

*Skripsi Geofisika*

**IDENTIFIKASI KESTABILAN LERENG BERPOTENSI  
LONGSOR MENGGUNAKAN GEOLISTRIK TAHANAN  
JENIS KONFIGURASI WENNER-SCHLUMBERGER DI  
DAERAH ARRA KECAMATAN TOMPOBULU KABUPATEN  
MAROS**



**OLEH**

**JUMATRIANI**

**H221 15 503**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2019**



**IDENTIFIKASI KESTABILAN LERENG BERPOTENSI LONGSOR  
MENGUNAKAN GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI  
WENNER-SCHLUMBERGER DI DAERAH ARRA KECAMATAN  
TOMPOBULU KABUPATEN MAROS**

Skripsi untuk melengkapi tugas – tugas dan memenuhi  
syarat untuk mencapai gelar sarjana



**JUMATRIANI**

**H221 15 503**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2019**



## LEMBAR PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI KESTABILAN LERENG BERPOTENSI  
LONGSOR MENGGUNAKAN GEOLISTRIK TAHANAN  
JENIS KONFIGURASI *WENNER-SCHLUMBERGER* DI  
DAERAH ARRA KECAMATAN TOMPOBULU KABUPATEN  
MAROS**

Oleh:

**JUMATRIANI**

**H221 15 503**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Pendidikan Sarjana, Departemen Geofisika ini

Telah disetujui oleh Tim Pembimbing pada tanggal

Seperti tertera di bawah ini

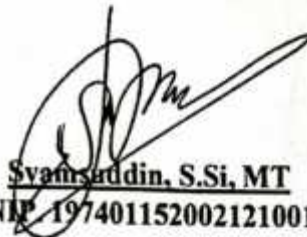
Makassar, 15 Mei 2019

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,



**Dr. Erfan, M.Si**  
IP. 196709032001121001



**Syafruddin, S.Si, MT**  
NIP. 197401152002121001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk memperoleh gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan lainnya dimanapun, kecuali bagian yang dikutip sesuai kaidah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan dibantu oleh pihak pembimbing.

Makassar, 15 Mei 2019

Penulis



Jumatriani



## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji tingkat stabilitas pada suatu lereng di Daerah Arra, Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Wenner-Shulumberger* dan data mekanika tanah. Metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Wenner-Shulumberger* digunakan untuk menentukan bidang gelincir suatu lereng dan analisis laboratorium menghasilkan nilai sudut geser, massa jenis dan kohesi tanah yang dijadikan sebagai parameter dalam analisis kestabilan lereng. Pengukuran geolistrik dilakukan pada empat lintasan dengan spasi elektroda 5 meter dan Panjang setiap lintasan 300 meter. Hasil pengolahan data geolistrik memperlihatkan bidang gelincir teridentifikasi pada ke-4 lintasan dengan nilai resistivitas berkisar antara 6.35 m sampai 17.3 m. Pemodelan lereng menggunakan aplikasi *slope* dengan memasukkan parameter yang dibutuhkan dari hasil pengujian mekanika tanah. Hasil perhitungan faktor keamanan pada daerah penelitian yaitu faktor keamanan pada lintasan satu sebesar 2.793, lintasan kedua sebesar 1.294, lintasan ketiga sebesar 1.407 dan lintasan keempat sebesar 1.479 nilai faktor keamanan tersebut menunjukkan lintasan satu tidak rentang terjadinya longsor dan lintasan dua, tiga dan empat rentang terjadi longsor.

Kata Kunci : Bidang gelincir, Geolistrik tahanan jenis, *Wenner-Shulumberger*, Stabilitas lereng, Faktor keaman.



## ABSTRACT

This study was conducted to assess the level of stability on a slope in Arra District, Tompobulu Subdistrict, Maros Regency using the geoelectric resistance type *Wenner-Shulumberger* configuration and soil mechanics data. The resistant geoelectric method of the *Wenner-Shulumberger* configuration type was used to determine the slope field of a slope and laboratory analysis resulted in the values of shear angle, density and soil cohesion which were used as parameters in slope stability analysis. Geoelectric measurements were carried out on four tracks with electrode spacing of 5 meters and the length of each track 300 meters. The results of the processing of geoelectric data show that the slip plane was identified on all 4 tracks with resistivity values ranging from 6.35  $\Omega$  m to 17.3 17  $\Omega$  m. Slope modeling uses the slope application by entering the required parameters from the results of soil mechanics testing. The results of the calculation of safety factors in the study area are security factors on track one of 2.793, the second track is 1.294, the third track is 1.407 and the fourth track is 1.479 the security factor indicates the path one does not occur and the two, three and four ranges occur landslide.

Keywords: Field of slip, Geoelectric resistance type, *Wenner-Shulumberger*, Slope stability, Safety factor.



## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillah*, puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala* karena berkat rahmat dan limpahan karunia-Nya, yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah atas junjungan Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*.

Hanya dengan taufiq dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**IDENTIFIKASI KESTABILAN LERENG BERPOTENSI LONGSOR MENGGUNAKAN GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI WENNER-SCHLUMBERGER DI DAERAH ARRA KECAMATAN TOMPOBULU KABUPATEN MAROS**”. Dalam penulisan skripsi ini, penulis dengan segala keterbatasan, kemampuan dan pengetahuan dapat melewati segala hambatan serta masalah berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkan saya haturkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua saya **Muharram** dan **Nuha** yang selalu memberikan segala cinta, kasih sayang, dan pengorbanan serta doa terbaik untuk penulis. Semoga Allah SWT memberi balasan yang terbaik Aamiin. Kakakku **Asdar**, **Harnida** beserta suaminya kak **Abdul Rahman** dan Adikku **Ashar** serta seluruh keluarga yang membantu dalam segala bentuk apapun.

Pada kesempatan ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Dr. Erfan, M.Si** selaku pembimbing utama dan bapak **Syamsuddin, S.Si, MT** selaku pembimbing pertama yang selalu bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Terutama kepada bapak pembimbing utama yang selalu mewadahi saya dalam mencetak proposal sampai skripsi yang saya buat.  
Bapak **Sabrianto Aswad, S.Si, M.Si** dan Bapak **Muhammad Fawzy mullah, S.Si, M.Si** selaku penguji yang bersedia meluangkan waktunya



kepada penulis untuk memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini.

3. Bapak **Dr. Muh. Altin Massinai, MT.Surv** selaku ketua program studi Geofisika FMIPA Unhas pada priodenya dan bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku bapak ketua Departemen Geofisika FMIPA Unhas.
4. Bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si** selaku penasehat akademik dan seluruh Dosen Geofisika UNHAS terima kasih atas motivasi dan ilmu pengetahuan yang telah diberikan kepada penulis selama penulis mengenyam pendidikan di kampus ini.
5. Kepada bapak Camat dan bapak Desa Tompobulu yang telah memberikan izin kepada saya untuk melakukan penelitian tugas akhir ini, serta **PT. Semen Tonasa Pangkep** sebagai tempat pelaksanaan Kerja Praktekku terkhusus kepada bapak **Syahrul** dan **Hariyono Gunawan** sebagai pembimbing lapangan pada saat Kerja Praktek.
6. Kepada Keluarga **Nur**, terimakasih telah memberikan motivasi dan selalu membuat penulis berusaha menjadi lebih terbaik.
7. Saudara tak sedaraku **“F15IKA”** : Hapis (Ketua angkatan), Abi, Ikha, Ida, Ria, Mita, Ina, Fatma, Muslima, Cans, Uni, Deay, Ari, Nunu, Irma, Aisya, Anti, Purna, Kiki, Widy, April, Vita, Nasri, Jr, Willy, Al, Nasri, Amming, Fadil, Rian, Lina, Halima, Mimi, Fatimah, Ike, Wahda, Yaumil, Nermi, Isna, Rahmi, Aya, Ainul, Yuli serta teman-teman yang tak sempat saya sebutkan namanya. Terima kasih untuk semua momen-momen luar biasa yang terukir dan takkan terlupakan di masa kuliah, terimakasih selalu ada untuk saya.
8. Teman-teman **Geofisika 2015** : Ariansyah, ical, Ricky dll.
9. Kepada **“GENGS”** Arum, Dina, Tika, Firman terima kasih karna selalu ada untuk saya, terima kasih atas kebersamaannya selama ini, kalian adalah orang-orang berharga bagi saya.

**im Sukses** pengambilan data “Tarik Gulung Kabel Squad dan teman-teman yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir saya ” Kak Asnur





(013), Kak Dayat (009), Diky, Ashadi, Edi, Itta, Aksa, Bangyan, Anas, Ica, Abet, Ammi, dan Defa. Big Thanks untuk bantuannya.

