

**PENYELIDIKAN STRUKTUR BATUAN MENGGUNAKAN METODA
GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI *WENNER* INVERSI
ROBUST CONSTRAINT DI JORONG KOTO BARU NAGARI AIE DINGIN
KABUPATEN SOLOK**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang*



SRI MULYANI

1201449/2012

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2016

**PENYELIDIKAN STRUKTUR BATUAN MENGGUNAKAN METODA
GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI *WENNER* INVERSI
ROBUST CONSTRAINT DI JORONG KOTO BARU NAGARI AIE DINGIN
KABUPATEN SOLOK**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang*



**SRI MULYANI
1201449/2012**

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

2016

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : **Penyelidikan Struktur Batuan Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Wenner* Inversi *Robust Constraint* di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok**

Nama : Sri Mulyani

NIM/BP : 1201449

Program Studi : Fisika

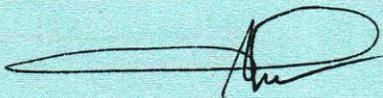
Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2016

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Drs. Mahrizal, M.Si
NIP. 19150512197603 1 005

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : **Penyelidikan Struktur Batuan Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Wenner* Inversi *Robust Constraint* di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok**

Nama : Sri Mulyani

NIM/BP : 1201449

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

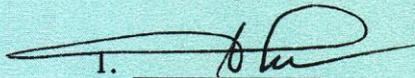
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

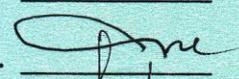
Padang, Agustus 2016

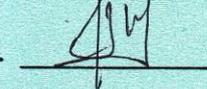
Tim Penguji

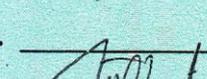
1. Ketua : Drs.Akmam, M.Si.
2. Sekretaris : Dr. Mahrizal, M.Si.
3. Anggota : Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D
4. Anggota : Harman Amir, S.Si, M.Si
5. Anggota : Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si

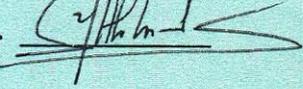
Tanda Tangan

1. 

2. 

3. 

4. 

5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan tatacara penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan



Sri Mulyani
NIM. 1201449

ABSTRAK

Sri Mulyani : Penyelidikan Struktur Batuan Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Wenner* Inversi *Robust Constraint* di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok

mulyani12sri@gmail.com

Struktur batuan lapisan bawah permukaan Jorong Koto Baru belum diketahui dan dianalisis secara detail, untuk itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui struktur batuan di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin kabupaten Solok. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian dasar bersifat deskriptif. Pengukuran dilakukan menggunakan metoda Geolistrik Tahanan Jenis konfigurasi *Wenner*. Data hasil pengukuran dianalisis dan diinterpretasi menggunakan metoda inversi *Robust Constraint* dengan bantuan *software Res2dinv* untuk mendapatkan penampang model 2D bawah permukaan daerah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 5 jenis lapisan batuan penyusun lereng Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok yaitu *Alluvium and Sands, Clay, Sandstone, Limestone*, dan *Granite*. Lapisan *Sandstone, Limestone* dan *Clay* mendominasi lapisan penyusun bawah permukaan daerah penelitian.

Kata Kunci: Geolistrik, Struktur batuan, *Wenner*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Penyelidikan Struktur Batuan Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner Inversi Robust Constraint di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok.**

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai Pembimbing I.
2. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si sebagai Pembimbing II.
3. Bapak Zuhendri Kamus, S.Pd, M.Si sebagai Pembimbing Akademik dan sebagai Tim Penguji.
4. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika dan sebagai Tim Penguji.
5. Bapak Harman Amir, S.Si, M.Si sebagai Tim Penguji.
6. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
7. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D sebagai Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

8. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DP2M– DIKTI) yang telah memberikan donasi untuk penelitian melalui dana PKM 2015.
9. Tim PKM-P 2015 dengan anggota Nurhidayati, Hisni Rahmi, dan Rahmat Arif Syafrindo.
10. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan semangat dan doa untuk penulis dengan tidak henti-hentinya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Padang, Agustus 2016

Sri Mulyani

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Rumusan Masalah	7
D. Pertanyaan Penelitian	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN TEORITIS	
A. Batuan	9
B. Struktur Batuan	12
C. Tahanan Jenis Batuan.....	12
D. Metoda Geolistrik Tahanan Jenis.....	17
E. Konfigurasi <i>Wenner</i>	22
F. Metoda Inversi Robust Constraint	25
G. Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	28
H. Kerangka Berfikir	29
I. Penelitian yang Relevan.....	31

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	33
B. Parameter yang Diamati.....	33
C. Instrumentasi / Alat dan Bahan.....	34
D. Jenis dan Teknik Pengambilan Data.....	35
E. Prosedur Penelitian.....	36
F. Teknik Analisa Data.....	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data.....	42
B. Interpretasi Data.....	43
C. Pembahasan.....	59

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	64
B. Saran.....	64

DAFTAR PUSTAKA..... 66

LAMPIRAN..... 69

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis Batuan Beku	16
2. Jenis Batuan Sedimen.....	17
3. Perbandingan Konfigurasi Dipole-dipole, Schlumberger, Square dan Wenner	24
4. Koordinat dan Ketinggian pada Setiap Lintasan Pengukuran di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok	38
5. Nilai Tahanan Jenis Semu, Arus, dan Beda Potensial Maksimum dan Minimum Tiap Lintasan Pengukuran.....	42
6. Hasil Interpretasi Data Lintasan 1.....	46
7. Hasil Interpretasi Data Lintasan 2.....	50
8. Hasil Interpretasi Data Lintasan 3.....	54
9. Hasil Interpretasi Data Lintasan 4.....	58
10. Perbandingan Nilai <i>Error</i> Penelitian Ini dengan Penelitian Sebelumnya ..	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Garis <i>Equipotensial</i> yang Dihasilkan oleh Sumber Arus Satu Titik di Permukaan	18
2. Konfigurasi Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis	20
3. Bentuk Umum Konfigurasi Elektroda <i>Wenner</i> Survey Geolistrik	25
4. Peta Geologi Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok.....	29
5. Skema Kerangka Berfikir.....	30
6. Desain lintasan pengukuran.....	37
7. Penampang Model 2D Lintasan 1 dengan Topografi.....	44
8. Penampang Model 2D Lintasan 2 dengan Topografi.....	48
9. Penampang Model 2D Lintasan 3 dengan Topografi.....	52
10. Penampang Model 2D Lintasan 4 dengan Topografi.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Lintasan 1.....	69
2. Data Lintasan 2.....	70
3. Data Lintasan 3.....	71
4. Data Lintasan 4.....	72
5. Dokumentasi.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok bertopografi gelombang dan lereng berpotensi rawan terhadap gerakan tanah. Kabupaten Solok merupakan daerah yang rawan terhadap gerakan tanah, dimana saat musim penghujan sering terjadi bencana longsor. Longsor pernah terjadi di daerah Jorong Koto Baru pada tahun 2006 mengakibatkan korban jiwa sebanyak 18 orang dan banyak kerugian harta benda (Bappeda Kab. Solok). Daerah ini kembali longsor tahun 2015 yang mengakibatkan banyak kerugian yang dialami masyarakat. Menurut (Tim Geologi Dinas ESDM Sumbar, 2015) “Longsor yang terjadi 2015 di Jorong Koto Baru mengakibatkan kerugian harta benda dan kerusakan lahan pertanian”. Kerugian akibat longsor di Jorong Koto Baru seharusnya dapat diminimalisir dengan mempelajari penyebab dan gejala akan terjadi longsor di daerah ini.

