

**ANALISIS PERUBAHAN NILAI TAHANAN JENIS BATUAN
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI BUKIK LANTIAK
KECAMATAN PADANG SELATAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:
RIFA KURNIA PRATAMA
1301664/2013

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

SKRIPSI

Judul : ANALISIS PERUBAHAN NILAI TAHANAN
JENIS BATUAN MENGGUNAKAN METODE
GEOLISTRIK DI BUKIK LANTIAK
KECAMATAN PADANG SELATAN

Nama : Rifa Kurnia Pratama

NIM : 1301664/2013

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

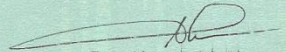
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2018

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II




Drs. Akmarh, M. Si.
NIP. 19630526 198703 1 003



Drs. Mahtizal, M.Si.
NIP. 19510512 197603 1 005

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120 199303 2 002

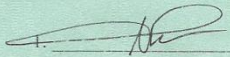


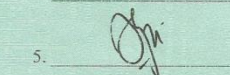
PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Rifa Kurnia Pratama
NIM : 1301664/2013

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Penguji
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang
dengan judul

**Analisis Perubahan Nilai Tahanan Jenis Batuan Menggunakan
Metode Geolistrik di Bukik Lantak Kecamatan Padang Selatan**

Padang, Februari 2018

Tim Penguji		Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Aknam, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Drs. Mahrizal, M.Si	2. 
3. Anggota	: Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si	3. 
4. Anggota	: Drs. Letmi Dwiridal, M.Si	4. _____
5. Anggota	: Dra. Hidayati, M.Si	5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Analisis Perubahan Nilai Tahanan Jenis Batuan Menggunakan Metode Geolistrik di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan”, adalah asli karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau di publikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan di cantumkan pada kepustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, Februari 2018
Yang membuat pernyataan



Rifa Kurnia Pratama
NIM 1301664/2013

ABSTRAK

Rifa Kurnia Pratama : ANALISIS PERUBAHAN NILAI TAHANAN JENIS BATUAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI BUKIK LANTIAK KECAMATAN PADANG SELATAN

Bukik Lantiak Kota Padang merupakan daerah rawan longsor. Longsor yang terjadi tergantung pada jenis batuan penyusun lapisan. Sudah banyak penelitian dan pengukuran tahanan jenis batuan di Bukik Lantiak Kota Padang dengan menggunakan peralatan yang sama dan operator yang sama, tetapi dalam waktu yang berbeda – beda. Namun belum ada yang penelitian yang mempelajari apakah tahanan jenis batuan di Bukik Lantiak Kota Padang tetap sepanjang waktu atau tidak. Untuk itu dilakukan penelitian yang bertujuan mengetahui perubahan tahanan jenis batuan di Bukik Lantiak Kota Padang. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk mitigasi bencana longsor di Bukik Lantiak Kota Padang. Hasil yang diperoleh adanya perubahan nilai tahanan jenis batuan di setiap lintasan pengukuran. Perubahan nilai tahanan jenis yang terjadi membuktikan jika nilai tahanan jenis suatu batuan dapat berubah jika dilakukan pengukuran dalam waktu yang berbeda di lokasi yang sama. Besarnya perubahan nilai tahanan jenis batuan di Bukik Lantiak pada lintasan 1 sebesar 31,6%, dan 5,7%. Lintasan 2 sebesar 39,4% dan 45,4%. Lintasan 3 sebesar 121%. Lintasan 4 sebesar 58,1% dan 15,2%.

Kata Kunci: Tahanan Jenis, Perubahan, Geolistrik.

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah, di ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “Analisis Perubahan Tahanan Jenis Batuan Menggunakan Metode Geolistrik di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak baik itu bantuan moril maupun materil. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan saran untuk Tugas Akhir.
2. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si sebagai pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan saran untuk Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. H. Ahmad Fauzi M.Si, Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si, Ibu Dra. Hidayati, M.Si, selaku tim penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran kepada penulis.
4. Ibu Dr. Hj. Ratna Wulan, M.Si. sebagai Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D sebagai Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D, sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
7. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan semangat dan doa untuk penulis dengan tidak henti-hentinya.
8. Kepada seluruh staf pengajar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengetahuan selama perkuliahan.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang khususnya rekan-rekan Fisika 2013.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis untuk mewujudkan dan menyelesaikan studi yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulisan laporan penelitian ini mungkin masih terdapat kesalahan dan kelemahan yang belum penulis sadari. Untuk itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaannya. Peneliti berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi kita semua.

Padang, Maret 2018

Rifa Kurnia Pratama
NIM. 1301664

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Kajian Teori	6
1. Batuan	5
2. Sifat Kelistrikan Batuan	6
3. Tahanan Jenis Batuan.....	6
4. Perubahan Tahanan Jenis Batuan.....	10
5. Metode Geolistrik Tahanan Jenis.....	11
6. Tahanan Jenis Semu.....	16
B. Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	16
C. Penelitian yang Relevan.....	17
D. Kerangka Berpikir.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
A. Jenis Penelitian.....	20
B. Waktu dan Tempat Penelitian	20
C. Variabel Penelitian	20
D. Alat dan Bahan.....	21
E. Desain Lintasan Pengukuran.....	21

