aliran arus dan bidang ekuipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan (Wahyunimgrum, dkk, 2013).

Pada Gambar 4 yang menyerupai setengah lingkaran dapat dilihat sebaran arus pada permukaan akibat arus listrik yang dikirim ke bawah permukaan. Garis tegas menunjukkan arus yang dikirim mengalami respon oleh suatu lapisan yang homogen. Sedangkan arus putus-putus menunjukkan arus normal dengan nilai yang sama. Garis-garis tersebut disebut dengan garis *equipotential*. Dimana medan listrik titik sumber di dalam bumi dianggap memiliki simetri bola.

## B. Tahanan Jenis Batuan

Tahanan jenis merupakan sifat fisika yang menunjukkan kemampuan suatu material dalam menghambat arus listrik. Aliran arus pada setiap lapisan batuan sangat bergantung kepada cairan elektrolitik yang terdapat dalam pori-pori batuan tersebut. Tahanan jenis dari batuan sangat dipengaruhi oleh kehadiran air tanah yang bertindak sebagai elektrolit, terutama pada sedimen berpori dan batuan sedimen. Batuan-batuan yang jenuh air mempunyai tahanan jenis lebih rendah dibandingkan dengan batuan kering. Tahanan jenis setiap batuan berbeda-beda.

**Tabel. 1** Resistivitas Batuan Beku dan Metamorf (Telford, dkk., 1976).

Rock Type	Resistivity Range ( $\Omega\text{m}$ )
Granite	$3 \times 10^2 - 10^6$
Granite Porphyry	$4.5 \times 10^3$ (wet) – $1.3 \times 10^6$ (dry)
Feldspar Porphyry	$4 \times 10^3$ (wet)
Albite	$3 \times 10^2$ (wet) – $3.3 \times 10^3$ (dry)
Syenite	$10^2 - 10^6$
Diorit	$10^4 - 10^5$
Diorit Porphyry	$1.9 \times 10^3$ (wet) – $2.8 \times 10^4$ (dry)
Porphyryte	$10 - 5 \times 10^4$ (wet) – $3.3 \times 10^3$ (dry)
Carbonatized Porphyry	$2.5 \times 10^3$ (wet) – $6 \times 10^4$ (dry)
Quartz Porphyry	$3 \times 10^2 - 9 \times 10^5$
Quartz Diorite	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (wet) – $1.8 \times 10^5$ (dry)
Porphyry (Various)	$60 - 10^4$

Dacite	$2 \times 10^4$ (wet)
Andesite	$4.5 \times 10^4$ (wet) – $1.7 \times 10^5$ (dry)
Diabase Porphyry	$10^3$ (wet) - $1.7 \times 10^5$ (dry)
Diabase (various)	$20 - 5 \times 10^7$
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$ (dry)
Olivine Norite	$10^3 - 6 \times 10^4$ (wet)
Peridotite	$3 \times 10^3$ (wet) – $6.5 \times 10^3$ (dry)
Hornfels	$8 \times 10^3$ (wet) – $6 \times 10^7$ (dry)
Schists (calcareous and mica)	$20 - 10^4$
Tuffs	$2 \times 10^3$ (wet) - $10^5$ (dry)
Graphite Schist	$10 - 10^2$
Slates (various)	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Gneiss (various)	$6.8 \times 10^4$ (wet) – $3 \times 10^6$ (dry)
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$ (dry)
Skarn	$2.5 \times 10^2$ (wet) – $2.5 \times 10^8$ (dry)
Quarzites (various)	$10 - 2 \times 10^8$

**Tabel .2.** Resistivitas Batuan Sedimen (Telford, dkk., 1976).

Rock Type	Resistivity Range ( $\Omega\text{m}$ )
Consolidated Shales	$20 - 2 \times 10^3$
Argillites	$10 - 8 \times 10^2$
Conglomerates	$2 \times 10^3 - 10^4$
Sandstones	$1 - 6.4 \times 10^8$
Limestones	$50 - 10^7$
Dolomite	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Unconsolidated Wet Clay	20
Marls	3 – 70
Clays	1 – 100
Alluvium and Sands	10 – 800
Oil Sands	4 – 800

**Tabel 3.** Nilai Resistivitas Batuan (Verhoef, 1994).

Jenis Batuan	Resistivitas (ohm.meter)
Gambut dan Lempung	8-50
Lempung Pasiran dan Lapisan Kerikil	40-250
Pasir dan Kerikil Jenuh	40-100
Pasir dan Kerikil kering	100-3000
Batu Lempung, napal dan serpih	8-100
Batu pasir dan batu kapur (breksi)	100-4000

### C. Resistivitas Semu

Metode geolistrik tahanan jenis didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataanya bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Karenanya, harga resistivitas yang diukur seolah-olah merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja Resistivitas yang terukur sebenarnya adalah resistivitas semu ( $\rho_a$ ).

Besarnya resistivitas semu ( $\rho_a$ ) adalah:

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

atau

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

dengan

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} \quad (3)$$

Dimana K adalah faktor geometri yaitu besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak elektroda arus.

