

**ESTIMASI BIDANG GELINCIR MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
TAHANAN JENIS KONFIGURASI *SCHLUMBERGER* DI KELURAHAN
BALAI GADANG KECAMATAN KOTO TANGAH**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



DESI ANRIANI

NIM 1301660 / 2013

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

PERSETUJUAN PEMBIMBING

SKRIPSI

Judul : Estimasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode
Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Schlumberger*
di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tengah

Nama : Desi Anriani

NIM : 1301660/2013

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2018

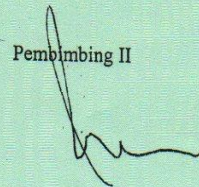
Disetujui oleh:

Pembimbing I



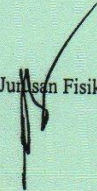
Drs. Akmam, M. Si.
NIP. 19630526 198703 1 003

Pembimbing II



Harman Amir, M.Si.
NIP. 19701005 199903 1 003

Ketua Jurusan Fisika



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

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Desi Anriani
NIM : 1301660/2013

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

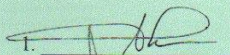
**Estimasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan
Jenis Konfigurasi *Schlumberger* di Kelurahan Balai Gadang
Kecamatan Koto Tengah**

Padang, Februari 2018

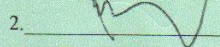
Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Ketua : Drs. Aknam, M.Si

1. 

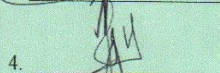
2. Sekretaris : Harman Amir, S.Si, M.Si

2. 

3. Anggota : Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si

3. 

4. Anggota : Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D

4. 

5. Anggota : Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si

5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "Estimasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Schlumberger* di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah", 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



Desi Anriani
NIM 1301660/2013

ABSTRAK

DESI ANRIANI . 2018. **“Estimasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Schlumberger* Di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tengah”**

Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tengah merupakan salah satu daerah rawan longsor di kota Padang yang menyebabkan banyak kerugian yang ditimbulkan. Bahaya longsor seharusnya dapat diminimalkan dengan cara mengetahui bidang gelincir tanah longsor. Bidang gelincir di daerah ini belum diketahui, oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui bidang gelincir, dan informasi titik-titik daerah kawasan longsor.

Jenis Penelitian ini bersifat deskriptif menggunakan metode survei Geolistrik Tahanan Jenis konfigurasi *Schlumberger*. Data diambil 4 lintasan menggunakan ARES (*Automatic Resistivitymeter*). Data diinterpretasikan menggunakan inversi *Smoothness-Constraint Least Square* dengan bantuan *software Res2dinv*. Nilai tahanan jenis yang didapatkan dari hasil pengolahan data dibandingkan dengan nilai tahanan jenis pada Tabel 2 dan 3 dan kondisi Geologi diestimasi jenis batuan. Berdasarkan struktur batuan yang diperoleh, diestimasi bidang gelincir serta kedalamannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bidang gelincir terdapat pada koordinat 1, 2, dan 4 berada pada nilai tahanan jenis berkisar 59.9-170 Ω m, 78,5-225 Ω m dan 91,0-236 Ω m. Lapisan yang diduga berperan sebagai bidang gelincir adalah *Clay*. Titik daerah kawasan longsor di daerah Kelurahan Balai Gadang adalah pada titik 1 (00°81'81.5" LS dan 100°39'42.5" BT - 00°81'60.3" LS dan 100°39'30.5" BT), titik 2 (00°81'82.7" LS dan 100°39'62.3" BT - 00°81'88,3" LS dan 100°39'86.2 BT), dan titik 3 (00°82'21.5" LS dan 100°39'45.5" BT – 00°88'30.3" LS dan 100°39'81.5" BT).