F. Prinsip Kerja ARES (<i>Automatic Resistivity</i>).....	23
G. Prosedur Penelitian.....	24
H. Teknik Analisis Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Deskripsi Data.....	27
B. Interpretasi Data.....	28
C. Pembahasan.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
A. Kesimpulan	39
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tahanan Jenis Batuan Beku dan Batuan Metamorf.....	9
2. Tahanan Jenis Batuan Sedimen	10
3. Waktu Pengukuran Penelitian	28
4. Hasil Inversi Lintasan 1	29
5. Hasil Interpretasi Lintasan 1	29
6. Nilai Tahanan Jenis Lintasan 1	31
7. Hasil Inversi Lintasan 2	32
8. Hasil Interpretasi Lintasan 2	32
9. Nilai Tahanan Jenis Lintasan 2	33
10. Hasil Inversi Lintasan 3	32
11. Hasil Interpretasi Lintasan 3	34
12. Nilai Tahanan Jenis Lintasan 3	35
13. Hasil Inversi Lintasan 4	36
14. Hasil Interpretasi Lintasan 4	37
15. Nilai Tahanan Jenis Lintasan 4	37
16. Perubahan Tahanan Jenis Batuan Tiap Lintasan	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Arus dan Garis <i>Equipotential</i> yang Dihasilkan oleh Sumber Arus	13
2. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Resistivitas (ρ).....	15
3. Skema Kerangka Berfikir.....	20
4. Desain Pengukuran di Daerah Bukik Lantiak.....	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Geologi Kota Padang	

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bukik Lantiak merupakan salah satu daerah yang sering dilakukan survei Geolistrik yang terletak di Kelurahan Seberang Palinggam Kecamatan Padang Selatan Kota Padang karena daerah tersebut merupakan daerah rawan longsor. Irepia (2014) telah melakukan identifikasi bidang gelincir menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis. Hamidah (2016) telah melakukan penelitian estimasi 3D kedalaman batuan dasar menggunakan data Geolistrik tahanan jenis. Survei Geolistrik yang pernah dilakukan di Bukik Lantiak belum bisa memprediksi kapan terjadinya tanah longsor karena hanya dilakukan sekali pengukuran.

Penelitian yang pernah dilakukan di Bukik Lantiak berdasarkan nilai tahanan jenis dari penelitian Irepia (2014) dan Hamidah (2016) didapatkan nilai tahanan jenis yang berbeda tiap lintasan pengukuran. Ada beberapa penyebab nilai tahanan jenis batuan berubah di antaranya kandungan *aquifer* (misalnya: air, minyak, dan gas), suhu, permeabilitas, porositas dan umur geologi tanah (Muallifah, 2009). Porositas merupakan perbandingan antara ruang kosong dari suatu batuan dengan volume batuan itu sendiri, porositas ini akan berperan penting menentukan konduktivitas listrik suatu batuan atau material, dimana konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai tahanan jenis.

Nilai tahanan jenis batuan kering akan lebih besar dibandingkan dengan batuan basah. Karena nilai tahanan jenis suatu batuan bergantung kepada kandungan air. Besarnya nilai konduktivitas dan nilai tahanan jenis

batuan dipengaruhi oleh kadar air (Wei, 2013). Hal ini menyebabkan batuan yang mengandung air akan lebih mudah menjadi penghantar listrik jika dalam keadaan basah.

Kadar air dalam tanah akan mempengaruhi derajat kejenuhan tanah. Suatu massa tanah terdiri dari butiran tanah dan ruang pori diantara butiran tanah, dimana ruang pori ini terasi oleh air dan membuat massa tanah berada pada kondisi jenuh. Kekuatan tahanan akan berkurang apabila mempunyai kadar air yang tinggi atau dalam kondisi yang sangat jenuh. Hal ini dapat mengakibatkan bencana tanah longsor.

Metode Geolistrik adalah salah satu metode Geofisika yang mempelajari struktur Geologi di bawah permukaan bumi dengan memakai sifat kelistrikan. Prinsip kerja metode Geolistrik adalah menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan mengukur beda potensial listrik yang ditimbulkan. Beda potensial yang dihasilkan diukur melalui dua buah elektroda lainnya (Akmam dan Nofi, 2013). Arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui sepasang elektroda arus dan beda potensial diukur melalui sepasang elektroda potensial. Berdasarkan hasil pengukuran arus listrik dan beda potensial akan dihitung nilai tahanan jenis pada lapisan bawah permukaan bumi.

Penelitian ini berguna untuk memprediksi gejala awal tanah longsor berdasarkan perubahan nilai tahanan jenis batuan. Karena survei Geolistrik yang pernah dilakukan di Bukik Lantiak belum bisa memprediksi kapan terjadinya tanah longsor karena hanya dilakukan sekali pengukuran.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Perubahan Nilai Tahanan Jenis Batuan Menggunakan Metode Geolistrik Di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perubahan nilai tahanan jenis batuan yang terjadi di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan
2. Metoda Geolistrik belum pernah dilakukan untuk menganalisa perubahan tahanan jenis batuan di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan.
3. Lokasi pengambilan data yang dipilih yaitu lokasi yang dapat merentangkan kabel elektroda secara maksimal

C. Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah, maka perlu dilakukan beberapa pembatasan masalah dalam penelitian ini. Sebagai pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Perubahan nilai tahanan jenis batuan diketahui berdasarkan pengukuran yang dilakukan dalam waktu yang berbeda
2. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Res2dinv*
3. Lintasan pengukuran di ambil sebanyak 4 lintasan pengukuran

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini yaitu berapa

persentase perubahan nilai tahanan jenis batuan dengan metode Geolistrik di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan
2. Mengetahui besarnya perubahan nilai tahanan jenis batuan batuan di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan data Geolistrik.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian tentang analisis perubahan tahanan jenis ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kontribusi yaitu :

1. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
2. Memberikan informasi perubahan nilai tahanan jenis batuan di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang untuk memprediksi gejala awal tanah longsor.
3. Sebagai informasi peneliti selanjutnya dalam melakukan penelitian baik dibidang Geologi maupun Geofisika lainnya yang berkaitan dengan perubahan nilai tahanan jenis

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Batuan

Berdasarkan cara terbentuknya batuan dibagi menjadi tiga kelompok; batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Menurut Rusman (2016) batuan beku adalah jenis batuan yang terbentuk dari magma yang mendingin dan mengeras, dengan atau tanpa proses kristalisasi, baik di bawah permukaan maupun di atas permukaan. Batuan sedimen adalah batuan yang terjadi karena pengendapan materi hasil erosi. Menurut Nandi (2010) sekitar 80% permukaan benua tertutup batuan sedimen, walaupun volumenya hanya sekitar 5% dari volume kerak bumi. Batuan Metamorf adalah batuan yang telah mengalami perubahan dari bentuk asalnya dari batuan yang sudah ada baik batuan beku, sedimen, ataupun dari batuan metamorf lainnya. Terjadinya secara fisik dan kimiawi sehingga berbeda dengan batuan induknya. Perubahan tersebut sebagai akibat dari tekanan, temperatur, dan aliran panas baik cair maupun gas.

Tipe batuan berbeda untuk setiap wilayah. Bagian dari lapisan batuan merupakan pondasi yang kuat bagi lapisan di atasnya sering disebut dengan batuan dasar. Batuan dasar merupakan batuan yang paling tua diantara batuan yang ada disekitar wilayahnya, sehingga batuan dasar dapat berupa batuan beku, batuan sedimen maupun metamorf. Keberadaan batuan dasar sangat berpengaruh terhadap kestabilan tanah terutama dalam pergerakan tanah. Semakin kuat batuan, semakin kecil kemungkinan pergerakannya, begitu juga sebaliknya.

2. Sifat Kelistrikan Batuan

Sifat kelistrikan batuan merupakan karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik. Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik (Telford *et al*, 1990). Kondisi elektronik terjadi jika batuan memiliki banyak elektron bebas, sehingga arus listrik mudah melalui batuan. Konduksi elektrolitik terjadi pada batuan yang bersifat porus dan pori-pori yang berisi larutan elektrolit, dimana arus listrik mengalir akibat dibawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduksi dielektrik terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik, artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit dan bahkan tidak ada.

3. Tahanan Jenis Batuan

Tahanan jenis suatu material berbanding terbalik dengan daya hantar listriknya. Material yang memiliki nilai tahanan jenis besar akan sulit mengalirkan arus listrik, sedangkan material yang memiliki nilai tahanan jenis rendah akan lebih mudah mengalirkan arus listrik. Menurut Telford *et al* (1990) berdasarkan harga tahanan jenisnya, secara umum batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: Konduktor ($10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$), Semikonduktor ($1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$), Isolator ($\rho > 10^7 \Omega\text{m}$)

Sifat kelistrikan dari batuan tergantung pada nilai tahanan jenis yang dilambangkan dengan (ρ) dengan satuan ohmmeter. Menurut Akmam (2004), "Nilai tahanan jenis pada batuan atau mineral tidak hanya dipengaruhi oleh mineralogi batuan, melainkan juga tergantung kepada porositas,

cairanelektrolit serta kandungan air yang terdapat dalam pori batuan”. Beda potensial yang diberikan kepada batuan akan mengakibatkan adanya aliran arus. Aliran arus pada perlapisan batuan sangat bergantung kepada cairan eletrolit dalam pori – pori batuan serta sifat konduktif batuan.

Hubungan antara rapat arus J dengan medan listrik E menurut hukum Ohm dapat dinyatakan melalui persamaan :

$$J = \sigma E \quad (1)$$

dimana σ adalah konduktifitas listrik. Jika besar kuat medan listrik dinyatakan dengan $E = \frac{V}{L}$, maka diperoleh $J = \sigma \frac{V}{L}$. Kuat arus sebanding dengan rapat arus dan luas permukaan, sehingga kuat arus dapat ditulis sebagai berikut:

$$I = JA = \sigma \frac{A}{L} V \quad (2)$$

Persamaan (2) memperlihatkan bahwa saat σ konstan, arus total I sebanding dengan beda potensial V . Perbandingan antara V dengan I pada konduktor disebut resistansi

$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

Hubungan resistansi R dengan daya hantar listrik σ pada suatu logam konduktor dinyatakan dengan menggunakan Persamaan (2), yaitu:

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{A} \quad (4)$$

hubungan antara tahanan jenis ρ dengan daya hantar listrik σ dinyatakan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (5)$$

maka Persamaan (4) dan Persamaan (5) menjadi:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (6)$$

hubungan tahanan jenis dengan kuat arus didapatkan dengan mensubstitusikan Persamaan (6) ke Persamaan (3) yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \quad (7)$$

Persamaan (7) memperlihatkan hubungan tahanan jenis dengan kuat arus. Berdasarkan persamaan tersebut terlihat bahwa aliran arus listrik pada suatu bahan tergantung pada tahanan jenis suatu material tersebut. Semakin besar tahanan jenis suatu bahan, maka arus listrik akan semakin sulit mengalir. Sebaliknya, semakin kecil nilai tahanan jenis suatu bahan, maka arus listrik semakin mudah untuk mengalir. Hal ini juga sesuai dengan prinsip konduktivitas (daya hantar listrik) suatu bahan. Bahan yang memiliki tahanan jenis besar akan memiliki nilai daya hantar listrik yang kecil dan sebaliknya. Nilai tahanan jenis batuan beku, sedimen dan metamorf ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Tahanan Jenis Batuan Beku dan Batuan Metamorf