### D. Tekanan

Tekanan merupakan gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu bidang dibagi dengan luas bidang tersebut, tidak menjadi masalah bagaimana orientasi permukaan (tegak, menadatar atau miring). Tekanan tidak memiliki arah tertentu hingga tekanan termasuk besaran skalar. Berbeda dengan tekanan,

sebuah gaya adalah sebuah vektor, yang berarti memiliki arah tertentu.

Adapun rumus dari tekanan adalah sebagai berikut :

$$\text{tekanan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas}} \quad (4)$$

Atau

$$P = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Keterangan :

$P$  = tekanan ( $\text{N/m}^2$ ) atau Pa

$F$  = Gaya yang bekerja (N)

$A$  = Luas bidang ( $\text{m}^2$ )

#### **E. Densitas**

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air).



**Tabel 4.** Densitas Batuan (Telford et al, 1990).

Material type	Density range (gr/cm <sup>3</sup> )	Approximate average (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>Sedimentary Rock</b>		
Alluvium	1.96 – 2.00	1.98
Clay	1.63 – 2.60	2.21
Gravel	1.70 – 2.40	2.00
Loess	1.40 – 1.93	1.64
Silt	1.80 – 2.20	1.93
Soil	1.20 – 2.40	1.92
Sand	1.70 – 2.30	2.00
Sandstone	1.61 – 2.76	2.35
Shale	1.77 – 3.20	2.40
Limestone	1.93 – 2.90	2.55
Dolomite	2.28 – 2.90	2.70
Chalk	1.53 – 2.60	2.01
Halite	2.10 – 2.60	2.22
Glacier ice	0.88 – 0.92	0.90
<b>Igneous rocks</b>		
Rhyolite	2.35 – 2.70	2.52
Granite	2.50 – 2.81	2.64
Andesite	2.40 – 2.80	2.61
Syenite	2.60 – 2.95	2.77
Basalt	2.70 – 3.30	2.99
Gabbro	2.70 – 3.50	3.03
<b>Metamorphic rocks</b>		
Schist	2.39 – 2.90	2.64
Gneiss	2.59 – 3.00	2.80
Phyllite	2.68 – 2.80	2.74
Slate	2.70 – 2.90	2.79
Granulite	2.52 – 2.73	2.65
Amphibolite	2.90 – 3.04	2.96
Eclogite	3.20 – 3.54	3.37

## F. Hukum Newton 2

Bunyi: “Percepatan sebuah benda berbanding lurus dengan gaya total yang bekerja padanya dan berbanding terbalik dengan massanya. Arah percepatan sama dengan arah gaya total yang bekerja padanya”. Berdasarkan Hukum Newton II, kamu dapat memahami bahwa suatu benda akan bertambah kelajuannya jika diberikan gaya total yang arahnya sama dengan arah gerak benda. Akan tetapi, jika arah gaya total yang diberikan pada benda tersebut berlawanan dengan arah gerak benda maka gaya tersebut akan memperkecil laju benda atau bahkan menghentikannya. Karena perubahan kelajuan atau kecepatan merupakan percepatan. Maka dapat disimpulkan bahwa gaya total yang diberikan pada benda dapat menyebabkan percepatan.

Hukum Newton II dinotasikan dengan rumus:

$$F = m \cdot a \quad (6)$$

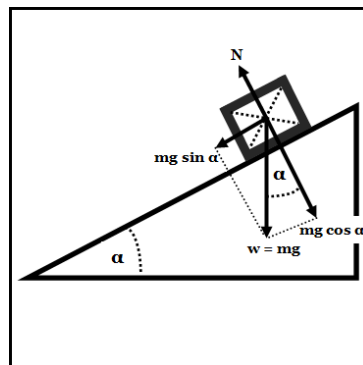
Keterangan :

$F$  = gaya total yang bekerja (N)

$m$  = massa (kg)

$a$  = percepatan ( $m/s^2$ )

Adapun penerapan Hukum Newton pada gerak benda di bidang miring :



**Gambar 5.** Gerak Benda di Bidang Miring (Fitrianto, 2015).

Gambar 5 menunjukkan sebuah balok yang bermassa  $m$  bergerak menuruni bidang miring yang licin membentuk sudut  $\alpha$ . Gaya yang bekerja pada sumbu x yakni:

$$F = N - mg \cos \alpha \quad (7)$$

Dalam hal ini benda tidak bergerak terhadap sumbu y maka :

$$F = 0 \quad (8)$$

$$N - mg \cos \alpha = 0 \quad (9)$$

$$N = mg \cos \alpha \quad (10)$$

Benda bergerak terhadap bidang miring (sumbu x) maka resultan gaya yang bekerja pada bidang tersebut yakni:

$$F = m \cdot a \quad (11)$$

$$mg \sin \alpha = m \cdot a \quad (12)$$

$$a = g \sin \alpha \quad (13)$$

Keterangan :

$a$  = percepatan ( $m/s^2$ )

$N$  = gaya normal (N)

$m$  = massa (kg)

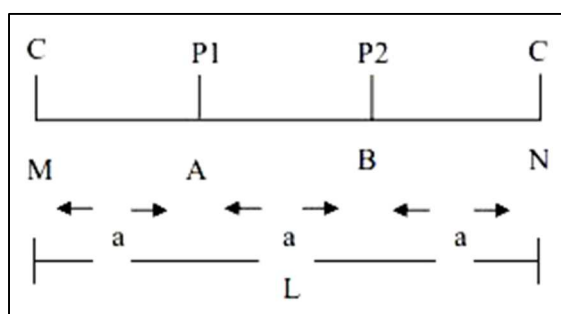
$\alpha$  = sudut yang dibentuk gaya terhadap bidang datar (Fitrianto, 2015).