11. Kepada saahabat terbaikkku **Riska Wati** terima kasih atas semua dukunganya, terima kasih sudah bersedia selalu mendengar curhatanku, keluh kesahku, terima kasih karna selalu ada buat saya dalam suka maupun duka.
12. Kepada kanda-kanda asisten Kak Arif, Kak Asraf, Kak Faizal, Kk Zul, Kak Maher, Kak Ainul, Kak Iqbal, Kak Iqlal, Kak Bahrul, Kak Inra, Kak Iswar, Kak Alifka, Kak Ila, Kak Dewi, Kak Arfa, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
13. Teman-teman **KKN Reguler Gel. 99 Kecamatan Tompobulu Kab. Maros** Kak Amira, Novi, Baish, Mua, Ali, Kak Taufiq, Nia, Hakim, Ahmad, Bekhi, Della, Ade, Juju, Kak Salam, Kak Alan, Kak Dadang, Kak Salmon, Kak Jerry, Hengky, Nursilatus, Kak Reza, Yunus. Terkhusus teman-teman KKN Posko Desa Pucak serta seperangkat Kecamatan terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya selama  $\pm$  2 bulan.
14. Teman-teman alumni **SMAN 1 MARE** angkatan 2012 khususnya Nana, A.nanna, Ita, A.evi, Irfan, Uni, Eva, Syisya, Adi, Yus, A.anto, Anto, Ancu, Wawan, Jusman, A.ita, Mahda, Awi, Ayu, Cipeng, Ratna, Kasma, Mus, Mustang, Sri dan lela terima kasih atas dukungannya.
15. Kepada kanda-kanda angkatan 2011 (**MAPERWA**), 2012 (**Pengurus BEM**), 2013 (**Pengurus Himafi**), 2014 (**Panitia**) yang telah memberikan banyak bantuan dalam menghadapi dunia kampus.
16. Kepada adik-adik 2016, 2017, 2018, salam **USE YOUR MINE BE THE BEST**.
17. Serta terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu penulis dan tidak sempat penulis sebutkan satu persatu, semoga segala kebaikan-kebaikan saudara(i)-ku diterima sebagai ibadah disisi-Nya.



skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah gunakan segala kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini, tapi sebagai

manusia yang tak luput dari kesalahan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan karena sesungguhnya kesempurnaan hanyalah milik-Nya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari Anda sangat penulis harapkan.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Makassar, 15 Mei 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I. 1 Latar Belakang .....	1
1. 2 Rumusan Masalah .....	3
I. 3 Ruang lingkup penelitian.....	3
1. 4 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
II. 1 Geologi Daerah Penelitian .....	5
II. 1. 1 Geomorfologi Regional.....	5
II. 1. 2 Stratigrafi Regional .....	7
II. 2 Gerakan tanah (Longsor).....	14
II. 2. 1 Defenisi Gerakan tanah (Longsor).....	14
II. 2. 2 Klasifikasi Gerakan Tanah.....	16
II. 2. 3 Faktor penyebab Gerakan Tanah (Longsor) .....	19
II. 3 Analisis Stabilitas Lereng.....	21
II. 4 Metode Morgenstern-Price .....	23
II. 5 Pengujian Laboratorium.....	24
II. 6 Aplikasi Slope/W.....	25
II. 7 Metode Geolistrik .....	25
1 Metode Geolistrik Resistivitas .....	26
2 Faktor Geometri .....	28
3 Konfigurasi elektroda metode geolistrik .....	29



II. 7. 4 Konfigurasi Wenner-Schulumberger.....	30
II. 8 Inversi Pada Res2Dinv .....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
III. 1 Lokasi Penelitian .....	34
III. 2 Alat dan Bahan.....	35
III. 3 Prosedur Penelitian.....	35
III. 3. 1 Pengambilan Data .....	35
III. 3. 2 Pengolahan Data.....	36
III. 4 Prosedur Analisis Data .....	37
III.5 Bagan Alir .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
IV. 1 Hasil.....	40
IV. 1. 1 Hasil Data Geolistrik.....	40
IV. 1. 2 Hasil Uji Laboratorium Mekanika Tanah.....	43
IV. 2 Pembahasan .....	45
IV. 2. 1 Analisis Data Geolistrik .....	45
IV. 2. 2 Analisis Uji Laboratoium Mekanikah Tanah.....	50
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>57</b>
V. 1 Kesimpulan.....	57
V. 2 Saran .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Peta Geologi daerah penelitian .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Korelasi Stratigrafi pada daerah Benteng dan Sinjai.....	9
<b>Gambar 2.3</b> Longsoran Translasi .....	16
<b>Gambar 2.4</b> Longsoran Rotasi.....	16
<b>Gambar 2.5</b> Pergerakan Blok .....	17
<b>Gambar 2.6</b> Runtuhan Batuan .....	17
<b>Gambar 2.7</b> Rayapan Tanah .....	18
<b>Gambar 2.8</b> Aliran Bahan Rombakan .....	18
<b>Gambar 2.9</b> Gaya yang Bekerja Pada Tiap Irisan .....	23
<b>Gambar 2.10</b> Parameter Yang Digunakan Untuk Mendefenisikan Resistivitas..	28
<b>Gambar 2.11</b> Susunan Dua Buah Elektroda Arus dan Elektroda Potensial .....	28
<b>Gambar 2.12</b> Konfigurasi Elektroda dalam Eksplorasi Geoflistrik .....	30
<b>Gambar 2.13</b> Susunan Elektroda Dalam Konfigurasi Wenner Schulamberger ..	31
<b>Gambar 3.1</b> Peta Lokasi Penelitian .....	34
<b>Gambar 4.1</b> Peta Lintasan dan Pengambilan Sampel.....	39
<b>Gambar 4.2</b> Penampang Lintasan 1 .....	40
<b>Gambar 4.3</b> Penampang Lintasan 2.....	41
<b>Gambar 4.4</b> Penampang Lintasan 3.....	42
<b>Gambar 4.5</b> Penampang Lintasan 4.....	43
<b>Gambar 4.6</b> Penampang resistivitas 2D lintasan 1 .....	46
<b>Gambar 4.7</b> Penampang resistivitas 2D lintasan 2 .....	47
<b>Gambar 4.8</b> Penampang resistivitas 2D lintasan 3 .....	48
<b>Gambar 4.9</b> Penampang resistivitas 2D lintasan 4 .....	49
<b>Gambar 4.10</b> Hasil Pemodelan Lereng untuk Lintasan 1 .....	52
<b>Gambar 4.11</b> Hasil Pemodelan Lereng untuk Lintasan 2.....	53
<b>Gambar 4.12</b> Hasil Pemodelan Lereng untuk Lintasan 3.....	54
<b>Gambar 4.13</b> Hasil Pemodelan Lereng untuk Lintasan 4.....	55



## DAFTAR TABEL

**Tabel 2.1** Rentang Faktor Keamanan ditinjau dari intensitas kelongsoran..... 23

**Tabel 4.1** Hasil Uji Laboratorium Mekanika Tanah ..... 44



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Peta Geologi, Peta Lokasi Penelitian, Peta Lintasan.....	62
<b>Lampiran 2</b>	Hasil Penampang Geolistrik.....	65
<b>Lampiran 3</b>	Hasil Uji Laboratorium Mekanika Tanah.....	70
<b>Lampiran 4</b>	Hasil Pemodelan Lereng.....	78
<b>Lampiran 5</b>	Foto Kegiatan Pengukuran Geolistrik.....	81
<b>Lampiran 6</b>	Foto Kegiatan Pengambilan Sampel.....	84
<b>Lampiran 7</b>	Peta Kontur.....	86
<b>Lampiran 8</b>	Foto Daerah Penelitian dan Batuan.....	88



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I. 1 Latar Belakang

Proses geologi selalu bekerja di sekitar kita, proses-proses tersebut bekerja membentuk rona muka bumi. Ada kalanya, proses-proses yang bekerja itu bersentuhan dengan manusia dan dapat menyebabkan kerusakan harta benda dan bahkan kematian. Proses-proses geologi yang dapat menimbulkan kerugian pada manusia disebut sebagai bencana geologi. Bencana geologi merupakan bencana yang terjadi akibat proses geologi secara alamiah yang siklus kejadiannya mulai dari ratusan tahun bahkan sampai jutaan tahun. Klasifikasi bencana geologi meliputi gempa bumi, gelombang tsunami, letusan gunung api, longsor serta banjir (Setyawan, 2007).

Bencana tanah longsor (*landslides*) merupakan salah satu bencana alam yang terjadi akibat proses geologi yang diakibatkan oleh gravitasi bumi dan campur tangan aktivitas manusia. Bencana tanah longsor sering dikaitkan dengan datangnya musim penghujan. Bencana tanah longsor (*landslides*) menjadi masalah yang umum pada daerah yang mempunyai kemiringan yang curam.

Salah satu faktor penyebab longsor yang sangat berpengaruh adalah bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Pada umumnya tanah yang mengalami longsor akan bergerak di atas bidang gelincir tersebut. Salah satu

Geofisika yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi bidang gelincir metode geolistrik resistivitas. Metode geolistrik ini bersifat tidak merusak





lingkungan dan mampu mendeteksi perlapisan tanah sampai kedalaman beberapa meter di bawah permukaan tanah. Oleh karena itu metode ini dapat dimanfaatkan untuk survei daerah rawan longsor, khususnya untuk menentukan ketebalan lapisan yang berpotensi longsor serta litologi perlapisan batuan bawah permukaan.