Batuan	Tahanan Jenis (Ωm)
<i>Granite</i>	$3 \times 10^2 - 10^6$
<i>Granite porphyry</i>	$4,5 \times 10^3$ (basah) – $1,3 \times 10^6$ (kering)
<i>Feldspar porphyry</i>	4×10^3 (basah)
<i>Albite</i>	3×10^2 (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
<i>Syenite</i>	$10^2 - 10^6$
<i>Diorite</i>	$10^4 - 10^5$
<i>Diorite porphyry</i>	$1,9 \times 10^3$ (basah) – $2,8 \times 10^4$ (kering)
<i>Porphyrite</i>	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
<i>Carbonatized porphyry</i>	$2,5 \times 10^3$ (basah) – 6×10^4 (kering)
<i>Quartz porphyry</i>	$3 \times 10^2 - 3 \times 10^5$
<i>Quartz diorite</i>	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (basah) – $1,8 \times 10^5$ (kering)
<i>Porphyry (various)</i>	60×10^4
<i>Dacite</i>	2×10^4 (basah)

<i>Andesite</i>	$4,5 \times 10^4$ (basah) – $1,7 \times 10^2$ (kering)
<i>Diabase porphyry</i>	10^3 (basah) – $1,7 \times 10^5$ (kering)
<i>Diabase (various)</i>	$20 - 5 \times 10^7$
<i>Lavas</i>	$10^2 - 5 \times 10^4$
<i>Gabbro</i>	$10^3 - 10^6$
<i>Basalt</i>	$10 - 1,3 \times 10^7$ (kering)
<i>Olivine norite</i>	$10^3 - 6 \times 10^4$ (basah)
<i>Peridotite</i>	3×10^3 (basah) – $6,5 \times 10^3$ (kering)
<i>Hornfels</i>	8×10^3 (basah) – 6×10^4 (kering)
<i>Schists</i>	$20 - 10^4$
<i>Tulst</i>	2×10^3 (basah) – 10^5 (kering)
<i>Graphite schists</i>	$10 - 10^2$
<i>Slate (various)</i>	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
<i>Gneiss (various)</i>	$6,8 \times 10^4$ (basah) – 3×10^5 (kering)
<i>Marmer</i>	$10^2 - 2,5 \times 10^8$ (kering)
<i>Skarn</i>	$2,5 \times 10^2$ (basah) – $2,5 \times 10^8$ (kering)
<i>Quartzites (various)</i>	$10 - 2 \times 10^8$

(Sumber : Telford et.al, 1990 : 290)

Tabel 2. Tahanan Jenis Batuan Sedimen

Batuan	Resistivity (Ωm)
<i>Consolidated shales</i> (serpihan gabungan)	$20 - 2 \times 10^3$
<i>Argillities</i>	$10 - 8 \times 10^2$
<i>Conglomerates</i> (Konglomerat)	$2 \times 10^3 - 10^4$
<i>Sandstones</i> (Batu pasir)	$1 - 6,4 \times 10^3$
<i>Limestones</i> (batu gamping)	$50 - 10^7$
<i>Dolomite</i>	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
<i>Unconsolidated wet clay</i> (lempung basah tidak gabungan)	20
Marls	3 – 70
<i>Clay</i> (lempung)	1 – 100
<i>Alluvium and sands</i>	10 – 800
<i>Oil sands</i>	4 – 800

(Sumber: Telford dkk. 1990: 290).

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan nilai tahanan jenis batuan beku dan batuan metamorf lebih besar dibandingkan dengan batuan sedimen. Hal ini berarti batuan sedimen memiliki daya hantar listrik lebih besar dibandingkan batuan beku dan batuan metamorf karena batuan sedimen memiliki konduktivitas yang lebih besar dibandingkan batuan beku dan batuan metamorf.

4. Perubahan Tahanan Jenis Batuan

Ada beberapa penyebab nilai tahanan jenis batuan berubah di antaranya adalah kandungan *aquifer* (misalnya: air, minyak, dan gas), suhu, permeabilitas, porositas dan umur geologi tanah (Muallifah, 2009). Porositas merupakan perbandingan antara ruang kosong dari suatu batuan dengan volume batuan itu sendiri, porositas ini akan berperan penting menentukan konduktivitas listrik suatu batuan atau material, dimana konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitas (Irianto, 2014). Hubungan antara resistivitas dan porositas dapat dinyatakan dengan persamaan Archie:

$$\rho_r = \alpha \rho_w \phi^{-m} \quad (8)$$

ρ_r merupakan resistivitas batuan, ρ_w adalah resistivitas air. α adalah koefisien saturasi dengan nilai $0.5 \leq \alpha \leq 2.5$, m adalah faktor sementasi dengan nilai $1.3 \leq m \leq 2.5$, dan ϕ adalah porositas.