### G. Metode Konfigurasi Wenner

Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang ( $r_1 = r_4 = a$  dan  $r_2 = r_3 = 2a$ ). Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik souding-nya adalah  $a/2$ ,

maka jarak masing elektroda arus dengan titik soundingnya adalah  $3a / 2$ . Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah  $a/ 2$ . Dalam akuisisi data lapangan susunan elektroda arus dan potensial diletakkan simetri dengan titik sounding.

Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama. Seperti yang tertera pada gambar 6.



**Gambar 6.** Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi Wenner (Wijaya, 2015).

Dari gambar diatas terlihat bahwa jarak  $AM = NB = a$  dan jarak  $AN = MB = 2a$ , dengan menggunakan persamaan (3) diperoleh:

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)\right]} \quad (14)$$

$$K = 2\pi a \quad (15)$$

Sehingga faktor geometri untuk konfigurasi Wenner adalah:

$$K_w = 2\pi a \quad (16)$$

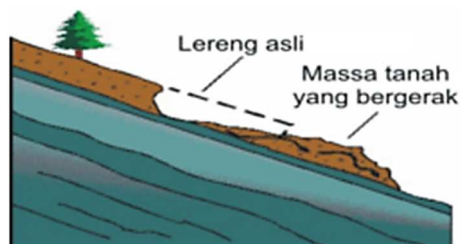
Dan

$$\rho_w = K_w \cdot R \text{ (Wijaya, 2015).} \quad (17)$$

## H. 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 (ESDM, 2007) yakni :

### 1. Longsoran translasi



**Gambar 7.** Longsoran translasi

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

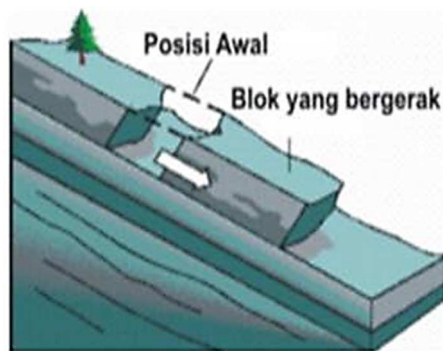
### 2. Longsoran rotasi



**Gambar 8.** Longsoran rotasi

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

### 3. Pergerakan blok



**Gambar 9.** Pergerakan blok

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

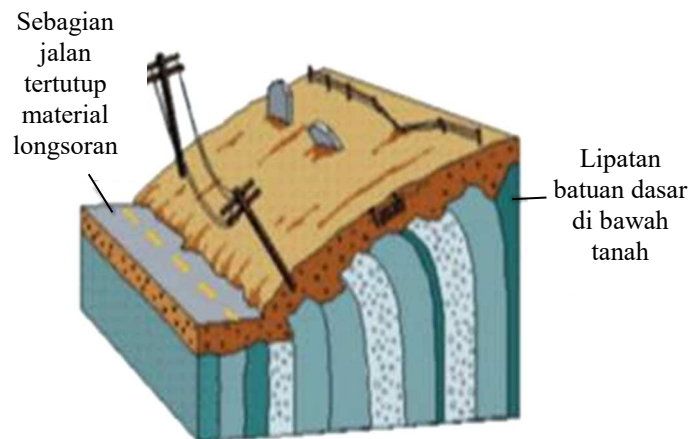
### 4. Runtuhan batu



**Gambar 10.** 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.

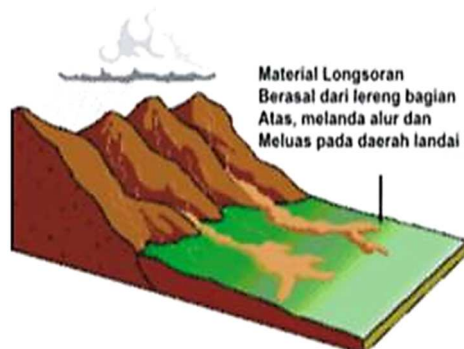
### 5. Rayapan tanah



**Gambar 11.** 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 12.** 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.

## I. Faktor-faktor Penyebab Tanah Longsor

Gaya gravitasi adalah penggerak utama tanah longsor, namun faktor-faktor penyebabnya adalah hubungan antara gaya pendorong dengan gaya penahannya, dimana longsor akan terjadi manakala gaya pendorong melampaui gaya penahannya. Beban material adalah gaya pendorong gerakan tanah sedangkan kekuatan geser (*shear strength*) pada bidang gelincir, batuan, adalah gaya penahannya (Subekti, 2016)

Menurut (Darsono, dkk. dalam Utami, S., dkk., 2014) salah satu faktor penyebab longsor yang sangat berpengaruh adalah bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Bidang gelincir berada diantara bidang yang stabil (*bedrock*) dan bidang yang bergerak (bidang yang tergelincir).