Kata kunci : Bidang gelincir, *Schlumberger*, Geolistrik

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah, di ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “Estimasi Bidang Gelincir Menggunakan Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Kototangah” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Bapak Drs. Akmam, M.Si, yang berjudul “Optimalisasi Metoda Inversi *Least-Square* Data Geolistrik Tahanan Jenis untuk Estimasi Daerah Rawan Longsor di Sumatera Barat” yaitu Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2017 No:1651/UN35.2/PG/2017 tanggal 31 Mei 2017. 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 berkenan mengikut sertakan penulis dalam penelitian beliau serta telah membimbing dan memotivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Harman Amir S.Si, M.Si sebagai pembimbing II sekaligus penasehat Akademis yang telah membimbing dan memotivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

3. Bapak Dr. H. Ahmad Fauzi M.Si, Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D, Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, 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, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D, sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. 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.
7. Edi Kurnia, S.Si sebagai teknisi yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian.
8. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan semangat dan doa.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis untuk mewujudkan dan menyelesaikan studi yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulisan skripsi 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, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah	6
F. Tujuan Penelitian	6
G. Manfaat Penelitian	7
H. Definisi Istilah.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
A. Kajian Teori	8
1. Bidang Gelincir	8
2. Longsor	11
3. Sifat Listrik Batuan	14
4. Metode Geolistrik Tahanan Jenis.....	19
5. Konfigurasi Schlumberger	23
B. Penelitian yang Relevan.....	25
C. Deksripsi Geologi Daerah penelitian	27
D. Kerangka Berfikir.....	28

BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Jenis Penelitian.....	31
B. Waktu dan Tempat Penelitian	31
C. Variabel Penelitian	31
D. Instrumentasi/Alat dan Bahan	32
E. Jenis dan teknik Pengambilan Data	33
F. Prinsip Kerja Ares (<i>Automatic Resistivity</i>)	34
G. Prosedur Penelitian.....	36
H. Teknik Analisa dan Interpretasi Data.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Deksripsi Data.....	40
B. Interpretasi Data	42
C. Pembahasan.....	51
BAB V PENUTUP	56
A. Kesimpulan	56
B. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Kemiringan Lereng.	16
Tabel 2. Tahanan Jenis Batuan Beku dan Metamorf	16
Tabel 3. Tahanan Jenis Batuan Sedimen.....	17
Tabel 4. Nilai Tahanan Jenis Semu, Arus dan Beda Potensial Maksimum dan Minimum Tiap Lintasan Pengukuran	44
Tabel 5. Hasil interpretasi data Lintasan 1 berdasarkan nilai tahanan jenis, kedalaman, ketebalan, serta material penyusunnya.	46
Tabel 6. Distribusi nilai tahanan jenis, kedalaman, ketebalan, serta jenis material pada lintasan 2.....	46
Tabel 7. Distribusi nilai tahanan jenis, kedalaman, ketebalan serta material pada lintasan 3.....	48
Tabel 8. Distribusi nilai tahanan jenis, kedalaman, ketebalan serta material pada lintasan 4Tahanan Jenis Batuan Sedimen	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Macam-macam bidang gelincir	9
Gambar 2. Titik Sumber Arus pada Permukaan dari Medium Homogen	19
Gambar 3. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Resistivitas ρ	21
Gambar 4. Susunan elektroda konfigurasi <i>Schlumberger</i>	24
Gambar 5. Peta Geologi Wilayah Kota Padang	27
Gambar 6. Kondisi daerah Penelitian	28
Gambar 7. Kerangka Berfikir Penelitian.....	29
Gambar 8. Skema alat untuk mengukur tahanan jenis	35
Gambar 9. ARES <i>Main Unit</i>	37
Gambar 10. Desain Lintasan pengukuran	37
Gambar 11. Penampang Model 2D dengan Topografi pada Lintasan 1	43
Gambar 12. Penampang model 2D dengan Topografi pada Lintasan 2.....	45
Gambar 13. Hasil penampang model 2D dengan Topografi Lintasan 3.....	48
Gambar 14. Penampang model 2D dengan topografi Lintasan 4.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta kemiringan lereng Kota Padang	62
2. Peta Kapasitas Bencana Tanah Longsor di Kota Padang.....	62
3. Data Hasil Pengukuran.....	64
4. Perhitungan Kedalaman serta Ketebalan Material di bawah permukaan.....	68
5. Perhitungan Sudut Kemiringan Lereng dan Sudut Bidang Gelincir	70
6. Dokumentasi penelitian.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kota Padang berada di Pantai Barat Pulau Sumatera mempunyai topografi bervariasi terdiri dari daerah pantai, perbukitan dan sebagian daratan tinggi. Kota Padang juga terletak dekat Bukit Barisan sehingga memiliki tingkat bahaya longsor lahan yang sedang dan tinggi (BPS, 2012). Topografi kota Padang tersusun oleh batuan yang berasal dari letusan gunung api. Batuan ini mudah mengalami pelapukan akibat perubahan iklim. Hasil pelapukan batuan ini disebut tanah. Tanah pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan dengan kemiringan sedang hingga terjal berpotensi mengakibatkan tanah longsor. Salah satu daerah rawan terjadinya longsor di kota Padang yaitu di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah.