Longsor terjadi akibat pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam. Gerakan tanah disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kondisi alam dan aktivitas manusia. Faktor alam yang menjadi penyebab longsor yaitu curah hujan yang tinggi, lereng terjal, tanah yang kurang padat, batuan yang kurang kuat serta adanya gangguan kestabilan lereng yang dipengaruhi kondisi batuan penyusunnya. Aktivitas manusia menjadi penyebab longsor yaitu penggunaan lahan yang tidak teratur seperti pembuatan areal

persawahan dan perkebunan pada lereng terjal dan penebangan hutan yang tidak terkontrol. Daerah penelitian berupa lereng yang dimanfaatkan oleh masyarakat Jorong Koto Baru sebagai lahan persawahan, perkebunan dan pemukiman. Menurut Tim Geologi Dinas ESDM Sumbar (2015), "Lereng sekitar bencana longsor memiliki beberapa kondisi yaitu lereng pada bagian tengah dan kaki lereng berupa areal persawahan dan perkebunan warga, lereng pada bagian atas berupa semak belukar, lereng bagian tengah berupa kebun campuran dan persawahan warga dan bagian kaki lereng serta lembah dijadikan daerah persawahan dan tempat pemukiman warga". Aktivitas yang dilakukan masyarakat di daerah Jorong Koto Baru dapat menimbulkan gerakan tanah.

Gerakan tanah terjadi akibat penggunaan lereng terjal untuk lahan perkebunan. Menurut Ageng (2014) "Gerakan tanah dapat disebabkan oleh aktivitas manusia yaitu penggunaan lahan yang tidak teratur seperti pembuatan areal persawahan pada lereng yang terjal, pemotongan lereng yang terlalu curam, dan penebangan hutan yang tidak terkontrol". Upaya yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi dan meminimalisir kerugian yang ditimbulkan oleh bencana longsor adalah mengetahui kondisi batuan penyusun lereng. Informasi ini memberikan gambaran mengenai kondisi dan kestabilan lereng serta dibutuhkan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan langkah selanjutnya dalam mitigasi bencana longsor di daerah tersebut. Informasi mengenai kondisi batuan penyusun lereng didapatkan dengan mengetahui struktur batuan.

Struktur batuan menentukan kondisi bawah permukaan bumi. Struktur batuan dapat digunakan untuk keperluan survey Geologi seperti mengidentifikasi patahan bawah permukaan bumi dan menentukan kestabilan batuan penyusun bawah permukaan bumi. Struktur batuan juga dibutuhkan dalam eksplorasi air tanah dan panas bumi serta dibutuhkan dalam perencanaan pondasi bangunan. Menurut Akmam dan Nofi (2013), “Struktur batuan bawah permukaan bumi dibutuhkan dalam perencanaan pondasi bangunan sehingga dapat meminimalisasi resiko terhadap kerusakan akibat gempa dan gerakan tanah. Struktur batuan yang menyebabkan gerakan tanah yaitu struktur batuan yang tidak stabil di daerah lereng. Struktur batuan yang tidak stabil ditandai dengan lapisan bawah permukaan yang tersusun atas lapisan kedap air dan lapuk. Menurut Wahid (2011) “Struktur batuan yang tidak stabil adalah lapisan bawah permukaan yang tersusun dari lapisan batuan lapuk yang menghasilkan mineral lempung”. Batu lempung sensitif menyerap air dan mudah menjadi lapuk sehingga rawan terjadinya gerakan tanah. Informasi mengenai struktur perlapisan batuan bawah permukaan didapat dengan mengetahui jenis batuan dan kedalamannya.

Daerah Jorong Koto Baru pernah diteliti oleh Hisni Rahmi (2015) dan Nurhidayati (2015). Penelitian mengenai jenis mineral dilakukan oleh Hisni Rahmi (2015) menggunakan metoda geolistrik *Induced Polarization* (IP) dan metoda inversi *Smoothnes- Constraint Least Squares*, sedangkan Nurhidayati (2015) meneliti mengenai investigasi bidang gelincir menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger*. Kedua peneliti secara

tidak langsung sudah mengidentifikasi struktur batuan di bawah permukaan Jorong Koto Baru. Penelitian yang telah dilakukan belum fokus dalam menentukan dan menganalisis struktur batuan tiap lapisan bawah permukaan serta metoda pengukuran serta konfigurasi yang digunakan kurang tepat ditinjau dari segi resolusi data yang diperoleh, karena penelitian yang telah dilakukan menggunakan metoda geolistrik *Induced Polarization* (IP) menggunakan teknik pengukuran *Time Domain* dan konfigurasi *Schlumberger*.

Metoda IP dengan teknik pengukuran *Time Domain* kurang tepat digunakan untuk menentukan struktur batuan karena teknik pengukuran *Time Domain* merupakan pengukuran untuk mencari nilai *Chargeability* yang akan menghasilkan jenis mineral. Pengukuran *Time Domain* merupakan pengukuran untuk mencari nilai *Chargeability* yang menentukan jenis mineral bawah permukaan (Reynolds, 1997). Metoda IP bagus digunakan untuk eksplorasi logam dasar dan sebagian kecil digunakan dalam pencarian air tanah (Telford, 1990). Keunggulan metoda IP yaitu bagus digunakan untuk menentukan jenis mineral.

Konfigurasi *Schlumberger* memiliki kelemahan dalam tingkat sensitivitas terhadap pengaruh ketidakhomogenan material bawah permukaan bumi secara lateral. Konfigurasi *Schlumberger* kurang sensitif terhadap pengaruh ketidakhomogenan material di bawah permukaan bumi secara lateral (Reynolds, 1997). Kelemahan ini menyebabkan konfigurasi *Schlumberger* tidak cocok digunakan untuk mengidentifikasi struktur batuan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan metoda yang tepat dan konfigurasi yang memiliki sensitivitas lateral yang bagus untuk mengetahui struktur batuan di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok.

Struktur batuan akan dieksplorasi menggunakan metoda Geolistrik Tahanan Jenis. Metoda ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik ke bawah permukaan bumi melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial listrik yang ditimbulkan di permukaan bumi melalui elektroda potensial. Nilai tahanan jenis batuan dapat diketahui dari pengukuran arus listrik dan beda potensial, kemudian dari nilai tahanan jenis batuan untuk setiap lapisan dapat diduga jenis batumannya. Jenis batuan dan kedalaman batuan dapat menentukan struktur batuan bawah permukaan daerah penelitian.

Metoda Geolistrik merupakan metoda Geofisika yang populer dan sering digunakan dalam survey Geologi dan eksplorasi karena biaya yang diperlukan tidak mahal, pengambilan data cepat dan mudah. Metoda Geolistrik dapat menunjukkan gambaran penampang bawah permukaan bumi berdasarkan distribusi resistivitas batuan. Metode Geolistrik memiliki banyak konfigurasi salah satunya adalah konfigurasi konfigurasi *Wenner*. Konfigurasi *Wenner* sangat sensitif dalam mendeteksi ketidakhomogenan lapisan bawah permukaan bumi secara lateral. Konfigurasi *Wenner* mempunyai keunggulan dalam tingkat sensitivitas terhadap pengaruh ketidakhomogenan material di bawah permukaan bumi secara lateral, memiliki resolusi vertikal yang bagus serta dapat menentukan variasi nilai

tahanan jenis secara horizontal (Reynolds, 1997). Berdasarkan kelebihan konfigurasi *Wenner* yang telah dijelaskan maka konfigurasi *Wenner* lebih cocok digunakan untuk menggambarkan struktur batuan.