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* (Rahmawati, 2009).

Menurut (Nandi dalam Romosi, 2016) faktor-faktor penyebab tanah longsor adalah :

### 1. Hujan

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan



menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak, sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat. Hujan lebat pada awal musim hujan dapat menimbulkan longsor, karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral.

#### 2. Lereng Terjal

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin.

#### 3. Tanah yang Kurang Padat dan Tebal

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dan sudut lereng lebih dari  $22^\circ$ . Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu, tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

#### 4. Batuan yang Kurang Kuat

Batuan endapan gunung api dan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut

akan mudah menjadi tanah apabila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

#### 5. Jenis Tata Lahan

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah menjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsor lama.

#### 6. Getaran

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah tanah, badan jalan, lantai, dan dinding rumah menjadi retak.

#### 7. Susut Muka Air Danau atau Bendungan

Akibat susutnya muka air yang cepat di danau maka gaya penahan lereng menjadi hilang, dengan sudut kemiringan waduk  $22^\circ$  mudah terjadi longsor dan penurunan tanah yang biasanya diikuti oleh retakan.

#### 8. Adanya Beban Tambahan

Adanya beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng dan kendaraan akan memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor, terutama disekitar tikungan jalan pada daerah lembah. Akibatnya adalah

sering terjadinya penurunan tanah dan retakan yang arahnya ke arah lembah.

#### 9. Pengikisan atau Erosi

Pengikisan banyak dilakukan oleh air sungai ke arah tebing. Selain itu, akibat penggundulan hutan di sekitar tikungan sungai, tebing akan menjadi tejal.

#### 10. Adanya Material Timbunan pada Tebing

Dalam upaya mengembangkan dan memperluas lahan pemukiman umumnya dilakukan pemotongan tebing dan penimbunan lembah. Tanah timbunan pada lembah tersebut belum terpadatkan sempurna seperti tanah asli yang berada di bawahnya. Sehingga apabila hujan akan terjadi penurunan tanah yang kemudian diikuti dengan retakan tanah.

#### 11. Longsoran Lama

Longsoran lama umumnya terjadi selama dan setelah terjadinya pengendapan material gunungapi pada lereng yang relatif terjal atau pada saat/sesudah terjadi patahan kulit bumi. Bekas longsoran lama memiliki ciri-ciri : adanya tebing terjal yang panjang melengkung membentuk tapal kuda, umumnya dijumpai mata air, pepohonan yang relatif tebal karena tanahnya gembur dan subur.

#### 12. Adanya Bidang Diskontinuitas

Bidang tidak sinambung ini memiliki ciri-ciri: bidang perlapisan batuan, bidang kontak antara tanah penutup dengan batuan dasar, bidang kontak antara batuan yang retak-retak dengan batuan yang kuat, bidang kontak antara batuan yang dapat melewatkan air dengan batuan yang tidak

melewatkan air, serta bidang kontak antara tanah yang lembek dengan tanah yang padat. Bidang-bidang tersebut merupakan bidang-bidang lemah dan dapat berfungsi sebagai bidang luncuran tanah longsor.