Metode geolistrik resistivitas dapat digunakan untuk mengidentifikasi bidang gelincir gerakan tanah atau longsor, hal ini ditunjukkan oleh penelitian sebelumnya Angela Porrone (2008) dengan judul *pore water pressures and slope stability: a joint geophysical and geotechnical analysis*, Wakhidah (2014) dengan judul *identifikasi pergerakan tanah dengan aplikasi metode geolistrik konfigurasi wenner-schlumberger* di Deliksari Gunungpati Semarang, Jamaluddin (2017) dengan judul *identification of subsurface layer with Wenner-Schlumberger arrays configuration geoelectrical method* dan Muh. Taufik (2017) *identifikasi lapisan rawan longsor menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner-schlumberger* di Desa Pana Kecamatan Alla Kabupaten Enrekang, keempat penelitian tersebut menggunakan konfigurasi *wenner-schlumberger* oleh karena itu dilakukanlah penelitian ini menggunakan metode geolistrik *Wenner-Shulumberger* dan parameter mekanika tanah untuk analisis kestabilan tanah yang berpotensi longsor.

Berdasarkan survei pendahuluan di Daerah Arra, Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros terlihat adanya gejala akan terjadi longsor di sekitar jalan karna adanya pergerakan tanah secara lambat dan adanya rekahan-rekahan pada tanah

hat pada lampiran ke-delapan. Untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng n tersebut maka dilakukan penelitian dengan menggunakan metode



Geolistrik resistivitas. Metode ini digunakan untuk mengetahui batas kelabilan lereng. Hasil metode Geolistrik ini yang akan dijadikan dasar untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng.

### **1. 2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mengetahui bidang gelincir yang berpotensi longsor berdasarkan hasil interpretasi pengukuran geolistrik tahanan jenis?
2. Bagaimana faktor keamanan (*Safety Factor*) berdasarkan analisis kestabilan lereng?

### **I. 3 Ruang lingkup penelitian**

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada pengukuran nilai resistivitas menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner-Schlumberger. Untuk menentukan bidang gelincir yang berpotensi longsor berdasarkan hasil interpretasi pengukuran geolistrik tahanan jenis pada daerah penelitian. Hasil akuisisi di lapangan kemudian diolah menggunakan *software Res2Dinv*. Sedangkan analisis kestabilan lereng dalam menentukan faktor keamanan (*Safety Factor*) dilakukan dengan menggunakan *software Slope/W*.

### **1. 4 Tujuan Penelitian**

Tujuan pada penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui bidang gelincir yang berpotensi longsor berdasarkan hasil interpretasi pengukuran geolistrik tahanan jenis.



2. Menentukan faktor keamanan (*Safety Factor*) berdasarkan analisis kestabilan lereng.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II. 1 Geologi Daerah Penelitian**

##### **II. 1. 1 Geomorfologi Regional**

Tatanan geologi pulau Sulawesi terletak pada pertemuan tiga lempeng besar dan mempunyai keunikan tersendiri, mengingat kawasan ini merupakan pusat pertemuan tiga lempeng besar yang saling mengalami pertumbukan. Sejak pemekaran yang terjadi pada Tersier Awal membawa bagian timur dari Kalimantan ke wilayah pulau Sulawesi sekarang, dimana rifting dan pemekaran lantai samudra di Selat Makassar pada masa paleogen, menciptakan ruang untuk pengendapan material klastik yang berasal dari Kalimantan. Geologi daerah bagian timur dan barat Sulawesi selatan pada dasarnya berbeda, dimana kedua daerah ini dipisahkan oleh Sesar Walannae (Massinai, 2015).

Secara Umum, Kabupaten Maros terbagi dalam 4 (empat) satuan morfologi, sebagai berikut (Sukamto & Supriatna, 1982):

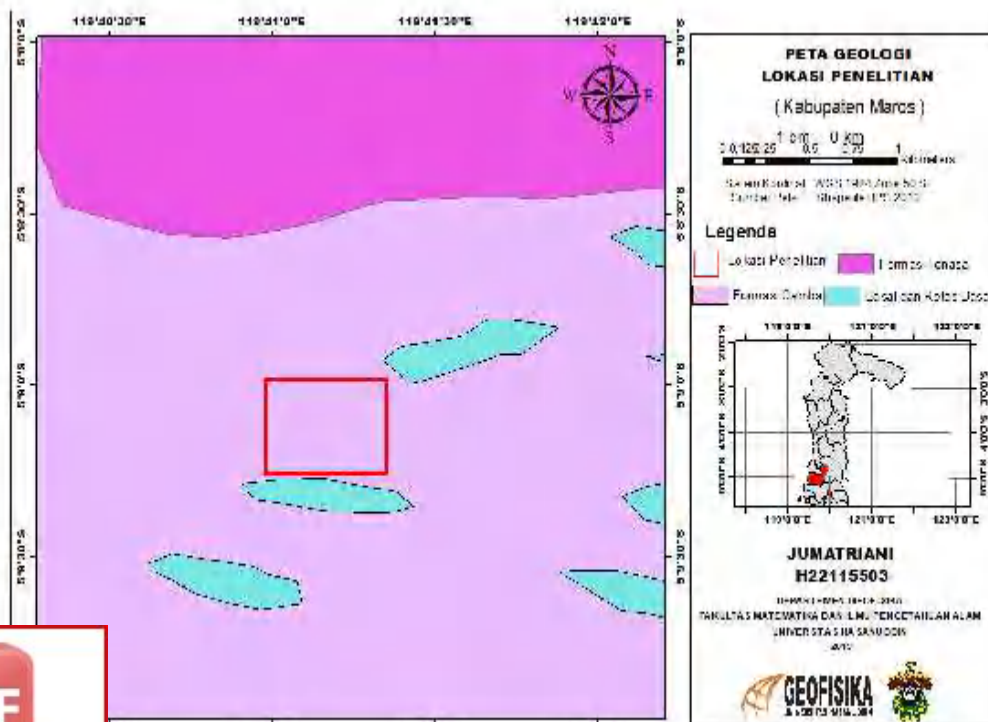
1. Satuan Pengunungan Vulkanik : menempati bagian utara, tengah dan timur puncak tertinggi Bulu Lekke (1.361 mdpl) menempati luas 30 % dari luas daerah Kabupaten Maros, dinampakkan dalam relief topografi yang tinggi.
2. Satuan Perbukitan Vulkanik : Intrusi dan Sedimen : menempati daerah

perbukitan yang menyebar secara setempat-setempat sekitar 15 % dari luas Kabupaten Maros, diperlihatkan dengan kenampakan topografi berbukit



dengan batuan penyusun : batuan vulkanik, batuan intrusi (batuan beku), dan batuan sedimen

3. Satuan Perbukitan Karst : Satuan perbukitan ini tersebar cukup luas pada bagian tengah, timurlaut daerah Kabupaten Maros yang meliputi Kecamatan Bontoa, Bantimurung, Simbang, Tanralili, Mallawa dan Camba, ciri khas pada satuan morfologi ini adalah kenampakan topografi berbukit-bukit karst dengan tekstur sangat kasar dengan batu gamping sebagai batuan penyusunnya.
4. Satuan Pedataran Alluvium : terletak dibagian barat yang tersebar dengan arah utara-selatan, menempati sekitar 25% dari luas daerah kabupaten Maros. Tercirikan dengan bentuk morfologi topografi datar, relief rendah, tekstur halus dengan batuan dasar endapan alluvium.



Gambar 2.1 Peta Geologi Daerah Penelitian



Bentuk morfologi yang menonjol di daerah lembar ini adalah kerucut gunungapi Lompobatang yang menjulang mencapai ketinggian 2876 m di atas muka laut. Bentuk morfologi ini disusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen. Bukit-bukit memanjang yang tersebar di daerah ini mengarah ke G. Cindako dan G. Baturape berupa retas-retas basal.

Pesisir barat merupakan daratan rendah yang sebagian besar terdiri dari daerah rawa dan daerah pasang surut. Pesisir baratdaya ditempati oleh morfologi berbukit memanjang rendah dengan arah umum kirar-kira baratlaut-tenggara. Pantainya berliku - liku membentuk beberapa teluk, yang mudah dibedakan dari pantai di daerah lain pada lembar ini. Daerah ini disusun oleh batuan karbonat dari Formasi Tonasa (Sukamto & Supriatna, 1982).

## **II. 1. 2 Stratigrafi Regional**

Satuan batuan tertua yang telah diketahui umurnya adalah batuan sedimen flysch Kapur Atas yang dipetakan sebagai Formasi Marada (Km). Batuan Malihan (S) belum diketahui umurnya, apakah lebih tua atau lebih muda dari pada Formasi Marada yang jelas diterobos oleh Granodiorit yang diduga berumur Miosen (19±2 juta tahun yang lalu). Hubungan Formasi Marada dengan satuan batuan yang lebih muda, yaitu formasi Salo Kalupang dan batuan Gunungapi terpropilitkan tidak begitu jelas, kemungkinan tak selaras.

Formasi Salo Kalupang (Teos) yang diperkirakan berumur Eosen Awal-Oligosen

fasies sedimen laut, dan diperkirakan setara dalam umur dengan bagian



bawah Formasi Tonasa (Temt). Formasi Salo Kalupang terjadi di sebelah Timur Lembah Walanae dan formasi Tonasa terjadi disebelah Baratnya.