Interpretasi data akan dilakukan menggunakan metoda inversi untuk mendapatkan model penampang 2D. Metode inversi yang akan digunakan adalah metoda inversi *Robust Constraint*. Inversi *Robust Constraint* memberikan hasil yang baik dalam menggambarkan model resistivitas pada daerah yang memiliki batas lapisan yang tajam dibandingkan Inversi *Least Square* (Loke, 2004:50). Metode Inversi *Robust Constraint* baik digunakan untuk menghasilkan pencitraan lapisan geologi bawah permukaan bumi yang terdiri dari sejumlah daerah dengan batas lapisan yang tajam antar daerah yang lapisannya berbeda sehingga meningkatkan keakuratan interpretasi data penelitian.

Penelitian dilanjutkan untuk menentukan struktur batuan menggunakan konfigurasi *Wenner* dengan inversi *Robust Constraint* dan dibantu dengan pemodelan 2D. Penelitian yang akan dilakukan berjudul “Penyelidikan Struktur Batuan Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Wenner* Inversi *Robust Constraint* di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok”. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai struktur batuan di daerah Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan pemerintahan setempat untuk mengantisipasi segala resiko dan meminimalisir kerugian yang dapat ditimbulkan oleh bencana longsor.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan terdapat beberapa identifikasi masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Jorong Koto Baru merupakan daerah rawan longsor.
2. Struktur batuan yang ada di Jorong Koto Baru belum diidentifikasi dan dianalisis secara detail.
3. Struktur batuan dibutuhkan dalam menentukan kestabilan batuan penyusun bawah permukaan bumi.
4. Penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok berorientasi terhadap kedalaman dibawah permukaan, sedangkan kondisi geologi daerah secara lateral dan vertikal belum diidentifikasi.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana struktur batuan lapisan bawah permukaan di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok bila dianalisa menggunakan metoda Geolistrik Tahanan Jenis konfigurasi *Wenner* dengan Inversi *Robust Constraint* ?

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan maka terdapat pertanyaan pada penelitian ini yaitu bagaimana struktur batuan lapisan bawah permukaan di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok bila dianalisa

menggunakan metoda Geolistrik Tahanan Jenis konfigurasi *Wenner* dengan Inversi *Robust Constraint*.

E. Tujuan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan dapat menjawab pertanyaan penelitian yang telah diuraikan maka ditetapkan tujuan penelitian ini yaitu mengetahui struktur batuan lapisan bawah permukaan di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok menggunakan metoda Geolistrik Tahanan Jenis konfigurasi *Wenner* dengan Inversi *Robust Constraint*.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kontribusi yaitu bagi :

1. Pemerintah Kabupaten Solok dalam mengetahui jenis dan struktur batuan di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok.
2. Penulis dalam memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika FMIPA UNP.
3. Peneliti selanjutnya dalam melakukan penelitian mengenai struktur batuan di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok.

BAB II

KAJIAN TEORITIS

A. Batuan

Batuan adalah zat padat yang terdiri dari kumpulan satu atau beberapa mineral. Menurut Price (2005), “Batuan merupakan gabungan beberapa zat yang terjadi secara alami, dapat terdiri dari mineral, potongan batu lainnya serta bahan-bahan fosil seperti kerang atau tanaman”. Kebanyakan batuan merupakan campuran mineral yang bergabung secara fisik satu sama lain. Mineral-mineral pembentuk batuan dapat dijadikan acuan untuk mengenal jenis batuan.

Batuan terbentuk sejak awal sejarah bumi dan masih terbentuk hingga sekarang. Batuan terbentuk dari pembekuan magma panas yang keluar dari dapur magma dan mengeras karena pendinginan. Magma merupakan campuran yang kompleks dengan penyusun utamanya adalah Silica (SiO_2). Magma adalah campuran yang mempunyai temperatur tinggi dan mempunyai kemampuan untuk mengalir. Magma yang keluar dari dapur magma ke permukaan bumi mengalami proses pembekuan membentuk batuan.

Batuan yang dihasilkan dari proses pendinginan magma disebut batuan beku. Menurut Djauhari (2012), “Pada awalnya seluruh bagian bumi terdiri dari batuan beku. Seiring dengan perjalanan waktu serta pengaruh lingkungan, terjadilah perubahan-perubahan pada batuan beku yang membentuk kelompok-kelompok batuan yang lainnya”. Batuan beku yang

terdapat dipermukaan bumi akan bersentuhan dengan atmosfer dan hidrosfer yang menyebabkan berlangsungnya proses pelapukan. Pelapukan yang terjadi pada batuan Beku akan membentuk jenis batuan baru yang disebut batuan Sedimen. Batuan Sedimen mengalami perubahan temperatur dan tekanan agar sesuai dengan lingkungan yang baru dan terbentuk batuan Metamorf. Berdasarkan kejadian atau cara terbentuknya, batuan dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu:

1. Batuan Beku

Batuan Beku merupakan batuan yang terbentuk akibat pendinginan dan pembekuan magma yang terjadi di bawah permukaan bumi maupun di permukaan bumi. Menurut Geoffrey (2014) "Batuan Beku terbentuk dari pendinginan dan pembekuan magma yang disebabkan oleh penurunan suhu, peningkatan tekanan atau perubahan komposisi". Magma dapat berasal dari batuan setengah cair atau batuan yang sudah ada baik yang ada di mantel atau yang ada di kerak bumi. Batuan Beku disebut dengan batuan induk karena batuan Beku merupakan fase awal terbentuknya batuan lain. Menurut Ighrakpata *et al* (2012) "Batuan Beku merupakan salah satu dari tiga jenis batuan utama yang terbentuk dari pemadatan atau pendinginan magma baik dengan proses kristalisasi maupun tanpa proses kristalisasi". Berdasarkan pernyataan di atas dapat diketahui bahwa batuan Beku berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Batuan Beku dapat dibedakan berdasarkan tempat terbentuknya yaitu batuan Beku Intrusif dan batuan Beku Ekstrusif. Batuan Beku yang

terbentuk di bawah permukaan disebut sebagai batuan Intrusif (*Plutonik*), sedangkan batuan Beku yang terbentuk di atas permukaan disebut batuan Ekstrusif (*Vulkanik*). Beberapa contoh batuan Beku antara lain: *Basalt*, *Andesit*, *Granit*, *Flespar*, Kuarsa dan Breksi Vulkanik.

2. Batuan Sedimen

Batuan sedimen merupakan batuan yang terbentuk akibat pengendapan material yang berasal dari pecahan, bongkahan batuan yang hancur karena proses alam. Menurut Stephen (2015) "Batuan Sedimen terbentuk dari perombakan batuan Metamorf dan batuan Beku akibat proses pelapukan, erosi, transportasi dan diagenesis". Proses diagenesis batuan Sedimen terbentuk dari fragmen yang berasal dari batuan lainnya dimana diagenesis terjadi saat endapan batuan berubah menjadi batuan Sedimen. Contoh dari batuan Sedimen adalah Lempung, *Tufa*, *Limestone*, *Sandstone* dan lain-lain.

3. Batuan Metamorf

Batuan Metamorf merupakan batuan yang terbentuk dari hasil transformasi akibat perubahan yang terjadi akibat pengaruh tekanan dan temperatur yang cukup tinggi pada batuan Beku dan batuan Sedimen, sehingga terjadi perubahan fisik dan komposisi mineralnya. Menurut Ighrakpata (2012) "Batuan Metamorf merupakan batuan yang terbentuk dari hasil transformasi batuan yang sudah ada yang dihasilkan dari proses metamorfosis". Metamorfosis adalah perubahan batuan, sepanjang

batuan tersebut tidak hancur dan tidak berubah menjadi cair. Batuan Metamorf terbentuk dari batuan-batuan sebelumnya yang berubah agar sesuai dengan keadaan lingkungan yang baru. Contoh dari batuan Metamorf adalah *Marmmer*, *Seksis*, *Kuarsit* dan *Slate*.