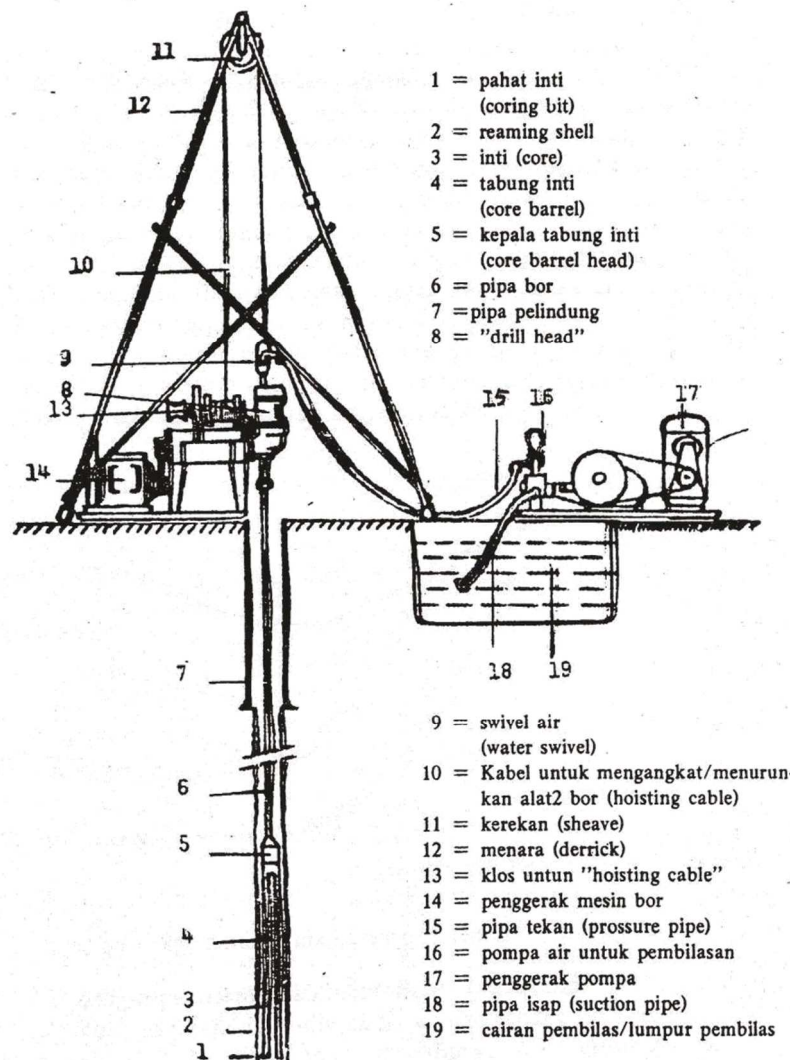
### 13. Penggundulan Hutan

Kejadian tanah longsor umumnya banyak terjadi di daerah yang relatif gundul, dimana pengikatan air tanah sangat kurang.

## J. Penyelidikan Gerakan Tanah

Penyelidikan gerakan tanah sangat diperlukan untuk mengidentifikasi penyebab dan jenis gerakan tanah yang ada di suatu tempat. Penyelidikan lapangan cukup penting untuk mendapatkan informasi tersebut (Karnawati, 2002). Tujuan dilakukannya penyelidikan gerakan tanah untuk menganalisis keamanan atau kasus keruntuhan yang terjadi di daerah tersebut. Keterangan ini meliputi kondisi geologi yang diperoleh di lapangan serta parameter yang digunakan dalam perhitungan dari pengujian laboratorium (Wesley, 2010). Longosoran atau gerakan tanah dapat diidentifikasi dengan cara menginterpretasikan foto udara, sistem penginderaan jarak jauh, satelit, penyelidikan geoteknik, uji laboratorium dan geofisika (Hardiyatmo, 2006). Penyelidikan geoteknik sangat diperlukan dalam penyelidikan tanah, dimana dalam penyelidikan geoteknik ini mencakup dua hal, yaitu penyelidikan permukaan, dan penyelidikan bawah permukaan. Penyelidikan permukaan meliputi pemetaan geoteknik dan identifikasi persebaran litologi yang ada di permukaan, serta penyelidikan bawah permukaan meliputi kegiatan pengeboran khususnya pengeboran inti untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah atau batuan bawah permukaan. Pengeboran inti merupakan

semua jenis kegiatan pengeboran yang menggunakan mesin sebagai tenaga penggerak. Hal ini menyebabkan penetrasi atau kedalaman dari kegiatan pengeboran dapat lebih dalam dibandingkan menggunakan tenaga manusia. Kegiatan pengeboran inti dilakukan untuk mendapatkan sampel dari tanah yang dapat diperiksa secara visual supaya sifat asli tanah dapat dicatat secara teliti dan teratur. Pada Gambar 13 berikut ini terlihat suatu rangkaian yang digunakan dalam kegiatan pengeboran inti.



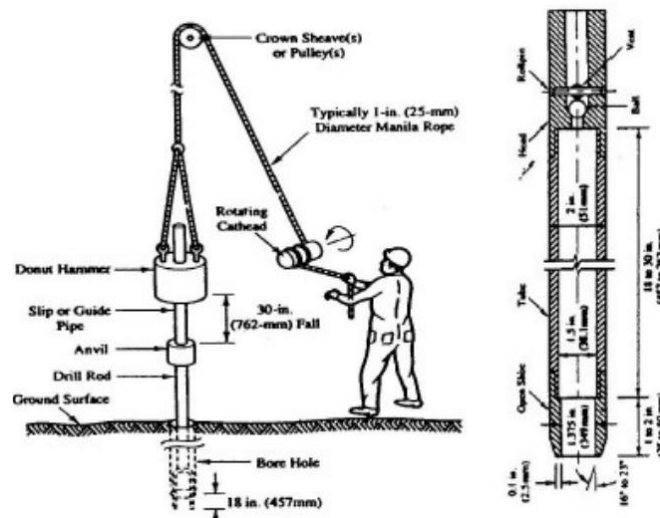
**Gambar 13.** Rangkaian instalasi pengeboran inti (Basuki dan Sudarto., 1977).

Dalam kegiatan pengeboran inti dilakukan suatu pencatatan yang mencakup jenis tanah pada setiap lapisan yang berbeda serta kedalamannya dari kegiatan pengeboran inti (Wesley, 2010). Catatan yang terangkum dalam log bor (*bore log*) berupa macam-macam sifat fisik batuan yang meliputi: warna, jenis litologi, ukuran butir, tingkat pelapukan, kekompakan, kekerasan, dan kepadatan relatif (Suharyadi, 2004).