Kelurahan Balai Gadang merupakan kelurahan yang memiliki luas 106,90 km², atau sekitar 46,03% dari total wilayah Kecamatan Koto Tangah (BPS, 2016). Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah sebagian besar adalah perbukitan terjal yang memiliki kemiringan lereng >40° tersebar dibagian timur kecamatan Koto tangah yang telah ditetapkan sebagai kawasan hutan lindung (RKPD Kota Padang, 2014). Hal ini dapat dilihat pada peta kemiringan lereng kota Padang pada (Lampiran 1). Berdasarkan peta kemiringan lereng kota Padang, diketahui daerah Kecamatan Koto Tangah memiliki lereng terjal yang berpotensi terjadinya longsor.

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kota Padang, Kelurahan Balai Gadang termasuk indeks kapasitas bencana tanah longsor berisiko tinggi. Hal ini juga sesuai dengan peta bencana tanah longsor kota Padang pada (lampiran 2). Pada lampiran 2 menunjukkan daerah Kelurahan Balai Gadang terdapat pada warna hijau yang artinya indeks kapasitas daerah kawasan tanah longsor berisiko tinggi. Longsor pernah terjadi di Kelurahan Balai Gadang pada tahun 2016 yang mengakibatkan pemukiman warga, dan jalan di Kelurahan Balai Gadang mengalami kerusakan (BPBD, 2016). Longsor yang pernah terjadi di Kelurahan Balai Gadang sampai saat ini belum adanya informasi atau peringatan di kawasan rawan longsor. Menurut Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) kota Padang, tahun 2010-2030 Kelurahan Balai Gadang ditetapkan sebagai arah pengembangan kota. Pengembangan kawasan ini akan dijadikan sebagai perumahan penduduk, pendidikan, dan jalur transportasi darat skala regional, sehingga informasi mengenai kawasan rawan longsor penting terhadap pengembangan wilayah ini kedepannya.

Pasca longsor kawasan ini masih dihuni oleh penduduk dan masih saja mendirikan rumah di Kelurahan Balai Gadang. Pada daerah kawasan tanah longsor belum ada peringatan seperti membuat rambu-rambu rawan longsor. Jalur jalan yang berada di titik-titik kawasan longsor masih dilewati oleh banyak penduduk. Seharusnya pada daerah kawasan longsor diberi peringatan seperti membuat rambu-rambu rawan longsor, sehingga dapat mengetahui titik-titik daerah kawasan longsor. Informasi ini bermanfaat sebagai upaya mitigasi untuk meminimalisir kerugian yang ditimbulkan oleh tanah longsor. Tanah longsor

biasanya bergerak pada suatu bidang tertentu, bidang ini disebut bidang gelincir. Bidang gelincir dapat digunakan sebagai informasi awal kawasan rawan longsor.

Bidang gelincir merupakan suatu hal yang harus diketahui. Bidang gelincir adalah bidang tempat Bergeraknya suatu material longsor. Menurut Darsono (2010) menyatakan “Salah satu faktor penyebab longsor yang sangat berpengaruh adalah bidang gelincir (*Slip Surface*) atau bidang geser (*Shear Surface*)”. Hal ini karena bidang gelincir merupakan bidang yang menjadi landasan Bergeraknya massa tanah yang bersifat menahan air (permeabilitas rendah), bersifat padat yang memungkinkan tanah pelapukan Bergerak di atasnya.