Hal-hal yang mempengaruhi porositas adalah iklim, kelembaban dan struktur tanah. Misalnya saja wilayah yang beriklim hujan tropis maka tingkat curah hujan pada tanah tersebut akan tinggi pada saat tanah tersebut basah maka tanah tersebut akan mengalami pengembangan dan pori tanah pada saat tersebut akan banyak terisi oleh air akan mempengaruhi kelembaban tanah tersebut yang nantinya akan berpengaruh pada porositasnya. Sebaliknya pada musim kemarau atau kering tanah mengerut dan pori tanah akan semakin besar tetapi kebanyakan akan diisi oleh udara, sehingga nantinya akan berpengaruh terhadap porositas tanah. Struktur tanah juga akan sangat berpengaruh, karena sangat bergantung

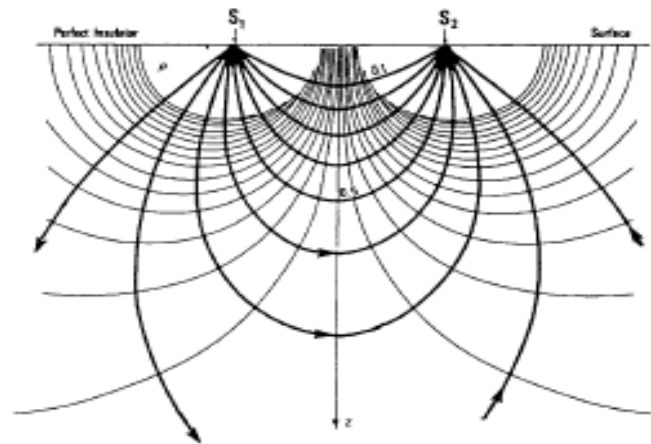
pada kadar liat , pasir, dan debu yang dikandung tanah tersebut apabila struktur tanah dirusak maka porositas tanah tersebut akan berubah (Pairunan, 1997)

Tanah yang porositasnya baik adalah tanah yang memiliki porositas yang besar karena akar tanaman mudah untuk menembus tanah dalam mencari bahan organik. Selain itu tanah tersebut dapat menahan air hujan. Akan tetapi porositas yang terlalu tinggi juga tidak baik, karena air yang diterima tanah langsung turun ke lapisan berikutnya. Tanah seperti ini jika musim kemarau cepat membentuk pecahan yang berupa celah besar di tanah.

5. Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Metode Geolistrik adalah salah satu metode Geofisika yang mempelajari struktur Geologi di bawah permukaan bumi dengan memakai sifat kelistrikan. Prinsip kerja metode Geolistrik tahanan jenis adalah menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan mengukur beda potensial listrik yang ditimbulkan. Beda potensial yang dihasilkan diukur melalui dua buah elektroda lainnya (Akman dan Nofi, 2013). Arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui sepasang elektroda arus dan beda potensial diukur melalui sepasang elektroda potensial. Berdasarkan hasil pengukuran arus listrik dan beda potensial akan dihitung nilai tahanan jenis pada lapisan bawah permukaan bumi.

Aliran arus listrik di dalam bumi diasumsikan bahwa bumi merupakan medium homogen isotropis. Arus listrik yang dialirkan ke dalam bumi akan mengalir ke segala arah dan membentuk bidang *equipotensial* setengah bola. Penjalaran arus listrik ke dalam bumi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut



Gambar1. Arus dan Garis *Equipotential* yang Dihasilkan oleh Sumber Arus (Reynold, 1997)

Medium homogen isotropis pada Gambar 1 dengan luas A , jika dilalui arus listrik I maka kerapatan arus J dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (5) disubstitusikan pada Persamaan (1), maka diperoleh hubungan kerapatan arus J dengan tahanan jenis ρ yaitu:

$$J = \frac{E}{\rho} \quad (9)$$

medan listrik E merupakan gradien potensial yaitu beda potensia atau jatuh tegangan antara kedua titik yang diinjeksikan arus listrik sehingga dapat dinyatakan dengan Persamaan (10) berikut:

$$E = -\nabla V = -\frac{dV}{dr} \quad (10)$$

Hubungan antara gradien potensial dengan tahanan jenis dan kerapatan arus didapat dengan mensubstitusikan Persamaan (9) ke Persamaan (10) yang dinyatakan dengan Persamaan (11)

$$\frac{dV}{dr} = -\rho J \quad (11)$$

hubungan antara gradien potensial dengan luas permukaan dan arus listrik didapat dengan mensubstitusikan Persamaan (2) ke Persamaan (11) yang dinyatakan oleh Persamaan (12) berikut:

$$\frac{dV}{dr} = -\rho \frac{I}{A} \quad (12)$$

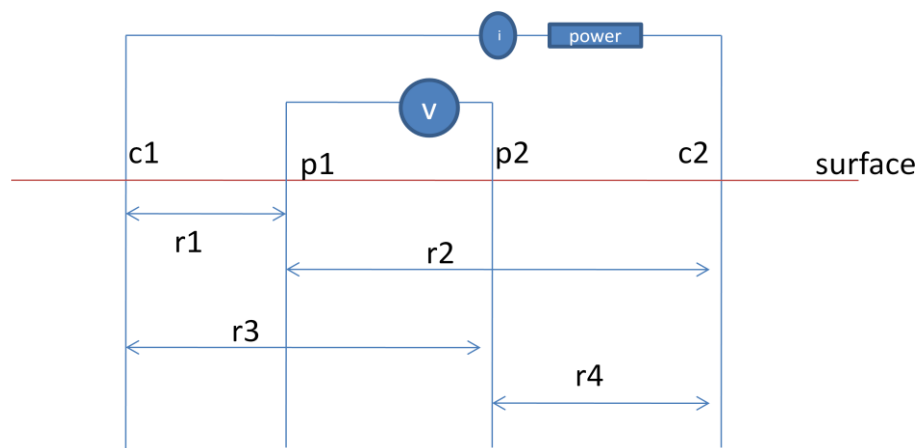
luas permukaan A adalah luas permukaan distribusi arus yaitu setengah bola $2\pi r^2$ sehingga perbedaan potensial dV terhadap distribusi arus dr yaitu:

$$dV = -\rho \frac{I}{2\pi r^2} dr \quad (13)$$

harga potensial pada titik yang berjarak r dari sumber dapat dihitung dengan mengintegrasikan Persamaan (13), sehingga didapatkan:

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (14)$$

menurut Telford dkk (1990), ketika jarak antara dua elektroda arus ditentukan, potensial pada setiap titik permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda tersebut.