Menurut Wesley (2010) pengujian SPT dijadikan sebagai salah satu cara untuk mengukur kekuatan atau kepadatan tanah. Cara yang ditetapkan dalam pengujian ini yaitu:

1. Tabung disambung pada ujung stang bor dan dimasukkan sampai dasar lubang bor.
2. Tabung ditumbuk masuk tanah sampai sedalam 15 cm menggunakan hammer seberat 140 pound (63 kg) tinggi jatuh 30 in (75 cm).
3. Tabung ditumbuk terus dan jumlah pukulan diukur untuk memasukkan 30 cm yaitu dari 15 cm sampai 45 cm. Jumlah pukulan ini disebut nilai N.
4. Tabung ditarik keluar dari lubang bor dan dibuka untuk mengambil sampel batuan di dalamnya. Sampel ini dapat digunakan untuk mengukur kadar air, batas Atterberg.

Untuk lebih jelasnya, pengujian SPT terlihat pada Gambar 14



**Gambar 14.** Skema uji SPT ASTM D1586 (Puslitbang PU, 2005).

Adapun hubungan nilai N dengan kerapatan relatif sebagai berikut :

**Tabel 5.** Hubungan nilai N dengan kerapatan relatif (Terzaghi dan Peck, 1996).

Nilai N	Kerapatan Relatif (Dr)
<4	Sangat tidak padat
4-10	Tidak padat
10-30	Kepadatan sedang
30-50	Padat
>50	Sangat Padat

## IV. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di :

Tempat : Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung

Tanggal : 05 Juli 2018 – 05 Juli 2019

Tema : Analisis Tomografi Data ERT (*Electrical Resistivity Tomography*)  
Dan Data SPT (*Standard Penetration Test*) Untuk Menentukan  
Bidang Gelincir Tanah Perencanaan Jalan Lintas Donggala,  
Sulawesi Tengah

### B. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan saat penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Peta Administrasi Provinsi Sulawesi Tengah
2. Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi
3. Satu perangkat laptop
4. Software yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Google Earth, Global Mapper 12, Surfer10, Microsoft Office Exel, Software Oasis Montaj dan Software RES2DINV.
5. Data SPT (*Standard Penetration Test*).