B. Struktur Batuan

Struktur batuan merupakan penentu kestabilan kekompakan batuan dan kondisi batuan penyusun lapisan bawah permukaan. Struktur batuan yang dapat menimbulkan gerakan tanah adalah struktur batuan yang tidak stabil di daerah lereng. Menurut Wahid (2011) “Struktur batuan yang tidak stabil adalah lapisan bawah permukaan yang tersusun dari lapisan batuan lapuk yang menghasilkan mineral lempung”. Struktur batuan penyusun lereng dapat ditentukan dengan mengetahui jenis batuan dan kedalaman batuan dari setiap lapisan batuan.

Jenis batuan dan kedalaman setiap lapisan batuan menjadi penentu kestabilan struktur batuan. Struktur batuan pemicu longsor ditandai dengan adanya lapisan batuan lapuk beselingan dengan lapisan batuan keras (Colangelo, 2008). Lapisan batuan lapuk yang diikuti lapisan batuan keras merupakan struktur batuan pemicu longsor. Struktur batuan di suatu daerah berbeda dengan daerah lainnya. Jenis batuan dan kedalaman lapisan batuan di suatu daerah diperlukan untuk penggambaran struktur batuan.

C. Tahanan Jenis Batuan

Tahanan jenis batuan berbeda beda tergantung dari materialnya. Menurut Telford et al, (1990) "Batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan kemampuan dalam menghantarkan arus listrik yaitu: Konduktor, Semikonduktor dan Isolator". Konduktor adalah material yang bisa menghantarkan arus listrik karena banyak memiliki elektron bebas. Isolator adalah material yang tidak dapat menghantarkan arus listrik karena tidak memiliki elektron bebas. Semikonduktor adalah material yang dapat menghantarkan arus listrik, namun tidak sebaik konduktor.

Aliran arus listrik dalam material dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik (Telford et al, 1990). Konduksi secara elektronik terjadi pada batuan yang memiliki banyak elektron bebas, sehingga arus listrik dialirkan pada batuan atau mineral oleh elektron bebas. Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan atau mineral bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida seperti air. Konduksi dielektrik terjadi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak sama sekali. Namun karena adanya pengaruh dari medan listrik luar, elektron dalam bahan akan mengalami pengutuban (polarisasi).

Aliran arus pada sebuah medium dapat dijelaskan menggunakan Hukum Ohm, dimana hubungan antara rapat arus J (A/m^2) dengan kuat medan listrik E adalah

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

dimana σ adalah daya hantar listrik (Ω^{-1}). Jika besar kuat medan listrik,

$E = \frac{V}{L}$ maka diperoleh $J = \sigma \frac{V}{L}$, sehingga kuat arus dapat ditulis

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

Persamaan (2) memperlihatkan bahwa saat daya hantar listrik σ konstan, arus total I sebanding dengan beda potensial V . Perbandingan antara V dengan I pada konduktor disebut resistansi R yang secara matematis dapat ditulis

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

Hubungan resistansi R (Ω) dengan daya hantar listrik σ (Ω^{-1}) pada suatu logam konduktor dinyatakan dengan menggunakan Persamaan (4) berikut.

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

Persamaan (4) menyatakan kemampuan suatu benda dalam menghantarkan arus listrik berkurang apabila hambatan listrik terhadap aliran-aliran elektron besar, sehingga arus listrik sulit untuk mengalir. Besarnya daya hantar listrik selain dipengaruhi oleh besarnya resistansi suatu bahan juga dipengaruhi oleh luas penampang dan panjang bahan tersebut.

Hubungan tahanan jenis $\rho(\Omega m)$ dengan daya hantar listrik $\sigma(\Omega^{-1})$ 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.

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

Berdasarkan Persamaan (7) di atas dapat dilihat hubungan tahanan jenis dengan kuat arus listrik. Kuat arus listrik yang mengalir pada suatu bahan tergantung pada tahanan jenis suatu benda. Semakin besar harga tahanan jenis suatu material maka akan semakin sulit untuk mengalirkan arus listrik. Sebaliknya, semakin kecil harga tahanan jenis suatu material maka akan semakin mudah untuk mengalirkan arus listrik. Hal ini 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. Tahanan jenis setiap batuan berbeda-beda. Tabel 1 menunjukkan nilai tahanan jenis batuan beku dan batuan metamorf, sedangkan Tabel 2 menunjukkan nilai tahanan jenis batuan sedimen.

Tabel 1. Tahanan Jenis Batuan Beku

Batuan	Resistivitas (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>Granite</i>	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
<i>Porphyrite</i>	$3 \times 10^2 - 10^6$
<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) – $1,7 \times 10^5$ (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) - 6×10^7 (kering)
<i>Schists</i>	$20 - 10^4$
	2×10^3 (basah) – 10^5 (kering)
<i>Tuffs</i>	$10 - 10^2$
<i>Graphite schists</i>	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
<i>Slate (various)</i>	$6,8 \times 10^4$ (basah) - 3×10^6 (kering)
<i>Gneiss (various)</i>	$10^2 - 2,5 \times 10^8$ (kering)
<i>Marmar</i>	$2,5 \times 10^2$ (basah) – $2,5 \times 10^8$ (kering)
<i>Skarn</i>	$10 - 2 \times 10^8$
<i>Quartzites (various)</i>	

(Sumber : Telford dkk, 1990: 290)

Tabel 2. Tahanan Jenis Batuan Sedimen

Batuan	Resistivitas (Ωm)
<i>Consolidated shales (serpihan gabungan)</i>	20 - 2×10^3
<i>Argillites</i>	10 - 8×10^2
<i>Konglomerat</i>	2×10^3 - 10^4
<i>Batu pasir (Sandstone)</i>	1 - $6,4 \times 10^8$
<i>Batu gamping (Limestone)</i>	50 - 10^7
<i>Dolomite</i>	$3,5 \times 10^2$ - 5×10^3
<i>Unconsolidated wet clay (lempung basah tidak bergabung)</i>	20
<i>Marls</i>	3 - 70
<i>Lempung (Clay)</i>	1 - 100
<i>Alluvium dan pasir</i>	10 - 800
<i>Oil sands</i>	4 - 800

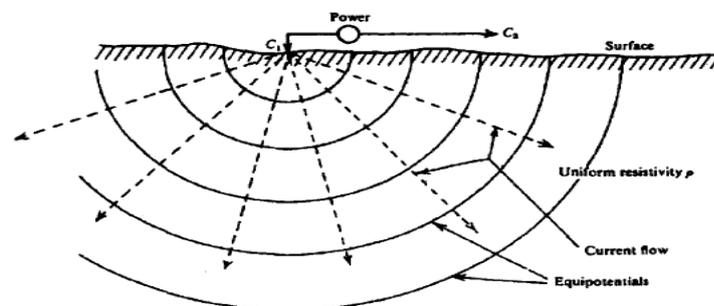
(Sumber : Telford dkk, 1990: 290)

D. Metoda Geolistrik Tahanan Jenis

Metoda Geolistrik Tahanan Jenis merupakan metoda yang mempelajari sifat arus listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi yang didasari oleh hukum Ohm. Menurut Akmam 2015 “Metoda Geolistrik Tahanan Jenis digunakan untuk survey kebumihan dan eksplorasi kebumihan khususnya dengan mendeteksi tahanan jenis batuan daerah penelitian”. Geolistrik merupakan metode pengukuran nilai resistivitas yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi, dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi, dengan mengukur beda potensial serta arus yang terjadi dan dikaitkan dengan jenis konfigurasi elektroda yang dipakai akhirnya diperoleh nilai resistivitas per lapisan batuan di bawah permukaan (Wahid : 2007). Pada Metoda Geolistrik Tahanan Jenis, arus diinjeksikan ke tanah dan beda potensial yang dihasilkan diukur di permukaan. Tahanan

jenis dari batuan di bawah permukaan bumi dipelajari dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus, kemudian beda potensial yang dihasilkan diukur melalui dua buah elektroda lainnya (Akman dan Nofi, 2013). Tujuan pengukuran dengan metode Geolistrik adalah untuk mengetahui jenis batuan perlapisan berdasarkan distribusi nilai tahanan jenis pada tiap lapisan. Nilai tahanan jenis tiap lapisan dapat diketahui dengan cara mempelajari besarnya kuat arus yang diinjeksikan melalui dua elektroda arus dan besarnya beda potensial yang dapat terukur pada elektroda potensial.