Gambar 2. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Resistivitas (ρ) (Telford dkk, 1990)

Gambar 2 menunjukkan susunan dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada metode Geolistrik. Pengukuran dengan metode Geolistrik menggunakan dua elektroda arus yang dilambangkan dengan C dan dua elektroda potensial yang dilambangkan dengan P. Berdasarkan Gambar 2 dimisalkan bahwa r_1 adalah jarak antara P_1 dengan C_1 , r_2 adalah jarak antara P_1 dengan C_2 , r_3 adalah jarak antara P_2 dengan C_1 dan r_4 adalah jarak antara P_2 dengan C_2 . Potensial yang disebabkan oleh C_1 pada P_1 adalah :

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_1} \quad (15)$$

potensial yang disebabkan oleh C_2 pada P_1 sama halnya dengan potensial oleh C_1 pada P_1 , persamaannya adalah:

$$V_2 = -\frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_2} \quad (16)$$

tanda negatif pada potensial V_2 disebabkan karena arus pada C_2 sama dengan arus pada C_1 , tapi berlawanan arah, sehingga diperoleh:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (17)$$

potensial yang disebabkan oleh C_1 dengan P_2 adalah:

$$V_3 = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_3} \quad (18)$$

sama halnya dengan potensial oleh C_1 dan P_2 , potensial yang disebabkan oleh C_2 pada P_2 adalah:

$$V_4 = -\frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_4} \quad (19)$$

tanda negatif pada potensial V_4 disebabkan karena arus pada C_2 sama dengan arus pada C_1 , tapi berlawanan arah. Sehingga diperoleh :

$$V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (20)$$

Persamaan (17) dan Persamaan (20) dapat diukur perbedaan potensial ΔV antara P_1 dan P_2 , yaitu:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (21)$$

Nilai tahanan jenis didapatkan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi\Delta V}{I} \frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)} \quad (22)$$

Persamaan (22) dapat disederhanakan menjadi Persamaan (23), sehingga diperoleh nilai tahanan jenis:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (23)$$

Persamaan (23) menyatakan nilai tahanan jenis suatu bahan dapat diperoleh dari perhitungan besarnya arus listrik yang mengalir dan beda potensial yang diukur. Tahanan jenis juga dipengaruhi oleh lebar spasi elektroda yang digunakan saat pengukuran. Nilai K pada Persamaan (23) adalah.

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (24)$$

K adalah faktor geometri dari susunan elektroda, yang nilainya berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda-elektroda. Persamaan (24) menunjukkan bahwa K bergantung pada susunan atau konfigurasi elektroda yang digunakan.

6. Tahanan Jenis Semu

Nilai tahanan jenis yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung di lapangan dinamakan dengan tahanan jenis semu atau *apparent resistivity* ρ_a . Menurut Akmam (2013) Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis dari suatu medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium tersebut. Hal ini disebabkan karena pada kenyataannya bumi merupakan medium tidak homogen yang terdiri dari banyak lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi potensial listrik yang terukur. Resistivitas semu dapat dikatakan sebagai resistivitas medium homogen ekuivalen, jika medium setengah-ruang tak-homogen digantikan oleh suatu medium homogen dengan harga resistivitas ρ_a maka arus sebesar I akan menghasilkan potensial sebesar V pada elektroda-elektroda dengan faktor geometri K .

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (25)$$

B. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan. Bukit Lantiak kecamatan Padang Selatan terletak pada koordinat $00^\circ 58' 3,7''$ LS dan $100^\circ 22' 10,3''$ BT. Bukit lantiak merupakan daerah perbukitan dengan kemiringan yang relatif curam. Kondisi ini diduga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya longsor akibat kondisi tanah yang labil dan curah hujan yang cukup tinggi.

Kondisi Geologi dan data curah hujan daerah penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Berdasarkan peta Geologi pada Lampiran 1 daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan disusun oleh 2 batuan utama, yaitu batu *Andesite* dan *Tufa*. *Andesite* merupakan salah satu jenis dari batuan beku yang berasal dari batuan gunung berapi yang masih aktif berwarna putih keabu-abuan dan memiliki butiran yang kecil. *Andesite* terbentuk dari magma yang membeku sangat cepat di bawah kerak bumi. *Tufa* merupakan salah satu dari jenis batuan sedimen, lembut, berpori, kalsium putih karbonat (biasanya kalsit) yang mengendap di air yang kaya dengan kalsium dan dapat berwarna kuning atau merah oleh oksida besi

C. Penelitian yang Relevan

Penelitian menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger* di Bukik Lantiak bertujuan mengidentifikasi bidang gelincir telah dilakukan oleh Irepia (2014). Kesimpulan dari penelitian ini adalah Bidang gelincir lintasan 1 memiliki sudut kemiringan $34,98^{\circ}$. Bidang gelincir lintasan 3 memiliki sudut kemiringan $25,94^{\circ}$. Bidang gelincir lintasan 1 dan lintasan 3 diklasifikasikan memiliki kemiringan curam. Potensi bahaya longsor yang besar terdapat pada lintasan 1.