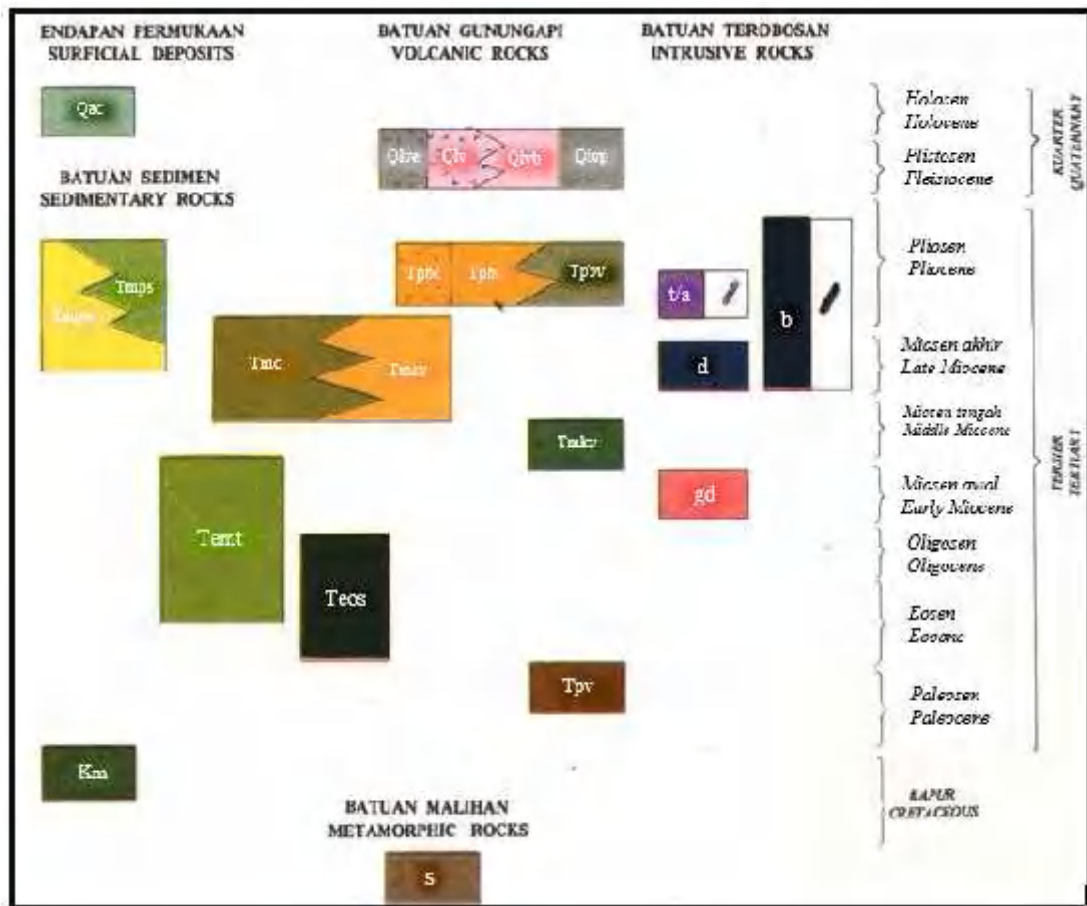
Satuan batuan yang berumur Eosen akhir sampai Miosen tengah menindih tak selaras batuan yang lebih tua. Berdasarkan sebaran daerah singkapannya, diperkirakan batuan karbonat yang dipetakan sebagai Formasi tonasa (Temt) terjadi pada daerah yang luas di lembar ini. Formasi Tonasa ini diendapkan sejak Eosen Akhir berlangsung hingga Miosen Tengah, menghasilkan endapan karbonat yang tebalnya tidak kurang dari 1750 meter. Pada kala Miosen Awal, rupanya terjadi endapan batuan gunungapi di daerah Timur yang menyusun Batuan Gunungapi Kalamiseng (Tmkv).

Satuan batuan yang berumur Miosen Tengan sampai Pliosen menyusun Formasi Camba (Tmc) yang tebalnya 4250 meter dan menindih tidak selaras batuan-batuan yang lebih tua. Formasi ini disusun oleh batuan sedimen laut berselingan dengan klastika gunungapi, yang menyamping beralih menjadi dominan batuan gunungapi (Tmcv). Batuan sedimen laut berasosiasi dengan karbonat mulai diendapkan sejak Miosen Akhir sampai Pliosen di cekungan Walanae, daerah Timur, dan menyusun Formasi Walanae (Tmpw) dan anggota Selayar (Tmps).

Batuan gunungapi berumur Pliosen terjadi secara setempat, dan menyusun Batuan Gunungapi Baturape-Cindako (Tpbv). Satuan batuan gunungapi yang termuda adalah yang menyusun satuan gunungapi Lompobattang (Olv), berumur Plistosen.

termuda lainnya adalah endapan aluvium dan pantai (Qac), dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Sukamto & Supriatna, 1982).





**Gambar 2.2** Korelasi Stratigrafi pada daerah Benteng dan Sinjai (Sukamto & Supriatna, 1982).

Berdasarkan hasil korelasi stratigrafi di atas (Gambar 2.2) litologi batuan di daerah penelitian terdiri atas (Sukamto & Supriatna, 1982) :

- 1. Endapan Aluvium, Rawa Dan Pantai (Qac)** : kerikil, pasir, lempung, lumpur dan batugamping koral; terbentuk dalam lingkungan sungai, rawa, pantai dan delta. Di sekitar Bantaeng, Bulukumba dan Sungai Berang endapan aluviumnya terutama terdiri dari rombakan batuan gunungapi Gunung

pobatang; di dataran pantai barat terdapat endapan rawa yang sangat luas.

**Marada (Km)** : batuan sedimen bersifat flysch; perselingan

pasir, batulanau, arkose, gres, serpih dan konglomerat; bersisipan





batupasir dan batulanau gampingan, tufa, lava dan breksi yang bersusunan basal, andesit dan trakit. Batupasir dan batulanau berwarna kelabu muda sampai kehitaman; serpih berwarna kelabu tua sampai coklat tua; konglomerat tersusun oleh andesit dan basal; lava dan breksi terpropilitkan kuat dengan mineral sekunder berupa karbonat, silikat, serisit, klorit dan epidot.

**3. Formasi Salo Kalupang (Teos)** : batupasir, serpih dan batulempung berselingan dengan konglomerat gunungapi, breksi dan tufa, bersisipan lava, batugamping dan napal; batulempung, serpih dan batupasirnya di beberapa tempat dicirikan oleh warna merah, coklat, kelabu dan hitam; setempat mengandung fosil moluska dan foraminifera di dalam sisipan batugamping dan napal; pada umumnya gampingan, padat, dan sebagian dengan urat kalsit, sebagian dari serpihnya sabakan; kebanyakan lapisannya terlipat kuat dengan kemiringan antara 20°-75°.Formasi ini tebalnya tidak kurang dari 1500 m.

**4. Formasi Tonasa (Temt)** : batugamping, sebagian berlapis dan sebagian pejal; koral, bioklastika, dan kalkarenit, dengan sisipan napal globigerina, batugamping kaya foram besar, batugamping pasiran, setempat dengan moluska; kebanyakan putih dan kelabu muda, sebagian kelabu tua dan coklat. Perlapisan baik setebal antara 10 cm dan 30 cm, terlipat lemah dengan kemiringan lapisan rata-rata kurang dari 25°; di daerah Jenepono batugamping berlapis berselingan dengan napal globigerina.Formasi ini tebalnya tidak kurang dari 1750 m.

**Formasi Camba (Tmc)** : batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi, batupasir tufaan berselingan dengan tufa, batupasir dan



batulempung; bersisipan napal, batugamping, konglomerat dan breksi gunungapi, dan batubara; warna beraneka dari putih, coklat, merah, kelabu muda sampai kehitaman, umumnya mengeras kuat; berlapis-lapis dengan tebal antara 4 cm dan 100 cm. Tufa berbutir halus hingga lapili; tufa lempungan berwarna merah mengandung banyak mineral biotit; konglomerat dan breksinya terutama berkomponen andesit dan basal dengan ukuran antara 2 cm dan 30 cm; batugamping pasiran mengandung koral dan moluska; batulempung kelabu tua dan napal mengandung fosil foram kecil; sisipan batubara setebal 40 cm ditemukan di Sungai Maros.

6. **Batuan Gunungapi Formasi Camba (Tmcv)** : breksi gunungapi, lava, konglomerat dan tufa berbutir halus hingga lapili, bersisipan batuan sedimen laut berupa batupasir tufaan, batupasir gampingan dan batulempung yang mengandung sisa tumbuhan. Bagian bawahnya lebih banyak mengandung breksi gunungapi dan lava yang berkomposisi andesit dan basal; konglomerat juga berkomponen andesit dan basal dengan ukuran 3-50 cm; tufa berlapis baik, terdiri tufa litik, tufa kristal dan tufa vitrik.

7. **Formasi Walanae (Tmpw)**: perselingan batupasir, konglomerat, dan tufa, dengan sisipan batulanau, batulempung, batugamping, napal dan lignit; batupasir berbutir sedang sampai kasar, umumnya gampingan dan agak kompak, berkomposisi sebagian andesit dan sebagian lainnya banyak mengandung kuarsa; tufanya berkisar dari tufa breksi, tufa lapili dan tufa kristal

banyak mengandung biotit; konglomerat berkomponen andesit, trakit dan , dengan ukuran ½-70 cm, rata-rata 10 cm.