Metode Geolistrik Tahanan Jenis didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Apabila terdapat titik sumber arus di permukaan bumi, arus akan mengalir ke segala arah di permukaan bumi, karena udara memiliki tahanan jenis yang sangat besar menyebabkan arus tidak dapat mengalir ke udara. Hal ini menyebabkan sebaran aliran arus hanya ke bawah permukaan bumi dengan *equipotensial* berbentuk setengah bola seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Garis *Equipotensial* yang Dihasilkan oleh Sumber Arus Satu Titik di Permukaan (Reynolds, 1997)

Medium homogen isotropis dengan luas A (m^2) dilalui oleh arus listrik I (Ampere) maka rapat arus J (A/m^2) dapat dihitung dengan mensubstitusikan Persamaan (5) pada Persamaan (1), maka didapatkan hubungan rapat arus J (A/m^2) dengan tahanan jenis (ρ) sebagai berikut.

$$J = \frac{E}{\rho} \quad (8)$$

Medan listrik E merupakan beda potensial antara kedua titik yang diinjeksikan arus listrik sehingga dirumuskan dalam Persamaan (9).

$$E = -\nabla V = -\frac{dV}{dr} \quad (9)$$

Hubungan antara gradien potensial dengan tahanan jenis dan kerapatan arus didapat dengan mensubstitusikan Persamaan (8) ke Persamaan (9) yang dinyatakan dengan Persamaan (10) berikut.

$$\frac{dV}{dr} = -J\rho \quad (10)$$

Hubungan antara gradien potensial dengan luas permukaan dan arus listrik didapat dengan mensubstitusikan Persamaan (2) ke Persamaan (10) yang dinyatakan oleh Persamaan (11) berikut.

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

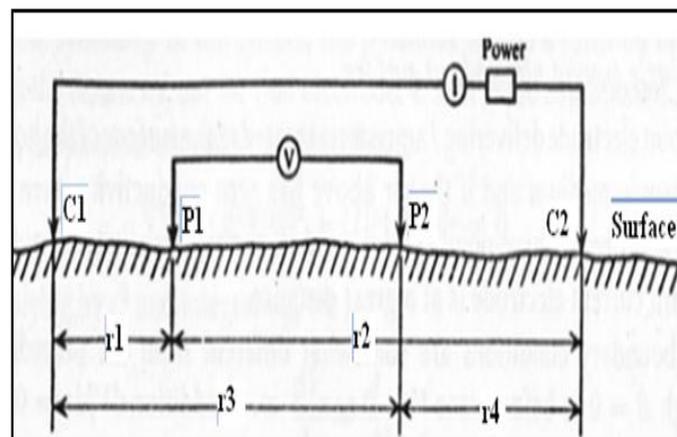
dimana $A=2\pi r^2$, karena luas permukaan distribusi arus membentuk setengah bola, sehingga beda potensial dV yang terjadi pada elemen jarak dr oleh sumber arus I adalah sebagai berikut.

$$dV = -\rho \frac{I}{2\pi r^2} \quad (12)$$

Harga potensial pada titik yang berjarak r dari sumber dapat dihitung dengan mengintergralkan Persamaan (12), sehingga didapatkan:

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (13)$$

Metode Geolistrik pada dasarnya terdiri dari dua elektroda arus dan dua elektroda potensial seperti terlihat pada Gambar 2. Perbedaan potensial dipermukaan bumi akan terjadi apabila arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi.



Gambar 2. Konfigurasi Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis (Telford *et al*, 1990:524)

Gambar 2 menunjukkan susunan pasangan elektroda 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 :

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_1} \quad (14)$$

Sama halnya dengan potensial oleh C_1 dan P_1 potensial yang disebabkan oleh C_2 pada P_1 adalah :

$$V_2 = -\frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_2} \quad (15)$$

Tanda negatif pada potensial V_2 disebabkan karena arus pada C_2 sama dengan arus pada C_1 , tapi berlawanan arah. Sehingga diperoleh :

$$V_{P1} = V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (16)$$

Potensial yang disebabkan oleh C_1 dengan P_2 adalah

$$V_3 = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_3} \quad (17)$$

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

$$V_4 = -\frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_4} \quad (18)$$

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

$$V_{P2} = V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (19)$$

Persamaan (16) dan Persamaan (19) dapat diketahui perbedaan potensial

ΔV antara P_1 dan P_2 , yaitu:

$$\Delta V = V_{P_1} - V_{P_2}$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (20)$$

Nilai tahanan jenis didapatkan sebagai berikut.

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

sehingga

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (22)$$

dimana

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (23)$$

K merupakan faktor geometri dari susunan elektroda, yang harganya berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda-elektroda.

E. Konfigurasi Wenner

Tahanan jenis yang terukur sewaktu pengukuran bukanlah tahanan jenis sesungguhnya melainkan tahanan jenis semu. Menurut Akmam (2004: 596), “Secara umum tahanan jenis bumi tidak homogen, berarti tahanan jenis yang terhitung adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity*, ρ_o)”. Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis medium, namun tahanan jenis semu mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium. Hal

ini disebabkan karena bumi merupakan medium non homogen yang terdiri dari banyak lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi potensial listrik yang terukur.

Salah satu susunan elektroda yang umum digunakan dalam pengukuran resistivitas adalah konfigurasi *Wenner*. Konfigurasi *Wenner* diperkenalkan oleh *Wenner* pada tahun 1915. Menurut Akmam (2012), “Susunan elektroda konfigurasi *Wenner* mirip dengan susunan elektroda konfigurasi *Schlumberger*, akan tetapi jarak elektroda pada konfigurasi *Wenner* sama panjang”. Konfigurasi *Wenner* menggunakan empat elektroda yaitu elektroda arus dan elektroda potensial dengan susunan jarak antar elektroda sama panjang. Menurut Syufi dkk (2014), “Konfigurasi *Wenner* tersusun atas dua elektroda arus dan dua elektroda potensial dengan jarak antar elektroda sama panjang”. Konfigurasi *Wenner* memiliki beberapa keunggulan dari konfigurasi lain pada pengukuran metoda Geolistrik. Keunggulan dari konfigurasi *Wenner* adalah ketelitian pada pembacaan tegangan pada elektroda potensial, memiliki resolusi vertikal yang tinggi, dan jarak spasi elektroda tetap serta sensitif untuk perubahan lateral lapisan yang tidak homogen. Keunggulan konfigurasi *Wenner* dibanding konfigurasi lain pada metoda geolistrik dijelaskan oleh Reynolds pada Tabel 3.

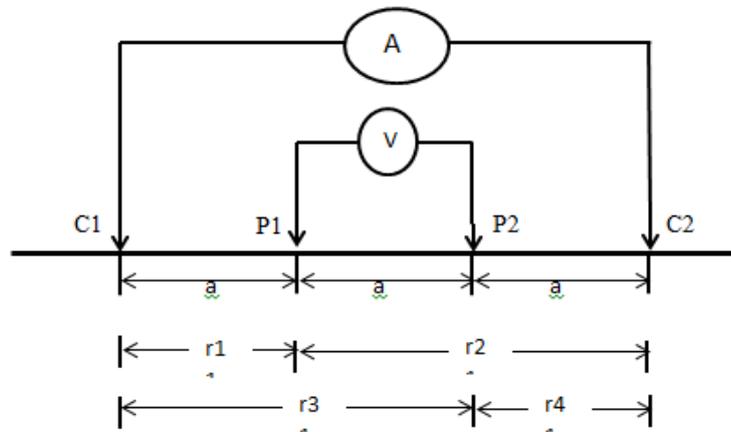
Tabel 3. Perbandingan konfigurasi Dipole-dipole, Schlumberger, Square dan Wenner.