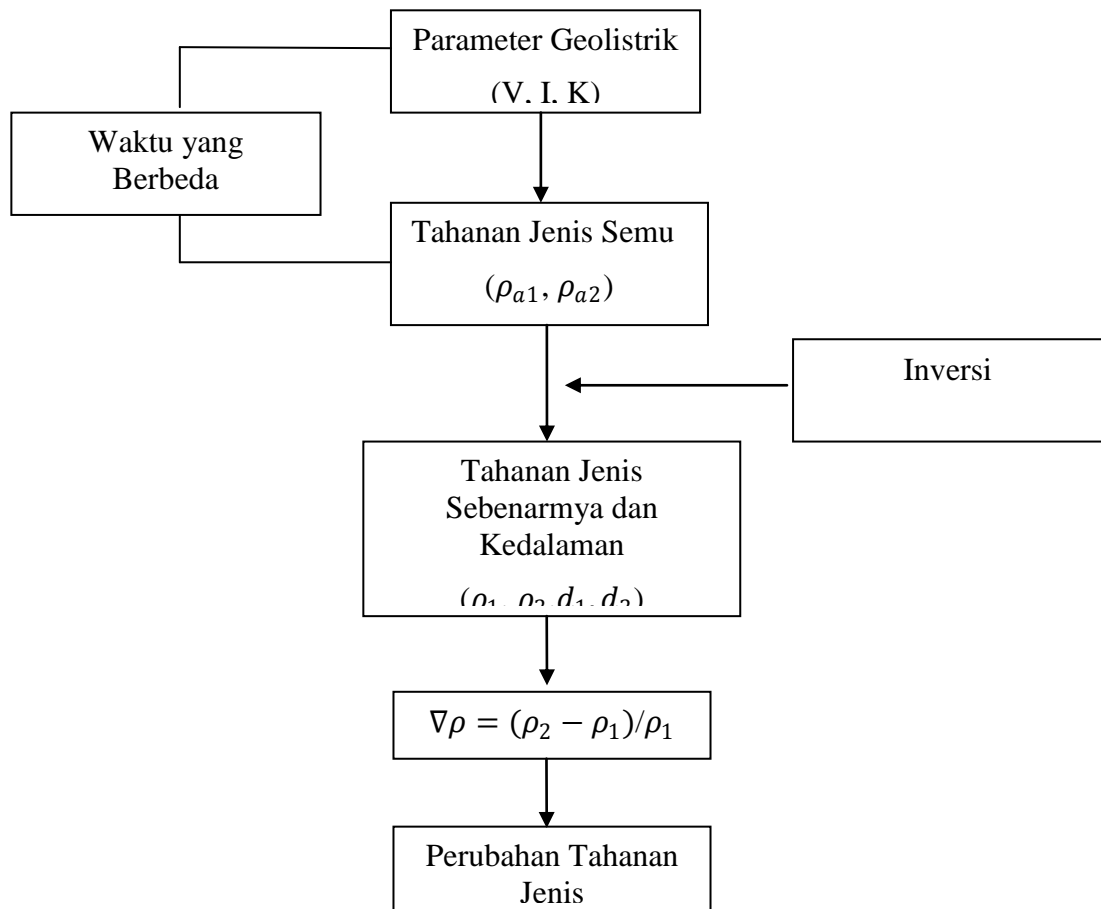
Hamidah (2015) telah melakukan penelian estimasi 3D kedalaman batuan dasar menggunakan data Geolistrik tahanan jenis. Hasil yang didapat bentuk penampang dan sebaran pendekatan jenis batuan jika dilihat dengan pemodelan 3-D menggunakan metode Inversi dengan bantuan perangkat lunak *Res3dinv* di Bukik Lantiak kecamatan Padang Selatan, terdapat sampai pada sayatan keenam.

Pada sayatan pertama sampai sayatan terakhir telah diidentifikasi terdapat 4 jenis batuan yaitu *Clay*, *Limestone*, *Sandstone* dan *Andesite*.

Akmam (2015) telah melakukan riset di Bukik Lantiak mengenai optimalisasi Metoda Inversi *Smoothness - Constrained Least - Squared* menggunakan Inversi *Occam's*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bidang gelincir memiliki sudut kemiringan $33,45^{\circ}$ pada kedalaman 19,3 m dengan hasil interpretasi menggunakan Inversi *Occam's* lebih tajam dibandingkan hasil interpretasi menggunakan Inversi *Smoothness - Constrained Least - Squared*

D. Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir pada penelitian ini menggunakan metoda Geolistrik tahanan jenis. Metoda ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik ke bawah permukaan bumi melalui elektroda arus dan elektroda potensial. Susunan elektroda tersebut harus sesuai dengan konfigurasi yang digunakan. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu konfigurasi *Dipole-dipole*. Kerangka pikir yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 3. Skema Kerangka Berfikir

Gambar 3 dapat dilihat bahwa bahwa variabel yang didapat dari hasil pengukuran di lapangan adalah kuat arus listrik, beda potensial, dan jarak elektrodadiinterpretasikan sehingga menghasilkan nilai tahanan jenis semu. Nilai tahanan jenis semu batuan dihitung dengan menggunakan Persamaan (25). Data yang diperoleh diinterpretasikan menggunakan metoda inversi menggunakan program lunak *Res2Dinv*. Hasil interpretasi data ini akan menghasilkan kedalaman dan nilai tahanan jenis sebenarnya. Data yang diestimasi adalah perubahan nilai tahanan jenis batuan.