Bidang gelincir umumnya terbentuk pada daerah yang berlereng. Material yang mengalami keruntuhan akan Bergerak di atas bidang gelincir. Gerakan material ini diakibatkan oleh terganggunya kestabilan batuan atau tanah penyusun lereng dan dipicu dengan curah hujan yang tinggi. Curah hujan merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya tanah longsor (Lan, 2003). Tingginya intensitas curah hujan menyebabkan banyaknya air yang masuk kedalam tanah menimbulkan tambahan beban pada lereng. Selain itu, dengan terbentuknya bidang batas antara daerah resapan dan daerah dibawahnya, berpotensi menjadi bidang gelinciran tanah longsor.

Bidang gelincir terbentuk akibat penjumlahan air yang terakumulasi dan Bergerak lateral di atas permukaan lapisan tanah atau batuan yang kedap air. Batuan kedap air ini biasanya memiliki pori-pori relatif kecil dan memiliki nilai tahanan jenis yang besar. Jika air menembus sampai lapisan kedap air, maka permukaan kedap air akan melapuk, sehingga menjadi licin. Lapisan licin inilah

yang disebut bidang gelincir. Lapisan yang melapuk akan menjadi licin, sehingga massa bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Bidang gelincir dan kedalamannya di bawah permukaan bumi belum diketahui. Salah satu metoda yang digunakan untuk mengetahui bidang gelincir adalah metode Geolistrik tahanan jenis. Tujuan dari survei Geolistrik adalah untuk menentukan distribusi nilai resistivitas dari pengukuran yang dilakukan di permukaan bumi (Telford dkk,1990). Prinsip dasar metode Geolistrik adalah mengalirkan arus listrik kedalam bumi melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial listrik, sehingga didapatkan nilai tahanan jenis semu di daerah penelitian. Variasi nilai tahanan jenis dihitung berdasarkan besar arus dan potensial yang terukur (Santoso, 2002).

Metode Geolistrik memiliki beberapa konfigurasi. Konfigurasi yang cocok digunakan untuk mengetahui kedalaman bidang gelincir adalah *Schlumberger*. Konfigurasi *Schlumberger* ini lebih baik dibandingkan konfigurasi lainnya, diantaranya mempunyai penetrasi arus yang lebih dalam yaitu $1/5$ jarak spasi elektroda dan memiliki ketelitian vertikal yang baik di bandingkan konfigurasi lainnya (GF Instrumen, 2011). Sehingga konfigurasi *Schlumberger* cocok digunakan untuk menentukan kedalaman bidang gelincir daerah penelitian.

Metode interpretasi data yang digunakan adalah inversi *Smoothnes-Constrain Least Square*. Metoda inversi ini dapat meminimalkan perbedaan antara data lapangan dan model yang diprediksi melalui pemodelan 2D di bawah permukaan. Salah satu keuntungan model ini adalah faktor damping dan filter dapat disesuaikan dengan bermacam-macam tipe data (Akmam, 2013). Hasil

interpretasi data dengan teknik inversi data *Smoothness - Constraint Least Square* akan menghasilkan suatu model dengan variasi-variasi nilai resistivitas yang *smooth*. Oleh karena itu metode inversi ini cocok digunakan untuk mendapatkan hasil resistivitas yang lebih baik.

Penelitian ini dilakukan sebanyak 4 lintasan pengukuran yang dibuat sejajar. Lintasan dibuat sejajar bertujuan untuk mengetahui titik-titik daerah kawasan longsor di daerah Kelurahan Balai Gadang. Lokasi yang dipilih adalah lokasi yang dapat merentangkan kabel elektroda secara maksimal. Lintasan dimulai dari puncak bukit menuju kebawah. Jarak antara lintasan 1 dengan lintasan lainnya berkisar 100-200 m.