Criteria	Wenner	Schlumberger	Dipole-dipole	Square
Vertical resolution	∨∨∨	∨∨	∨	∨∨
Depth penetration	∨	∨∨	∨∨∨	∨∨
Suitability to VES	∨∨	∨∨∨	∨	<i>x</i>
Suitability to CST	∨∨∨	<i>x</i>	∨∨∨	∨∨∨
Sensitivity to orientation	Yes	Yes	Moderate	No
Sensitivity to lateral inhomogeneities	High	Moderate	Moderate	Low
Labour intensive	Yes	Moderate	Moderate	Yes
Availability of interpretational aids	∨∨∨	∨∨∨	∨∨	∨

Keterangan : ∨ = poor, ∨∨ = Modearte, ∨∨∨ = Good, *x* = Unsuitable (Reynolds, 1997: 433)

Tabel 3 memperlihatkan perbandingan konfigurasi *Dipole-dipole*, *Schlumberger*, *Square* dan *Wenner*. Konfigurasi *Wenner* memiliki resolusi vertikal yang bagus dibandingkan konfigurasi *Dipole-dipole*, *Schlumberger* dan *Square*. Dibanding konfigurasi *Dipole-dipole*, *Schlumberger* dan *Square* konfigurasi *Wenner* kurang bagus dalam penetrasi kedalaman. Konfigurasi *Wenner* sangat sensitif dalam mendeteksi ketidakhomogenan lapisan bawah permukaan bumi secara lateral. Konfigurasi *Wenner*, *Dipole-dipole* dan *Square* memiliki pengukuran CST yang bagus dibanding konfigurasi *Schlumberger*.

Gambar susunan elektroda konfigurasi Wenner ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk Umum Konfigurasi Elektroda *Wenner* Survey Geolistrik

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

karena $r_1 = a$, $r_2 = 2a$, $r_3 = a$, $r_4 = 2a$, Maka:

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right)} \quad (24)$$

$$K = 2\pi a$$

Berdasarkan Persamaan (22) dengan demikian rumusan tahanan jenis material bawah permukaan bumi untuk konfigurasi *Wenner* adalah:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (25)$$

F. Metoda Inversi Robust Constraint

Data lapangan yang diperoleh saat pengukuran Geolistrik dilapangan mengandung informasi mengenai sifat-sifat fisis batuan. Informasi ini dapat diterjemahkan melalui persamaan Matematika untuk mengetahui sifat yang

sebenarnya dari batuan. Persamaan Matematika tersebut mengestimasi sifat fisis batuan yang belum diketahui melalui proses inversi. Menurut Supriyanto (2007), “Proses inversi merupakan proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian Matematika dan Statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan bumi”. Inversi dalam dunia Geofisika merupakan teknik untuk mencari sebuah model yang memberikan respon yang sama dengan nilai sebenarnya (Loke, 2004). Hal ini menunjukkan bahwa metode Inversi dapat menerjemahkan parameter Geofisika yang didapat saat pengukuran sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, seperti jenis batuan bawah permukaan bumi.

Berdasarkan nilai kuat arus, beda potensial, dan spasi elektroda yang didapatkan pada saat pengukuran, dapat diketahui nilai tahanan jenis semu menggunakan Persamaan (25). Distribusi nilai tahanan jenis semu diestimasi menjadi nilai tahanan jenis sesungguhnya dengan menggunakan metode Inversi. Metode Inversi umumnya tidak menghasilkan solusi yang unik, dimana perubahan sedikit dalam data menyebabkan perubahan besar dalam model (Akmam dan Nofi, 2013). Hal ini dapat menyebabkan kesalahan dalam interpretasi parameter. Menurut Hendra (2009: 8), “ketidakunikkan solusi tercemin dalam fenomena yang disebut ekivalensi dimana kombinasi tahanan jenis ketebalan lapisan yang berbeda dapat menghasilkan data kurva *sounding* (resistivitas semu sebagai fungsi spasi elektroda) yang sama atau hampir sama”. Nilai tahanan jenis semu yang didapatkan menjadi input pada proses

inversi, sehingga dari nilai tahanan jenis semu ini didapatkan nilai tahanan jenis yang sebenarnya dan ketebalan lapisan batuan.

Fungsi pemodelan pada metode Geolistrik diformulasikan sebagai persamaan integral Hankel yang menyatakan tahanan jenis semu ρ_a sebagai fungsi dari tahanan jenis dan ketebalan (ρ_k, h_k) tiap lapisan, dimana $k=1,2,..n$ dan n adalah jumlah lapisan (Hendra, 2009 : 142).

$$\rho_a = s^2 \int_0^{\infty} T(\lambda) J_1(\lambda s) \lambda d\lambda \quad (26)$$

s adalah setengah jarak elektroda arus atau $3a/2$ (Gambar 3), J_1 adalah fungsi *Bessel* orde-1, dan $T(\lambda)$ adalah fungsi transformasi tahanan jenis yang dinyatakan oleh formulasi Pekeris (Koefoed dalam Hendra, 2009 : 142).

$$T_k \lambda = \frac{T_{k+1}(\lambda) + \rho_k \tanh(\lambda h_k)}{1 + T_{k+1} \left(\frac{\lambda h_k}{\rho_k} \right)}; k = n-1, \dots, 1 \quad (27)$$

Perhitungan Persamaan (26) dapat dilakukan dengan metode filter linear yang secara umum dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$\rho_a = \sum_k T_k(\lambda) f_k \quad (28)$$

Menurut Koefoed (Hendra, 2009) f_k merupakan harga koefisien filter linear yang diturunkan oleh Ghosh. Menurut Akmam (2012) “Persamaan (28) memperlihatkan hubungan antara tahanan jenis semu ρ_a dengan parameter model tahanan jenis dan ketebalan lapisan (ρ_k, h_k) adalah sangat tidak linear, sehingga dibutuhkan solusi inversi non-linear”. Solusi ini bertujuan untuk mengestimasi tahanan jenis semu menjadi tahanan jenis

sesungguhnya. Loke (2004:50) menyatakan persamaan Inversi *Robust Constraint* seperti Persamaan (29).

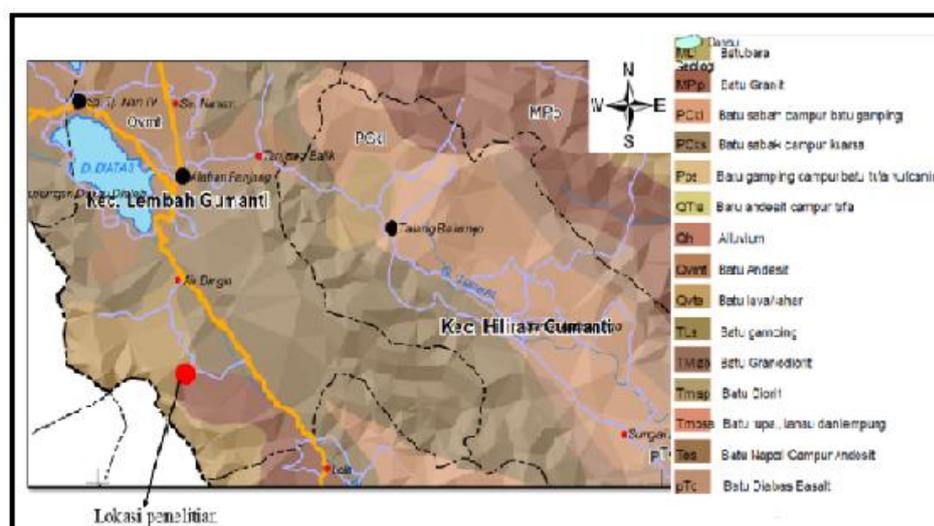
$$(J^T J + \lambda F_R) \Delta q = J^T R_d g - \lambda F_R q \quad (29)$$

dimana R_d adalah matriks pembobot untuk mempertajam batasan antar lapisan, J merupakan matrik *Jacobian* dari turunan parsial, λ adalah faktor damping yang berfungsi untuk mempercepat proses konvergensi, Δq adalah vektor perubahan parameter model dan g merupakan vektor *discrepancy*. Vektor *discrepancy* g merupakan vektor ketidakcocokan hasil pengukuran dengan model atau vektor perbedaan antara nilai-nilai tahanan jenis pengukuran dan perhitungan.