**8. Anggota Selayar Formasi Walanae (Tmps) :** batugamping pejal, batugamping koral dan kalkarenit, dengan sisipan napal dan batupasir gampingan; umumnya putih, sebagian coklat dan merah; setempat mengandung moluska. Di sebelah timur Bulukumba dan di Pulau Selayar terlihat batugamping ini relatif lebih muda dari pada batupasir Formasi Walanae, tetapi di beberapa tempat terlihat adanya hubungan menjemari. Tebal satuan diperkirakan sekitar 2000 m.

**9. Batuan Gunungapi Terpropilitkan (Tpv) :** breksi, lava dan tufa, mengandung lebih banyak tufa di bagian atasnya dan lebih banyak lava di bagian bawahnya, kebanyakan bersifat andesit dan sebagian trakit; bersisipan serpih dan batugamping di bagian atasnya; komponen breksi beraneka ukuran dari beberapa cm sampai lebih dari 50 cm, tersemen oleh tufa yang kurang dari 50%; lava dan breksi berwarna kelabu tua sampai kelabu kehijauan, sangat terbreksikan dan terpropilitkan, mengandung barik-barik karbonat dan silikat. Satuan ini tebalnya sekitar 400 m.

**10. Batuan Gunungapi Kalimiseng (Tmkv) :** lava dan breksi, dengan sisipan tufa, batupasir, batulempung dan napal; kebanyakan bersusunan basal dan sebagian andesit, kelabu tua hingga kelabu kehijauan, umumnya kasat mata, kebanyakan terubah, amigdaloidal dengan mineral sekunder karbonat dan silikat; sebagian lavanya menunjukkan struktur bantal.

**11. Batuan Gunungapi Baturapecindako (Tpbv) :** lava dan breksi, dengan

an sedikit tufa dan konglomerat, bersusunan basal, sebagian besar porfiri  
an fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm dan sebagian kecil



kasatmata, kelabu tua kehijauan hingga hitam warnanya; lava sebagian berkekar maniang dan sebagian berkekar lapis, pada umumnya breksi berkomponen kasar, dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen.

**12. Batuan Gunungapi Lompobatang (Qlv)** : aglomerat, lava, breksi, endapan lahar dan tufa, membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2950 m di atas muka laut; batuanya sebagian besar berkomposisi andesit dan sebagian basal, lavanya ada yang berlubang-lubang seperti yang disebelah barat Sinjai dan ada yang berlapis; lava yang terdapat kira-kira 2 ½ km sebelah utara Bantaeng berstruktur bantal; setempat breksi dan tufanya mengandung banyak biotit.

**13. Granodiorit (gd)** : terobosan granodiorit, batuanya berwarna kelabu muda, di bawah mikroskop terlihat adanya feldspar, kuarsa, biotit, sedikit piroksen dan hornblende, dengan mineral pengiring zirkon, apatit dan magnetit; mengandung senolit bersifat diorite, diterobos retas aplit, sebagian yang lebih bersifat diorite mengalami kaolinisasi.

**14. Diorit (d)** : terobosan diorite, kebanyakan berupa stok dan sebagian retas atau sil; singkapannya ditemukan di sebelah ditemukan di sebelah timur Maros, menerobos batugamping Formasi Tonasa (Temt); umumnya berwarna kelabu, bertekstur porfir, dengan fenokris amfibol dan biotit, sebagian berkekar

ang.



- 15. Trakit Dan Andesit (t/a)** : terobosan trakit dan andesit berupa retas dan stok; trakit berwarna putih, bertekstur porfir dengan fenokris sanidin sampai sepanjang 1 cm; andesit berwarna kelabu tua, bertekstur porfir dengan fenokris amfibol dan biotit. Batuan ini tersingkap di daerah sebelah baratdaya Sinjai, dan menerobos batuan gunungapi Formasi Camba (Tmcv).
- 16. Basal** : terobosan basal berupa retas, sil dan stok, bertekstur porfir dengan fenokris piroksen kasar mencapai ukuran lebih dari 1 cm, berwarna kelabu tua kehitaman dan kehijauan; sebagian dicirikan oleh struktur kekar meniang, beberapa di antaranya mempunyai tekstur gabro. Terobosan basal di sekitar Jene Berang berupa kelompok retas yang mempunyai arah kira-kira radier memusat ke Baturape dan Cindako; sedangkan yang di sebelah utara Jeneponto berupa stok.
- 17. Batuan Malihan Kontak (v)** : batu tanduk yang berkomposisi mineral-mineral antofilit, kordiorit, epidotit, garnet, kuarsa, feldspar, muscovite dan karbonat; berwarna kelabu kehijauan sampai hijau tua, tersingkap di daerah yang sempit ( $\pm 2 \text{ km}^2$ ), pada kontak dengan granodiorit (*gd*) dan dibatasi oleh sesar dari batuan gunungapi Tmcv. Batu tanduk ini mengandung banyak lensa magnetit.

## II. 2 Gerakan tanah (Longsor)

### II. 2. 1 Defenisi Gerakan tanah (Longsor)

Gerakan tanah merupakan salah satu jenis bencana alam yang sering terjadi di  
 t, terutama selama musim hujan yang menyebabkan kerugian materil dan  
 wa. Gerakan tanah (*mass movement*) secara umum dapat didefinisikan



sebagai proses pergerakan material yang besar dari satu tempat ke tempat lain yang lebih rendah akibat pengaruh gravitasi baik cepat maupun lambat (Hutagalung dkk, 2017).

Pengertian atau defenisi mengenai gerakan tanah (longsor) telah banyak dikemukakan oleh beberapa ahli. Seiring berjalannya waktu, definisi longsor ini terus mengalami perkembangan. Berikut ini definisi longsor menurut beberapa para ahli :

1. Highland & Bobrowsky (2008) mengemukakan bahwa tanah longsor adalah gerakan tanah, batu, dan bahan organik pada suatu lereng yang diakibatkan oleh gravitasi dan juga bentuk lahan yang dihasilkan dari gerakan tersebut.
2. Walker & Shiels (2013) Tanah longsor didefinisikan sebagai gerakan massa tiba-tiba dari substrat menuruni bukit dan terjerumus ke medan landai.
3. Mandal & Maiti (2014) Tanah longsor didefinisikan sebagai pergerakan massa batuan yang terlepas, puing-puing atau material tanah ke lereng termasuk berbagai gerakan di mana jatuh, meluncur dan mengalir di bawah pengaruh gravitasi.

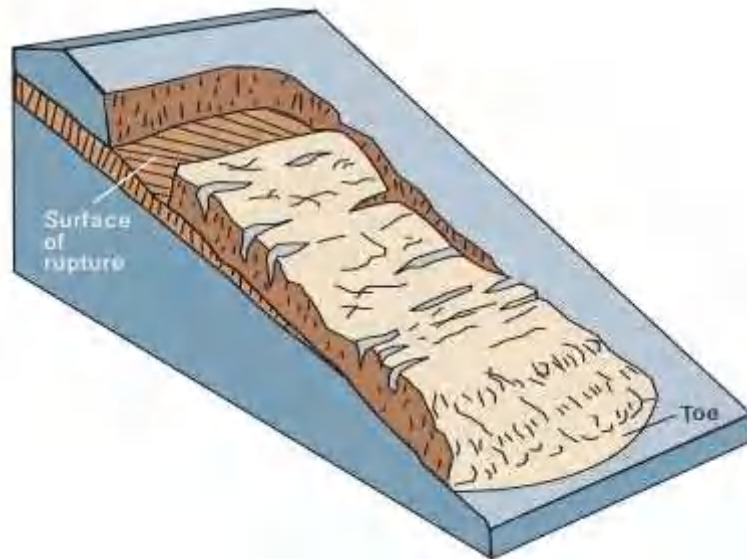
Berdasarkan pendapat parah ahli maka dapat disimpulkan bahwa gerakan tanah (longsor) adalah gerakan massa tanah, batuan dan runtuhuan batuan/tanah yang bergerak menuruni lereng melalui suatu bidang yang diakibatkan oleh gravitasi bumi.