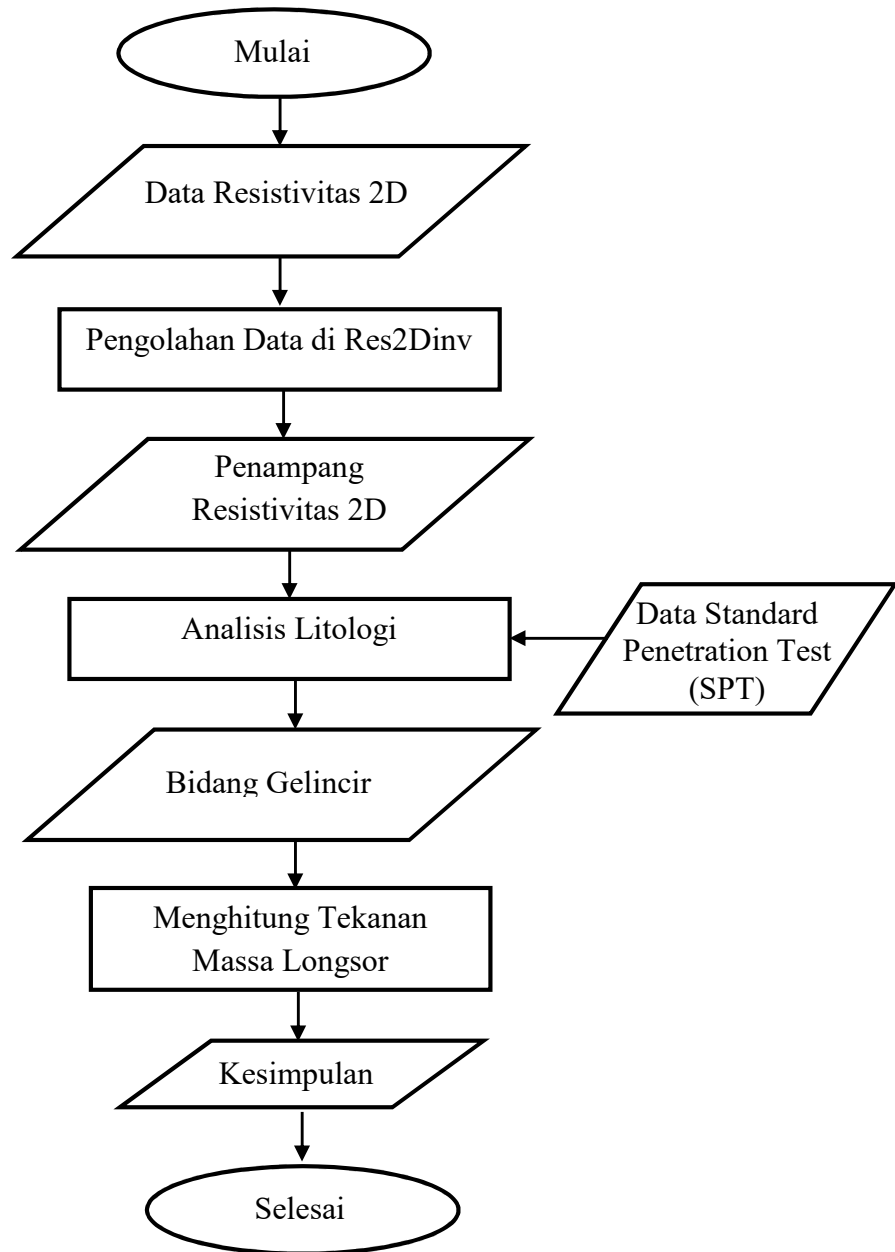
### C. Prosuder Penelitian

Dalam Penelitian ini dilakukakn pengumpulan landasan teori yang dapat menunjang dalam pengolahan dan analisa serta interpretasi data geolistrik. Penelusuran dilakukan pada buku-buku referensi dan artikel maupun jurnal ilmiah. Adapun langkah-langkah proses pada penelitian ini adalah:

1. Menyiapkan Data ERT (*Electrical Resistivity Tomography*).
2. Melakukan pengolahan Data ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) pada Res2dinv dengan proses inversi menggunakan metode least-square untuk mendapatkan hasil cepat untuk melihat hasil pengukuran dan metode inversi robust digunakan untuk mendapatkan detail penampang yang memiliki model perlampisan curam.
3. Mendapatkan hasil penampang Data ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) dari pengolahan data.
4. Menganalisa litologi pada data Data ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) dan data SPT (*Standard Penetration Test*).
5. Menentukan bidang gelincir Data ERT (*Electrical Resistivity Tomography*).
6. Menghitung Tekanan Massa Longsoran
7. Membuat Kesimpulan.

#### D. Diagram Alir

Adapun diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini pada **Gambar 15** sebagai berikut :



**Gambar 15.** Diagram Alir Penelitian

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari laporan penelitian sebagai berikut :

1. Pengolahan data ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) pada software Res2dinv menghasilkan penampang ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) dengan sebaran nilai resistivitas di bawah permukaan pada daerah penelitian sehingga dapat menganalisis batas bidang gelincir.
2. Bidang gelincir terdapat pada Line-:
  - Line-07b pada kedalaman 5 m
  - Line-08a pada kedalaman 5 m – 7,5 m
  - Line-09a pada kedalaman 3 m
  - Line-09b pada kedalaman 7 m
  - Line-10a pada kedalaman 5 m
3. Data SPT-1 terletak dekat Line-06a dan Line-06b yang membantu analisis litologi dan kedalamannya. Dimana pada kedalaman 0-2 m pada SPT-1 merupakan lempung pasir dan pada kedalaman 2 – 30 merupakan lempung pasir yang memiliki nilai N-SPT sebesar 30 - 50 dapat dikatakan konsistensi batuan yang padat. Sedangkan pada penampang *ERT*

Line-06a dan Line-06b terdapat variasi sebaran nilai resistivitas dimulai dengan nilai  $> 40$  ohm.m tersusun lapisan lempung pasiran.

Data SPT-2 terletak dekat Line-12a dan Line-12b yang membantu analisis litologi dan kedalamannya Dimana pada kedalaman 0-1,4 m pada SPT-2 merupakan lempung pasiran. Pada kedalaman 1,4 - 6 m memiliki litologi lempung pasiran dengan nilai N-SPT sebesar 15 – 25 dapat dikatakan konsistensi batuan yaitu sedang. Pada kedalaman 6 – 8 m memiliki nilai N-SPT sebesar 50 dengan konsistensi batuan yang padat. Pada kedalaman 8 - 14 m memiliki litologi lempung pasiran dengan nilai N-SPT sebesar 15 – 25 dapat dikatakan konsistensi batuan yaitu sedang. Pada kedalaman 14 – 30 m memiliki nilai N-SPT sebesar 50 dengan konsistensi batuan yang padat. Pada ERT Line-12a dan Line-12b memiliki rentang  $> 40$  ohm.m yang relatif tinggi sebagai lempung pasiran, dengan adanya data SPT-2 dapat diketahui tingkat kekerasan batuan yang membantu interpretasi dan perhitungan.

4. Ada beberapa besar tekanan massa longsor sebagai berikut :

- Line-07b : 47,6 Pa
- Line-08a : 12,2 Pa, 12,2 Pa dan 18,3 Pa
- Line-09a : 28,6 Pa
- Line-09b : 66,7 Pa
- Line-10a : 36,4 Pa dan 36,4 Pa