Besarnya vektor ini sering diberikan sebagai nilai RMS (*root mean-square*). Vektor perturbasi Δq adalah perubahan nilai resistivitas model yang dihitung. Menurut Akmam (2015) "Inversi *Robust Constraint* dapat digunakan untuk mengurangi kesalahan dalam interpretasi parameter". Inversi *Robust Constraint* dapat membatasi dan meminimalkan perubahan mutlak pada nilai tahanan jenis dan dapat meminimalkan efek outlier dalam data pada model inversi. Pengurangan efek outlier akan mempertajam pencitraan data dan memudahkan dalam interpretasi data. Penggunaan nilai *constraint* yang mendekati nol pada inversi suatu data juga akan mengurangi efek outlier pada pengolahan data. Inversi *constraint* menghasilkan model antar muka yang tajam antara daerah yang berbeda dengan nilai tahanan jenisnya berbeda.

G. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

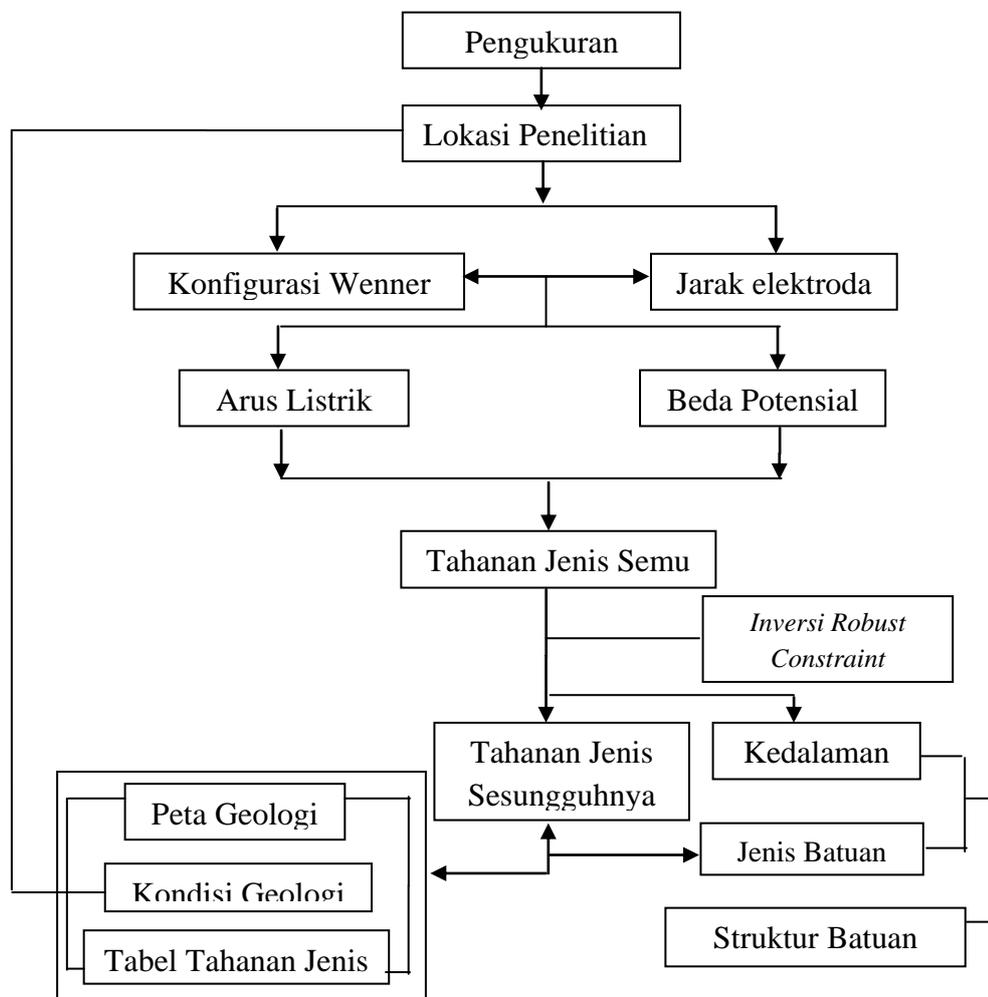
Daerah penelitian terletak di Nagari Aia Dingin termasuk daerah Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok. Peta kondisi Geologi Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa *Alluvium* tersebar pada wilayah bagian Selatan Kecamatan Lembah Gumanti, batu Gamping campur batuan Tufa Vulkanik tersebar di wilayah bagian Timur Kecamatan Lembah Gumanti, batuan Diorit tersebar di wilayah bagian Barat Kecamatan Lembah Gumanti, dan batuan Andesit tersebar di wilayah bagian Utara Kecamatan Lembah Gumanti. Pada lokasi penelitian batuan penyusun daerahnya yaitu *Alluvium*, batuan Gamping campur batuan Tufa Vulkanik dan *Clay*.



Gambar 4. Peta Geologi Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok (Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Solok, 2013)

H. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir dalam penelitian ini menggunakan metode Geolistrik Tahanan Jenis. Metode 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. Untuk penelitian ini menggunakan konfigurasi *Wenner* seperti pada Gambar 5



Gambar 5. Skema Kerangka Berfikir Penelitian

Gambar 5 memperlihatkan bahwa bumi sebagai lokasi survei. Apabila ke bawah bumi dialiri arus listrik dengan konfigurasi *Wenner*, maka beda potensial listrik akan terukur di permukaan bumi. Variabel bebas hasil pengukuran yang didapat pada metode ini adalah kuat arus, beda potensial dan spasi/jarak elektroda. Variabel bebas yang didapatkan pada saat pengukuran kemudian dihitung menggunakan Persamaan (22) sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu. Tahanan jenis semu yang diperoleh, kemudian diinterpretasikan menggunakan Inversi *Robust constraint*. Interpretasi data akan menghasilkan nilai tahanan jenis sebenarnya dan kedalaman lapisan batuan daerah penelitian, selanjutnya nilai tahanan jenis sebenarnya dibandingkan dengan tabel tahanan jenis yang sudah ada dan Geologi daerah penelitian, sehingga struktur batuan akan diperoleh dengan hubungan jenis batuan dan kedalaman batuan .

I. Penelitian yang relevan

Penelitian menggunakan metoda Geolistrik Tahanan Jenis telah banyak dilakukan oleh peneliti peneliti sebelumnya. Rahmi (2014) telah melakukan penelitian Geolistrik di Bukit Lantiak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis batuan dan struktur batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan. Rahmi menyimpulkan bahwa jenis batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan terdiri dari *Andesite* yang diselingi *Tufa*, *Clay*, *Sandstone*. Struktur penyusun lapisan bumi di Bukit

Lantiak sama yaitu: *Andesite*, *Clay*, *Sandstone* dan *Limestone* dengan kedalaman dan ketebalan yang bervariasi.