## II. 2. 2 Klasifikasi Gerakan Tanah

Terdapat 6 jenis gerakan tanah (Longsor) yang diuraikan oleh Highland & Bobrowsky (2008) yakni:

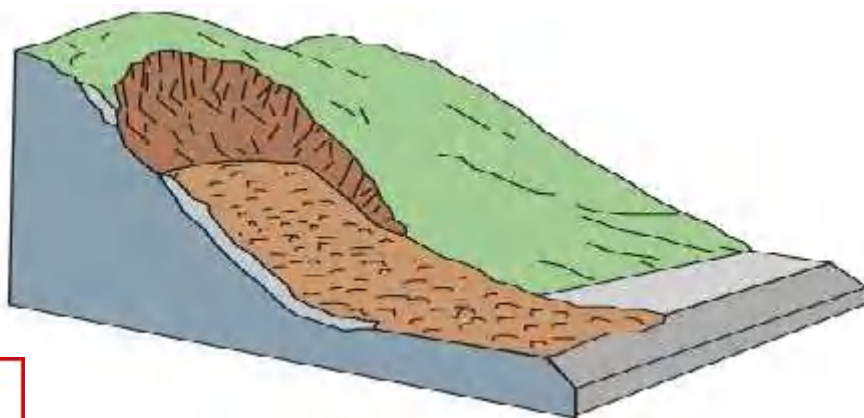
### 1. Longsoran Translasi



**Gambar 2.3** Longsoran Translasi (Highland & Bobrowsky, 2008)

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

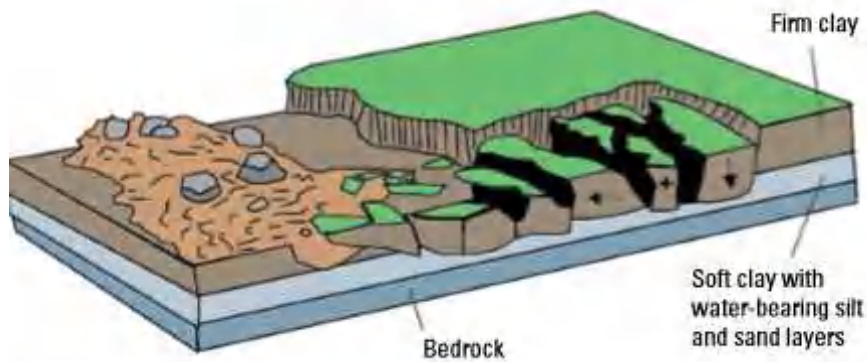
### 2. Longsoran Rotasi



**Gambar 2.4** Longsoran Rotasi (Highland & Bobrowsky, 2008)

Longsor rotasi adalah bergerak-nya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.

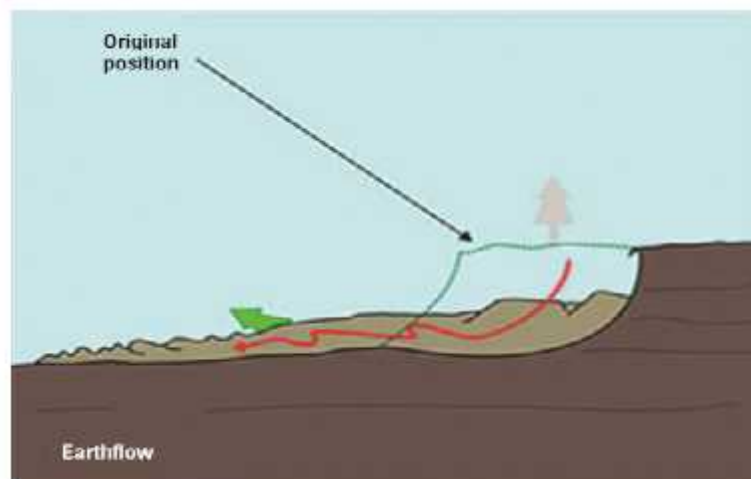
### 3. Pergerakan Blok



Gambar 2.5 Pergerakan Blok (Highland & Bobrowsky, 2008)

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

### 4. Runtuhan Batu



Gambar 2.6 Runtuhan Batuan (Highland & Bobrowsky, 2008)

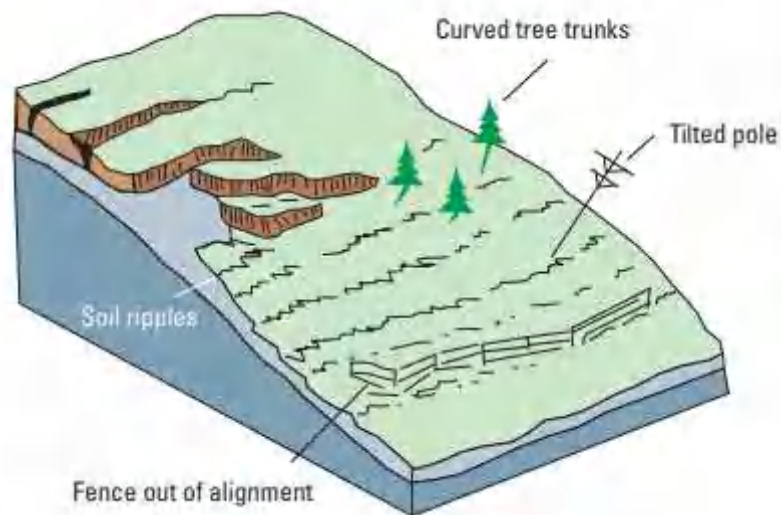


batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga



meng-gantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.

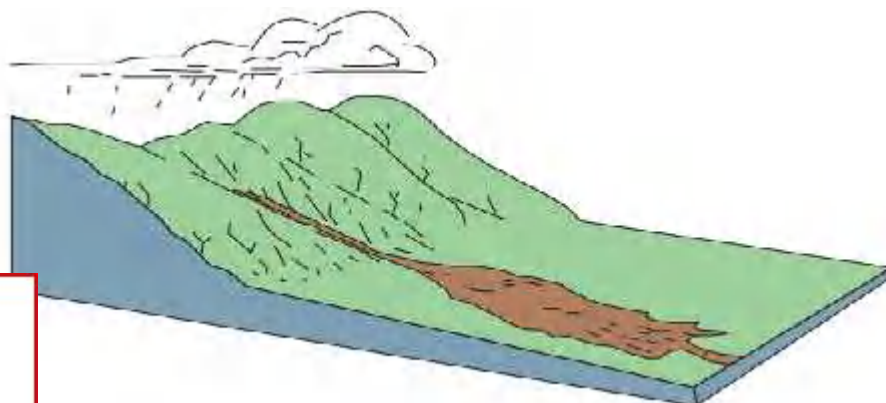
## 5. Rayapan Tanah



**Gambar 2.7** Rayapan Tanah (Highland & Bobrowsky, 2008)

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 2.8** Aliran Bahan Rombakan (Highland & Bobrowsky, 2008)



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. Dibeberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunungapi. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

### **II. 2. 3 Faktor penyebab Gerakan Tanah (Longsor)**

Beberapa faktor penyebab terjadinya gerakan tanah diantaranya :

#### **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 dapat menimbulkan longsor, air akan masuk melalui tanah yang merekah dan akan terakumulasi dibagian dasar lereng sehingga dapat menimbulkan gerakan lateral. Bila ada pepohonan di permukaannya maka tanah longsor dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan sehingga akar tumbuhan berfungsi untuk

ikat tanah (Pangemanan, 2014).



## 2. Lereng Terjal

Lereng yang terjal dapat mempengaruhi gaya pendorong, proses pembentukan lereng maupun tebing yang terjal yaitu melalui angin dan juga air yang berada di sekitar lereng. Hal ini berdampak pada pengikisan lereng tersebut. Terjadinya pengikisan tersebut maka sangat mudah pada tanah untuk mengalami longsor (Pangemanan, 2014).

## 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 220. 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 (Nandi, 2007).

## 4. Pengikisan Tanah/Erosi

Pengikisan tanah atau biasa disebut dengan erosi, salah satu penyebab terjadinya erosi yaitu aliran sungai yang terus mengikis tebing di sekelilingnya. Erosi biasa terjadi jika suatu tebing tidak memiliki penahan berupa pepohonan, maka kemungkinan besar tanah pada tebing bisa mengakibatkan longsor (Nandi, 2007).

## 5. Getaran

Getaran yang dapat menyebabkan longsor terdiri atas dua yaitu getaran kecil dan getaran besar, getaran kecil biasanya disebabkan oleh lalu lintas kendaraan berat lereng atau perbukitan, getaran kecil ini tidak langsung mengakibatkan longsor namun berproses, pertama jalan di lereng bukit yang



sering dilewati kendaraan perlahan akan mengalami keretakan jika dibiarkan lama kelamaan akan mengalami longsor, sedangkan getaran besar salah satu penyebab terjadinya longsor yaitu gempa bumi dan bahan peledak (Nandi, 2007).

### II. 3 Analisis Stabilitas Lereng

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga dibuat oleh manusia (Pangemanan dkk, 2014). Analisis kestabilan lereng bertujuan untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang berpotensi (Hardiyatmo & Christady, 2012).

Setiap lereng memungkinkan terjadinya gerakan tanah (longsor). Kestabilan lereng suatu daerah sangat penting untuk dipelajari, karna gerakan tanah akan menimbulkan bencana bagi manusia. Analisis kestabilan lereng tidak bisa dipisahkan dengan mekanisme keruntuhan lereng, jenis material dan asal usulnya, topografi dan geologi setempat (Sari, 2016).