**B. Saran**

Perlu dilakukan penelitian/pengukuran geolistrik lebih lanjut pada area Tersebut untuk mengetahui lebih detail posisi bidang gelincir di daerah penelitian. Kemudian disarankan untuk penelitian dinding penahan tanah sebagai pencegahan terjadinya tanah longsor yang bekerjasama dengan Teknik Sipil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfisyahrin, A., 2015, Analisa Keterdapatan Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Pada Daerah Aroppo Kecamatan Tanete Rilau Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi – Selatan, *Teknik Geologi* Vol. 1, Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Basuki dan Sudarto, 1977, *Teknik Pemboran 1*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta.
- Bemmelen, V. R.W., 1949, *The Geology of Indonesia Vol IA*, Martinus Nijhoff Belanda.
- Dona, I.R., Akmam, dan Sudiar, N.Y., 2015, Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger Di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan, *Pillar Of Physics*, Vol. 5. April 2015, 01-08, FMIPA Universitas Negeri Padang.
- Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), 2017, *Pengenalan Gerakan Tanah” Official Website Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.* [http://esdm.go.id/index.php/publikasi/list\\_publikasi/46/4](http://esdm.go.id/index.php/publikasi/list_publikasi/46/4) diakses pada tanggal 28 Desember 2018.
- Fitrianto, M, B., Darmanto, dan Syafa, I. 2015. Pengujian Koefisien Gesek Permukaan Plat Baja St 37 Pada Bidang Miring Terhadap Viskositas Pelumas Dan Kekasaran Permukaan. *Momentum*, Vol. 11, No. 1, April 2015, Hal. 13-18. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim.
- Hardiyatmo, H, C. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi.* Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Herlin, S. H. dan Budiman, A., 2012, Penentuan Bidang gelincir Gerakan Tanah Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Dua Dimensi Konfigurasi Wenner-Schlumberger, *Jurnal Fisika Unnad* Volume 1 Nomor 1, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Andalas.

- Karnawati, D. 2002. *Bencana Alam Gerakan Tanah di Indonesia Th. 2001*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Karnawati, D. 2005. *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ladoali, H.M., 2013, *Profil Daerah*, Badan Lingkungan Hidup Daerah, Pemerintah Kabupaten Donggala.
- Leeuwen, V.T.M., 1994, 25 Years of Mineral Exploration and Discovery in Indonesia, *Journal of Geochemical Exploration*.
- Puslitbang Sumber Daya Air .2005. *Peta Zona Gempa Indonesia Sebagai Dasar Acuan Perencanaan dan Perancangan Bangunan*. Nabire: Bendung Kali Bumi.
- Rahmawati, A., 2009, Pendugaan bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi dengan Aplikasi geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger, Skripsi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Rasimeng, S., Dasaputra, A., dan Alimuddin, 2007, Penentuan Kadar Air Sebagai Variabel Penyebab Longsor Pada Jalan-Lintas Propinsi Di Kecamatan Sumberjaya Lampung Barat, *J. Sains MIPA*, Edisi Khusus Tahun 2007, Vol. 13, No. 3, Hal.: 246 – 250, Program Studi Geofisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
- Reynolds, J.M., 1997, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: Jhon Geophysicsin Hidrogeological and Wiley and Sons Ltd. England.
- Romosi, M., 2016, Pendugaan Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Masw, Dan Data Mekanika Tanah Di desa Cimuncang Kec. Malausma Kab. Majalengka, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Santoso, D., 2000, *Pengantar Teknik Geofisika*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sukamto, R.A.B., Sumadirja, H., Suptandar, T., Hardjoprawiro, S., dan Sudana, D., 1973, *Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Suharyadi, M.S., 2004, *Pengantar Geologi Teknik Edisi ke 4*. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

- Sundhoro, H., 2005, *Geologi Panas Bumi Daerah Lompio Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral.
- Sompotan, A. F., 2012, *Struktur Geologi Sulawesi*, Perpustakaan Sains Kebumihan Institut Teknologi Bandung.
- Suseno, H. 2007. Penentuan Pola Resistivitas Batuan Di Daerah Labil dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Metode Schlumberger Studi Kasus Di Sukorejo Kota Semarang, Skripsi, Semarang.
- Telford, W.M., Gedaart, L.P., Sheriff, R.E., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge, New York.
- Telford, W.M., 1976, *Applied Geophysics*, USA, Combridge University Press.
- Thoengsal, J., 2016, Dinding Penahan, <http://jamesthoeengsal.blogspot.com/p/dindingpenahan-retaining-wall-kamis.html> diakses pada tanggal 10 Mei 2019.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., and Mesri, G., 1996, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Third Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Utami, S., dan Supriyadi, 2014, Identifikasi Potensi Longsor Menggunakan Metode Seismik Refraksi Di kawasan Wisata Nglimut Desa Gonoharjo Limbangan Kendal, *Unnes Physics Journal.UPJ 3 (2)*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang.
- Verhoef, 1994, *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta.
- Wahyuningrum, R. R., Legowo, B., dan Darsono, 2013, *Aplikasi Software 3 Dimensi Inversi Dalam Interpretasi Sebaran Air Tanah (Studi Kasus Dukuh Platarejo Dan Dukuh Selorejo)*, Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret.
- Wesley, L.D., 2010, *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*, ANDI, Yogyakarta.
- Wijaya, A.S., 2015, Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya, *Jurnal Fisika Indonesia* No: 55, Vol XIX, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Zainuri, K., 2018, *Peta Administrasi Provinsi Sulawesi Tengah*, Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia, Sulawesi Tengah.