Berdasarkan uraian di atas telah dilakukan penelitian yang berjudul “Estimasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Schlumberger* di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah”. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang analisis bidang gelincir. Informasi tersebut juga dapat bermanfaat sebagai bahan mitigasi bencana longsor di daerah Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Belum diketahui bidang gelincir di daerah Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah.
2. Belum adanya informasi titik-titik daerah kawasan longsor di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah.

3. Wilayah pengambilan data merupakan lokasi yang luas yang dapat merentangkan kabel elektroda secara maksimal.

C. Pembatasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan di atas dan keterbatasan penulis maka perlu adanya batasan masalah, sebagai berikut:

1. Bidang gelincir diketahui berdasarkan nilai tahanan jenis di daerah Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah.
2. Titik-titik kawasan longsor diketahui berdasarkan koordinat di daerah Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah.
3. Jumlah lintasan pengukuran pada penelitian ini adalah 4 lintasan. Pengukuran Lintasan 1, lintasan 2, lintasan 3, dan lintasan 4 dibuat sejajar.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah terdapat bidang gelincir di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah?
2. Dimana saja terdapat bidang gelincir tanah longsor di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah?

E. Tujuan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan dapat menjawab rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui bidang gelincir tanah longsor di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tengah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Schlumberger*.
2. Untuk mengetahui informasi titik-titik daerah kawasan longsor di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tengah.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian tentang bidang gelincir ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kontribusi yaitu bagi:

1. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Fisika FMIPA UNP.
2. Acuan untuk peneliti selanjutnya tentang bidang gelincir di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tengah.
3. Memberikan informasi tentang bidang gelincir berdasarkan nilai tahanan jenis dan informasi titik-titik daerah kawasan longsor berdasarkan nilai tahanan jenis yang dapat digunakan sebagai bahan mitigasi bencana longsor di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tengah.

G. Definisi Istilah

Definisi istilah diperlukan supaya tidak terjadi kesalahan penafsiran. Berikut ini merupakan definisi istilah yang digunakan dalam penelitian yaitu:

1. Bidang gelincir adalah bidang tempat bergerak suatu material longsor.
2. Longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng ke bawah atau keluar lereng berupa batuan, tanah, atau material campuran
3. Tahanan jenis merupakan kemampuan suatu bahan menghantarkan arus listrik.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Kajian Teori

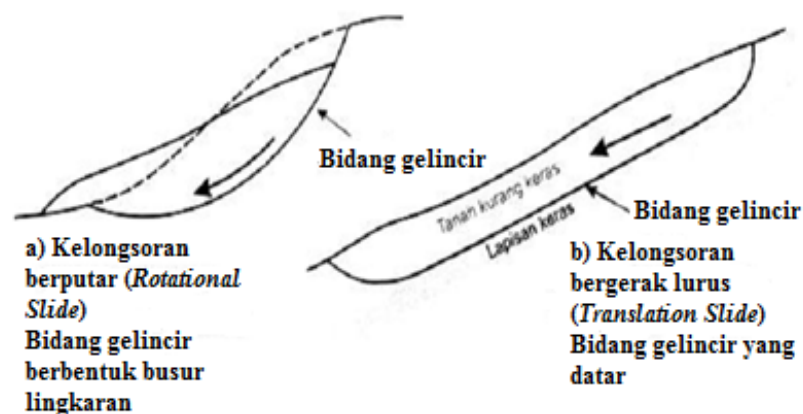
1. Bidang Gelincir

Bidang gelincir adalah bidang tempat Bergeraknya material longsor. Bidang gelincir merupakan suatu bidang dimana material suatu longsor bergerak di atasnya (Priyantari dan Wayono:2005). Menurut Zakaria (2005:9) “batas antara massa material yang bergerak dan yang diam disebut bidang gelincir”. Jadi bidang gelincir adalah suatu bidang praduga tempat Bergeraknya material yang mengalami longsor. Menurut Cornforth (2005:30) menyatakan” Bidang gelincir terjadi karena adanya pergerakan massa batuan, puing, atau tanah menuruni lereng”. Material yang bergerak di atas bidang gelincir disebut longsor. Pada umumnya tanah yang mengalami longsor akan bergerak di atas bidang gelincir (Sugito dkk, 2010). Gerakan material diakibatkan oleh terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng.