Untuk mengetahui faktor keamanan suatu lereng maka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} \tag{2.1}$$

Dimana :

SF = Faktor Keamanan

$\tau_f$  = Tegangan geser yang tersedia

$\tau_d$  = Tegangan geser penyebab



Pada umumnya dalam analisis kestabilan lereng digunakan persamaan Mohr-Coulomb untuk menyatakan kekuatan geser material. Mohr (1900) memperkenalkan sebuah teori tentang keruntuhan yang dikenal dengan Teori keruntuhan Mohr Coulomb, yang menyatakan bahwa keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser. Bukan hanya akibat tegangan normal atau tegangan geser dalam kondisi maksimum saja. Persamaan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb yang dapat ditulis menjadi persamaan berikut ini (Hardiyatmo & Christady, 2012) :

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (2.2)$$

Dimana :

$\tau$  = Kekuatan geser

$c'$  = Kohesi tanah efektif

$\sigma'$  = Tegangan normal efektif

$\phi'$  = Sudut geser dalam tanah efektif

Keruntuhan geser tidak akan terjadi jika tegangan normal dan geser bekerja pada suatu bidang massa tanah, sedangkan keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan normal dan geser tepat pada garis keruntuhan. Apabila tegangan normal dan geser berada di atas garis keruntuhan Mohr-Coulomb tidak mungkin terjadi, maka kondisi tersebut keruntuhan gesernya sudah terjadi (Hardiyatmo & Christady, 2012).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan dan studi-studi yang menyeluruh tentang keruntuhan lereng, maka dibagi 3 kelompok rentang Faktor Keamanan

(Factor) Sebagai berikut (Pangemanan, 2014):



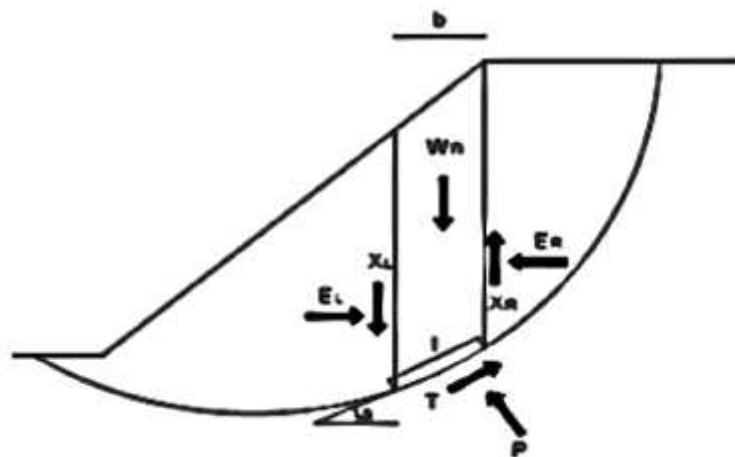
**Tabel 2.1** Rentang faktor keamanan ditinjau dari intensitas kelongsorannya

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian/ Intensitas Longsor
$SF > 1.5$	Lereng Stabil
$SF = 1.5$	Kemungkinan Lereng Tidak Stabil
$SF < 1.5$	Lereng Tidak Stabil

#### II. 4 Metode Morgenstern-Price

Metode Morgenstern-Price merupakan metode yang merupakan prinsip kesetimbangan batas yang dikemukakan oleh Morgenstern dan Price pada tahun 1965 dimana dalam analisisnya metode ini tidak hanya memperhatikan kesetimbangan gaya dalam arah normal dan tangensial melainkan juga kesetimbangan momen pada setiap irisan (Takwin dkk, 2017).

Dalam metode ini untuk menganalisis faktor keaman suatu lereng, terdiri atas dua perinsip yaitu kesetimbangan momen ( $F_m$ ) dan kesetimbangan gaya ( $F_f$ ). Kedua perinsip tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Takwin dkk, 2017).



**Gambar 2.9** Gaya yang bekerja pada tiap irisan



$$F_m = \frac{\sum(c'l + (p-u) \tan \Phi')}{\sum W} \quad (2.3)$$

$$F_f = \frac{\sum[(c'l + (p-u) \tan \Phi') \cos \alpha]}{\sum Ps} \quad (2.4)$$

Keterangan :

$F_m$  = Faktor keamanan berdasarkan kesetimbangan momen

$F_f$  = Faktor keamanan berdasarkan kesetimbangan gaya

$W$  = Gaya berat irisan

$C'$  = Kohesi Tanah

$\alpha$  = Sudut Geser Tanah

$l$  = Panjang Dasar Irisan

$u$  = Tekanan air pori

$E_L$  dan  $E_R$  = Gaya geser efektif disepanjang sisi irisan

$X_L$  dan  $X_R$  = Gaya normal efektif disepanjang sisi irisan

$\alpha$  = Sudut kemiringan dari garis singgung pada titik tengah dasar irisan terhadap bidang horizontal

## II. 5 Pengujian Laboratorium

Dalam analisis stabilitas lereng diperlukan uji laboratorium untuk mendapatkan beberapa parameter tanah atau batuan, dimana uji laboratorium terdiri dari uji kuat geser langsung dan berat Jenis (Sari, 2016) :

### 1. Uji Kuat Geser Langsung

Dalam suatu massa tanah, butir-bitirnya akan saling bertempelan satu sama lain namun tidak tersementasi. Bila massa tanah mendapatkan beban luar, maka butir-butirnya akan cenderung lepas satu dengan yang lainnya.



Sebelum lepas, pada bidang kontak antara butir akan timbul gesekan sehingga timbulnya istilah kekuatan geser tanah. Kekuatan geser tanah terdiri dari kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam tanah ( $\phi$ )

## 2. Berat Isi

Menurut Lembaga Penelitian Tanah (1979), definisi massa jenis tanah adalah berat tanah utuh dalam keadaan kering dibagi dengan volume tanah dinyatakan dalam  $\text{Kn/m}^3$ , massa jenis tanah dibagi menjadi tiga yaitu massa jenis asli, massa jenis kering dan massa jenis jenuh.

## II. 6 Aplikasi Slope/W

*Slope/ W* merupakan salah satu komponen dalam rangkaian produk software geoteknik yang disebut Geostudio. Salah satu kegunaan *software Slope/W* adalah dapat menghitung faktor keamanan (*Safety Factor*) pada lereng. *Software Slope/W* menggunakan prinsip batas kesetimbangan serta memperhitungkan tekanan air pori tanah dalam menganalisa kestabilan lereng (Geo Slope Internasional, 2004).

## II. 7 Metode Geolistrik

Geolistrik adalah metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Tujuannya adalah menggambarkan distribusi tahanan jenis bawah permukaan. Tahanan jenis bawah permukaan menggambarkan parameter-parameter geologi seperti mineral dan kandungan cairannya, porositas dan derajat saturasi air dalam batuan (Hendrajaya & Arif, 1990).

Perja metode geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda dan mengukur bedapotensial





dengan sepasang elektroda yang lain. Bila arus listrik diinjeksikan ke dalam suatu medium dan diukur bedapotensialnya (tegangan), maka nilai hambatan dari medium tersebut dapat diperkirakan (Wijaya, 2015).

### II. 7. 1 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode resistivitas adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat resistivitas dan konduktivitas listrik dari lapisan batuan di dalam bumi, terdapat banyak metode eksplorasi geofisika yang menggunakan sifat tahanan jenis sebagai media alat-alat untuk mempelajari keadaan geologi bawah permukaan. Berdasarkan pada tujuan penyelidikannya metode geolistrik tahanan jenis dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu metode resistivitas mapping dan metode resistivitas sounding (Pratiwi, 2017) :

1. Metode Resistivitas mapping bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas bawah permukaan secara horisontal. Oleh karena itu pada metode ini digunakan konfigurasi elektroda yang sama untuk semua titik pengamatan di permukaan bumi, setelah itu dibuat kontur resistivitasnya.
2. Metode resistivitas sounding bias juga disebut metode resistivitas drilling. Tujuan dari metode ini adalah mempelajari variasi resistivitas bawah permukaan secara vertikal.

Menurut Hukum Ohm, hubungan antara arus listrik yang mengalir di sebuah kawat berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan. Secara matematis dituliskan sebagai:

$$\Delta V = I R \quad (2.5)$$



Keterangan :

V = Beda potensial (Volt),

I = Arus listrik (Ampere)

R = Resistansi (Ohm).

Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik di alirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga di pengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang di lewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas. Resistivitas atau biasa disebut juga hambatan jenis merupakan parameter yang menunjukkan daya hambat suatu medium dalam mengalirkan arus listrik (Telford, 1990).

Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistivitas tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistansi tidak bergantung pada faktor geometri. Jika ditinjau sebuah penampang berbentuk silinder seperti pada gambar (2.10) dengan panjang L, luas penampang A dan resistansi R, maka hubungan antara resistansi dan resistivitas diberikan oleh (Kearey dkk, 2002):

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.6)$$

Keterangan:

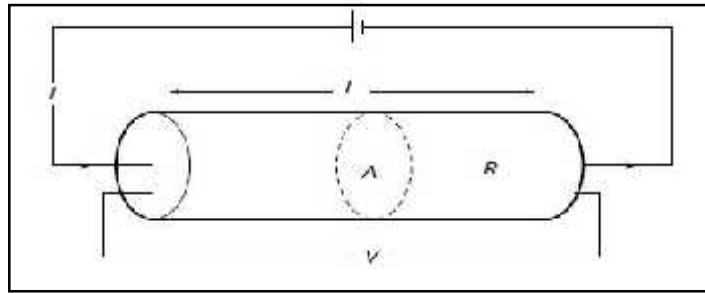
R = Resistansi (Ohm)

$\rho$  = Resistivitas (Ohm.m)

L = Bahan panjang penampang (m)

A = permukaan penampang (m<sup>2</sup>)





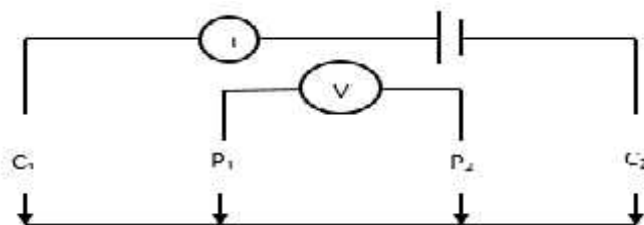
**Gambar 2.10** Parameter yang digunakan untuk mendefinisikan resistivitas (Kearey dkk, 2002)