Nurhidayati (2015) telah melakukan penelitian di daerah Jorong Koto baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan bidang gelincir. Hasil penelitian Nurhidayati menyimpulkan bahwa bentuk bidang gelincir pemicu terjadinya tanah longsor di daerah tersebut berupa *Translation Slip*. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa Jorong Koto baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok terdiri dari beberapa jenis batuan yaitu *Alluvium and Sands*, *Sandstone*, *Clay*, *Limestone*, dan *Granite*.

Hisni Rahmi (2015) juga melakukan penelitian di daerah Jorong Koto baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok. Hasil penelitian Hisni Rahmi menyimpulkan bahwa Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok terdiri dari jenis mineral *Graphite Chalcopyrite*, *Copper*, dan *Galena*. Mineral *Graphite* ditemukan dengan ketebalan bervariasi. Mineral *Chalcopyrite* ditemukan dengan ketebalan 43,78 m dan 6,15 m. Mineral *Copper* ditemukan dengan ketebalan bervariasi yaitu 10,5 m, 15,42 m, 6,52 m, dan 40,1 m, sedangkan mineral *Galena* ditemukan dengan ketebalan bervariasi yaitu 2,78 m, 9,73 m, dan 4,35 m.

Akmam (2015) juga telah melakukan riset di Bukit Lantiak mengenai optimalisasi Metoda Inversi *Smoothness - Constrained Least - Squared* menggunakan Inversi *Occam's*. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa bidang gelincir di daerah penelitian 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*.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu hasil penelitian lanjutan mengenai struktur perlapisan batuan penyusun daerah Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok menggunakan konfigurasi *Wenner* metoda Geolistrik tahanan jenis inversi *Robust Constraint* terdiri dari lima jenis lapisan batuan yaitu: *Sandstone*, *Clay*, *Limestone*, *Granite* dan *Alluvium and Sands*. Lapisan *Sandstone*, *Limestone* dan *Clay* mendominasi lapisan penyusun bawah permukaan daerah penelitian.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan:

1. Hasil penelitian ini dapat direkomendasikan kepada Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Solok untuk mengantisipasi terjadinya bencana longsor di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin.
2. Batuan *Clay* adalah salah satu batuan yang mendominasi batuan di Jorong Koto Baru, *Clay* merupakan batuan lapuk dan mudah menjadi tanah sehingga rentang terhadap longsor untuk mengurangi resiko terjadinya bencana longsor perlu dilakukan reboisasi dengan tumbuhan

yang berakar panjang pada lereng Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin.

3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan metode yang berbeda sebagai perbandingan dengan hasil yang telah dicapai tentang struktur batuan salah satu pemicu terjadinya longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmam. Existensi of Spring in Batulimbak Village Simawang Kecamatan Rambatan Kabupaten Tanah Datar. Jurnal Prosiding Seminar PPD Forum HEDS 2004 Bidang MIPA ISBN 979-95726-7-3. Hlm 593-608. 2004.
- Akmam. 2012. *Penyelidikan Reservoir Panas Bumi Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Inversi 2-D Di Kenagarian Koto Anau Kabupaten Solok*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Negeri Medan, 2013. Hlm 17-22.
- Akmam dan Nofi Yendri Sudiar. 2013. *Analisis Struktur Batuan dengan Metoda Inversi Smoothness-Constrained Least-Squared Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013. Hlm 215-220.
- 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 Consfigation For Estimation Slip Surface*”. Jurnal ICOMSET ISBN 978-602-19877-3-5
- Bappeda Kabupaten Solok. *Rencana Pembangunan Daerah Kabupaten Solok 2009-2014*.
- Colangelo, Gerardo. *Et al.* 2008. *2D elctrical Resistivity Tomograpies for Investigating Recent Activation Landslides in Baslicata Region*. Annals of Geophysics, Vol. 51.
- Dinas ESDM Sumatera Barat. 2015. *Laporan Peninjauan Bencana Tanah Longsor Di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok*.
- Djauhari Noor. 2012. *Pengantar Geologi*. Fakultas Teknik: Universitas Pakuan
- Hendra Grandis. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Ighrakpata, Molua dan Igherighe. 2012. *Comparison of the Strenge of two Different Rock Samples*. Physics Departement, College of Education, Warri, Nigeria, Physics Departement, College of Education, Agbor, Nigeria.

- Hisni Rahmi. Akmam. Mahrizal. 2015. *Penyelidikan Jenis Mineral di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok dengan Metode Geolistrik Induced Polarization (Ip)*. Phylar of Phycics, Vol. 6. Oktober 2015.
- Jemmy Rohmana. Akmam. Mahrizal. 2015. *Identifikasi Jenis Batuan Menggunakan Inversi Marquardt Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-Dipole Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan*. Phylar of Phycics, Vol. 6. 2015, hlm 49-56.
- Kinasti, Mekar Ageng. 2014. *Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Gerakan Tanah Di Dusun Windusari, Desa Metawana, Kecamatan Pagentan Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah*. Jurnal Ilmiah MTG, Vo.7, no. 1, Januari 2014.
- Loke, M.H. (2004). *Tutorial: 2D and 3D Electrical Imaging Surveys*. Di unduh dari [www. geotomosoft. com](http://www.geotomosoft.com). tanggal 15 November 2015.
- Mia Azhari. Akmam. Mahrizal. 2016. *Analisis Jenis Batuan Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi*. Phylar of Physics, Vol. 7. April. 2016, hlm 01-08.
- Mibei, Geoffrey. 2014. *Introduction To Types And Classification OF Rock*. Presented at Short Course IX on Exploration For Geothermal Resources, Organized by UNU-GTP, GDC and KenGen, at Lake Bogaria and Lake Navisha, Kenya, Nov. 2-24, 2014.
- Nelson. Stephen A. 2015. *Sediment and Sedimentary Rocks*. Physical Geology, Tulane University, last updated on 15-Sep-2015.
- Nurhidayati. Akmam. Harman Amir. 2015. *Investigasi Bidang Gelincir Di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger*. Phylar of Physics, Vol. 6. Oktober 2015, hlm 73-80.
- Price, Monica dan Kevin Walsh. 2005. *Pocket Nature Rock and Minerals*. London: Dorling Kindersley
- Rahmi Kurnia Putri. Akmam dan Harman Amir. 2014. *Estimasi Struktur Batuan Menggunakan Smoothness-Constrained Least-Squared Inversion Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Padang Selatan*. Phylar of Physics, Vol. 2. November 2014, hlm 73-80.
- Reynolds, J.M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: Jhon Geophysicsin Hidrogeological and Wiley and Sons Ltd.

- Sanjoyo. 2006. *Non Linear Estimation*. Depok: Universitas Indonesia.
- Sharma, P.V. 1997. *Environmental and Engineering Geophysics*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Sukandarrumidi. 2011. *Pemetaan Geologi*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- Supriyanto. (2007). *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi (Edisi I)*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Syufi, Agung Ghozali, Sukir Maryanto dan Fajar Rahmanto. 2014. *Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner untuk Memetakan Pola Sebaran Permukaan Tanah di Desa Jombak Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang*. CV. Geosentris Nusantara, Malang.
- Telford, W.M. Geldart, L.P, Sheriff R.E and Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. USA: Cambridge University Press.
- Wahid, A. 2007. *Analisis Keberadaan Batuan Gamping (Limestone) Berdasarkan Nilai Resistivitasnya*. Media Exacta Volume 8 No.2 Juli 2007.
- Wahid, A. 2011. *Aplikasi Geolistrik untuk Melihat Struktur Perlapisan Batuan Daerah Longsor*. Media Exacta Volume 11 No.1 Januari 2011.
- Wijaya, Andrias Sanggra. 2015. *Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya*. ITS: Surabaya.