BAB V

KESIMPULAN

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Jenis batuan penyusun lapisan bawah permukaan di daerah Bukik Lantiak Kecamatan Padan Selatan terdiri dari batuan *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Andesit*. Jenis batuan yang didapat pada penelitian ini sama dengan jenis batuan yang didapatkan pada penelitian –penelitian sebelumnya.
2. Besarnya perubahan nilai tahanan jenis batuan di Bukik Lantiak pada lintasan 1 sebesar 31,6%, dan 5,7%. Lintasan 2 sebesar 39,4% dan 45,4%. Lintasan 3 sebesar 121%. Lintasan 4 sebesar 58,1% dan 15,2%.

E. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan:

1. Melakukan penelitian berikutnya untuk menyelidiki perubahan nilai resistivitas dengan menambah waktu pengukuran guna melihat perubahan nilai resistivitas yang lebih akurat.
2. Melakukan penelitian berikutnya sebaiknya dengan konfigurasi yang lain, guna mendapatkan perubahan resistivitas yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmam dan Nofi Yendri Sudiar. 2013. *Analisis Struktur Batuan Dengan Metoda Inversi Smoothness-Constrained Least-Squares Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013. Hlm 1-6.
- Akmam, Irefia, R., D., , Silvia D. , S., S., Jemmy, R. 2015. “*Optimition Of Least Squares Methods Smooth Constrain Using Occam’s Inversion Geoelectric Resistivity Dipole-Dipole Consfiguration For Estimation Slip Surface*”. Jurnal ICOMSET ISBN 978-602-19877-3-5.
- Akmam. 2017. “*Proceedings 4th International Conference on Technical and Vocational Education an Training*. ISBN 978-602-1178-11-9.
- Bavitra, Akmam, Harman Amir. 2015. “*Estimasi Kedalaman Batuan Dasar Menggunakan Metoda Inversi Robust 2D Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-Dipole di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi*”. Pillar of Physics, Vol 6. Oktober 2015, 01-08
- Hasrullah. *Studi Pengaruh Infiltrasi Air Hujan Terhadap Kestabilan Lereng*. Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik-Sistem, Vol 5 No. 2.
- Irepia Refa Dona, Akmam dan Nofi Yendri Sudiar. 2015. “*Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Padang Selatan*”. Phylar of Physics, Vol. 5 April 2015
- Irianto, Eko Agus. Rahmawati, Endah. *Prototipe Alat Ukur Resistivitas Tanah Dengan Metode Four-Point Probes*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Surabaya.
- Jemmy Rohmana, Akmam dan Mahrizal. 2015. “*Identifikasi Jenis Batuan Menggunakan Metode Inversi Marquardt Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-Dipole Bukit Lantiak Padang Selatan*”. Phylar of Physics, Vol. 6. Oktober 2015
- Loke, M. H. 2013. *2-D and 3-D electrical imaging surveys*. Geophysics. Malaysia
- Loke, M. H. Dahlin, T. Rucker D. F. *Smoothnesso-Constrained Time-Lapse Inversion of Data From 3D Resistivity Surveys Near Surface* Geophysics 2014, 12 5-24.
- Mahrizal dkk, 2016. *Pengembangan Teknologi Monitoring Geolistrik Time-Lapse Untuk Memantau Daerah Rawan Longsor Di Kota Padang*. Laporan Akhir Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi. UNP: Padang.

- Muallifah, Faqih. 2009. *Perancangan Dan Pembuatan Alat Ukur Resistivitas Tanah*. Jurnal Neutrino Vol. 1, No 2 April 2009.
- Nandi, 2007. *Longsor*. Jurusan Pendidikan Geografi. FPIPS. UPI: Bandung.
- Nandi, 2010. *Batuan, Mineral dan Batubara..* Jurusan Pendidikan Geografi. FPIPS.UPI: Bandung
- Nelvira Rizalmi, Akmam dan Mahrizal 2013. “*Estimasi Kedalaman Batuan Dasar Berdasarkan Nilai Tahanan Jenis Data Menggunakan Metoda Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar*”. Pillar of Physics, Vol 1. April 2013, 01-08
- Rahmi Kurnia Putri, Akmam dan Harman Amir. 2014. “*Estimasi Struktur Batuan Menggunakan Smoothness-Constraint Least-Squares Inversion Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Padang Selatan*”. Phylar of Physics, Vol. 4 November 2014
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: Jhon Geophysicsin Hidrogeological and Wiley andSons Ltd.
- Rusman, Muh Khairil. 2016. *Geologi Dasar*. Jurusan Pendidikan Geografi. FPIPS.UPI: Bandung
- Silvia Dona Sari, Akmam dan Nofi Yendri Sudiar. 2014. “*Analisa Sebaran Air Tanah Menggunakan Inversi Robust Constraint Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner di Daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan*”. Phylar of Physics, Vol. 4 November 2014
- Sircar, Anirbid. 2004. “*Hydrocarbon Production from Fractured Basement Formations*”. Jurnal. Current Science. Vol.87. No.2. Hlm 147-151
- Telford, W.M. Geldart, L.P, Sheriff R.E and Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysics* .USA : Cambridge University Press.
- Wei, Bai. 2013. *Effect of Phisical Properties on Electrical Conductivityof Caompacked Lateritic Soil*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering S (2013), 4006-411.
- Zakaria, Zulfialdi. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Geologi Teknik. FTG-UNPAD: Bandung