Dari persamaan (2.5) dan (2.6) maka diperoleh :

$$\rho = \frac{A \Delta V}{L I} \quad (2.7)$$

### II. 7. 2 Faktor Geometri

Eksplorasi Tahanan jenis memerlukan suatu aturan elektroda yang posisi titik pengamatan  $P_1$ - $P_2$  terhadap sumber arus  $C_1$ - $C_2$  berbeda-beda. Pada umumnya eksplorasi tahan jenis menggunakan rentang elektroda sepanjang garis lurus. Perbedaan letak  $P_1$ - $P_2$  dan  $C_1$ - $C_2$  akan mempengaruhi besar medan listrik yang akan diukur besar faktor terhadap perbedaan letak titik pengamatan tersebut disebut faktor geometri. Untuk memudahkan perhitungan tiap aturan elektroda dengan harga faktor geometri adalah tetap. Potensi elektroda  $V(P_1)$  dan  $V(P_2)$  adalah (Syafnur, 2015) :



**2.11** Susunan dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial (Syafnur, 2015).

$$V = \frac{\rho I}{\pi} \left( \frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} \right) \quad (2.8)$$



$$V(P_2) = \frac{\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_2} \right) \quad (2.9)$$

$$\Delta V = V(P_1) - V(P_2) = \frac{\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2} \right) \quad (2.10)$$

Sedangkan tahanan jenis semu adalah :

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \left( \frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2} \right) \quad (2.11)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2} \right)} \quad (2.12)$$

Faktor geometri (K) tetap untuk tiap aturan elektroda maka K merupakan unsur penting dalam eksplorasi Geolistrik baik pendugaan vertikal maupun pendugaan horizontal (Syafnur, 2015).

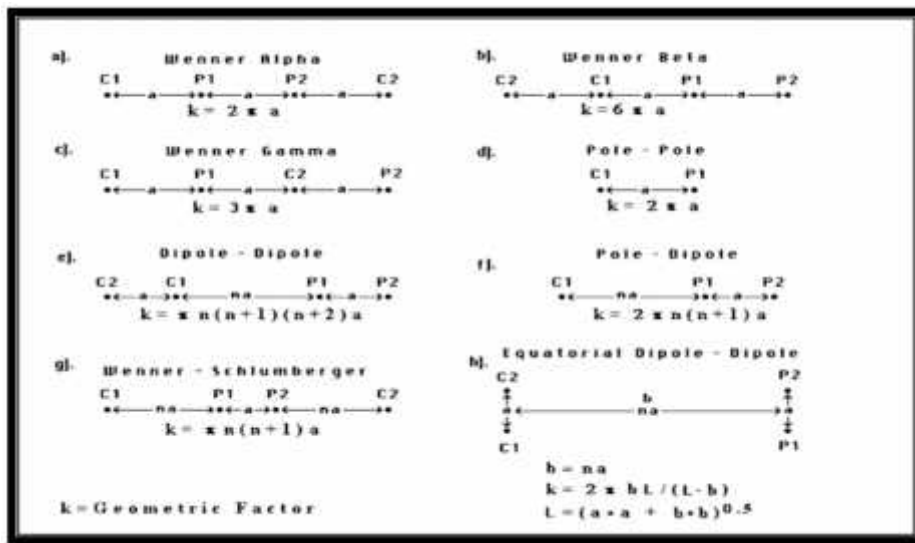
Dengan demikian tahanan jenis semu merupakan perkalian antara K dengan  $\frac{\Delta V}{I}$  yang berbeda-beda (Syafnur, 2015).

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.13)$$

### II. 7. 3 Konfigurasi elektroda metode geolistrik

Berdasarkan susunan penempatan elektroda pengukuran terdapat berbagai jenis konfigurasi diantaranya konfigurasi Wenner Alpha, Wenner Beta, Wenner Gamma, Pole-Pole, Dipole-Dipole, Pole-Dipole, Wenner-Schlumberger, dan Equatorial Dipole-Dipole.





**Gambar 2. 12** Konfigurasi elektroda dalam eksplorasi geolistrik (Loke,2004).

Pada (Gambar 2.12) menunjukkan masing-masing konfigurasi dalam metode geolistrik, konfigurasi tersebut memiliki karakteristik tersendiri, sehingga setiap konfigurasi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

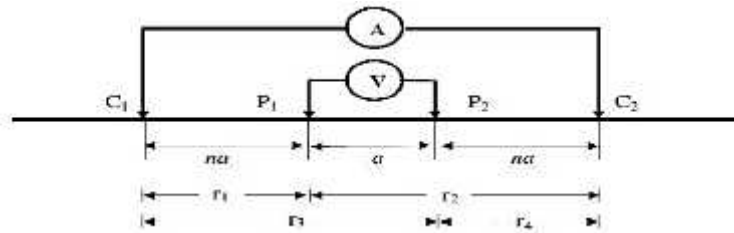
#### II. 7. 4 Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode Wenner Schlumberger. Konfigurasi Wenner-Schlumberger merupakan perpaduan dari konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Wenner-Schlumberger adalah salah satu konfigurasi paling umum digunakan untuk survei resistivitas 2D (Telford, 1990).

Konfigurasi Wenner Schlumberger yang digunakan ketika melakukan pengukuran di lapangan, dengan  $C_1$  dan  $C_2$  adalah elektroda-elektroda arus,  $P_1$  dan  $P_2$  adalah elektroda-elektroda potensial,  $a$  adalah spasi elektroda,  $n$  adalah perbandingan jarak antara elektroda  $C_1$  dan  $P_1$  dengan spasi  $a$  seperti diperlihatkan pada gambar 2.13

04):





**Gambar 2.13** Susunan elektroda konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (Loke, 2004)

Keterangan :

$C_1 \& C_2$ : Elektroda Arus	$r_1 = na$
$P_1 \& P_2$ : Elektroda Potensial	$r_2 = a+na$
$C_1 \& C_2 = P_1 \& P_2 = a$ : Spasi Elektroda	$r_3 = na+a$
	$r_4 = na$

Sehingga untuk konfigurasi Wenner Schlumberger, rumus untuk menghitung faktor geometrinya menjadi (Loke, 2004) :

$$K = n(n + 1) a \quad (2.13)$$

Sehingga berlaku hubungan :

$$\rho = \pi n(n + 1) a \frac{\Delta V}{I} \quad (2.14)$$

## II. 8 Inversi Pada Res2Dinv

Inversi yang digunakan oleh program Res2Dinv didasarkan pada kelancaran metode least-squared. Metode kuadrat-kelancaran terbatas didasarkan pada persamaan berikut:

$$(J^T J + uF)d = J^T g \quad (2.14)$$

Dimana:

$$= f_x f_x^T + f_z f_z^T$$

= horizontal flatness filter



$f_z$  = vertical flatness filter

J = matrix of partial derivatives

$u$  = damping faktor

d = model perturbation vektor

g = discrepancy vektor

Model 2-D yang digunakan oleh program ini membagi permukaan bawah menjadi sejumlah blok persegi panjang. Tujuan dari program ini adalah untuk menentukan resistivitas dari blok persegi panjang yang akan menghasilkan pseudosection resistivitas yang sesuai dengan pengukuran aktual. Untuk array Wenner dan Schlumberger, ketebalan lapisan pertama dari blok ditetapkan 0,5 kali jarak elektroda. Untuk susunan tiang-kutub, dipol-dipol dan kutub-dipol, ketebalannya masing-masing sekitar 0,9, 0,3 dan 0,6 kali jarak elektroda. Ketebalan setiap lapisan lebih dalam berikutnya biasanya meningkat 10% (atau 25%). Kedalaman lapisan juga dapat diubah secara manual oleh pengguna. Metode optimasi pada dasarnya mencoba untuk mengurangi perbedaan antara nilai resistivitas semu yang dihitung dan diukur dengan menyesuaikan resistivitas blok model. Ukuran perbedaan ini diberikan oleh kesalahan root-meansquared (RMS). Namun model dengan kesalahan RMS serendah mungkin kadang-kadang dapat menunjukkan variasi besar dan tidak realistis dalam nilai-nilai resistivitas model dan mungkin tidak selalu menjadi model "terbaik" dari perspektif geologis. Secara umum pendekatan yang paling bijaksana adalah memilih model pada iterasi setelah itu kesalahan RMS

ubah secara signifikan. Ini biasanya terjadi antara iterasi ke-3 dan ke-5 (04).



Dalam inversi geofisika, suatu model coba di temukan yang dapat memberikan respons yang mirip dengan nilai yang terukur aktual. Model ini adalah representasi matematis ideal dari bagian bumi. Model memiliki seperangkat parameter model yang merupakan jumlah fisik yang ingin kami perkirakan dari data yang diamati. Respons model adalah data sintetik yang dapat dihitung dari hubungan matematika yang mendefinisikan model untuk serangkaian parameter model tertentu. Semua metode inversi pada dasarnya mencoba menentukan model untuk permukaan bawah yang responsnya sesuai dengan data yang diukur dengan tunduk pada batasan tertentu (Loke, 2004).