Gangguan kestabilan tanah diakibatkan oleh terganggunya gaya yang bekerja pada lereng yang disebabkan karena adanya suatu proses yang menaikkan gaya pendorong atau mengurangi gaya penahan pada lereng (Indrawati, 2009). Faktor utama pemicu gerakan tanah adalah air hujan (VSI, 2005). Apabila air hujan meresap ke dalam tanah mengakibatkan bertambahnya bobot tanah. Air hujan tersebut akan menembus sampai lapisan tanah kedap air. Lapisan tanah kedap air ini biasanya memiliki pori-pori relatif

kecil dan memiliki nilai tahanan jenis yang besar, sehingga lapisan inilah yang akan berperan sebagai bidang gelincir.

Bidang gelincir terdiri atas dua bentuk. Pertama bentuk bidang gelincir yang sejajar dan hampir lurus dengan muka tanah disebut *Translation Slip*. Bidang gelincir ini terjadi bila terdapat lapisan yang keras sejajar dengan permukaan lereng. Massa pada longsor translasi bergerak keluar atau ke bawah lereng sepanjang permukaan yang relatif planar dengan sedikit gerakan rotasi (Hingland, 2008). Material longsor akan bergerak keluar lereng di atas bidang yang berbentuk rata. Kedua bidang gelincir yang melengkung berupa busur lingkaran bersifat memutar disebut *Rotational Slip*. Bidang gelincir ini terjadi pada tanah timbunan yang dipadatkan (Priyantari dan Wahyono (2005:1). Biasanya material yang bergerak diatas bidang cekung ini berupa tanah pelapukan. Gambar 1 menunjukkan macam-macam bidang gelincir.



Gambar 1. Macam-macam bidang gelincir (Wesley, 2010:462)

Gambar 1a menunjukkan bidang gelincir rotasi yang berbentuk cekung. Bidang gelincir rotasi biasanya terdapat pada daerah yang terdiri dari lapisan

lapuk (Wesley, 2010). Lapisan lapuk akan bergerak membentuk busur lingkaran sebagai material longsor. Pada Gambar 1b menunjukkan bidang gelincir translasi yang berbentuk rata dengan muka tanah. Biasanya bidang gelincir translasi berada antara kontras nilai tahanan jenis antar lapisan.

Secara umum bidang gelincir memiliki ciri–ciri (VSI, 2005:6), yaitu:

- a. Bidang perlapisan batuan.
- b. Bidang kontak antara tanah penutup dengan batuan dasar.
- c. Bidang kontak antara batuan yang retak-retak dengan batuan yang kuat.
- d. Bidang kontak antara batuan yang dapat melewatkan air dengan batuan yang tidak melewatkan air (kedap air).
- e. Bidang kontak antara tanah yang lembek dengan tanah yang padat.

Ciri-ciri bidang gelincir menunjukkan bahwa longsor akan sering terjadi apabila air masuk melalui batuan yang retak-retak dan batuan yang dapat melewatkan air. Air dapat menambah massa batuan yang retak-retak, sehingga batuan tersebut bergerak di atas batuan kedap air. Peningkatan kandungan air dalam tanah dapat menambah beban pada lereng (Huang, 2002). Hal inilah yang memicu terjadinya longsoran. Peningkatan kandungan air pada lereng akan meningkatkan tekanan pori dan penambahan massa material longsor.

Lapisan yang terdiri dari batuan yang dapat melewatkan air dengan batuan yang kedap air pada musim hujan akan berpotensi longsor. Air akan masuk ke dalam tanah sampai lapisan kedap air. Air akan terakumulasi di atas lapisan permukaan tanah atau batuan yang sulit tertembus oleh air. Jika air menembus sampai lapisan kedap air, maka permukaan batuan kedap air akan

melapuk dan menjadi licin. Lapisan licin inilah disebut bidang gelincir yang memicu terjadinya longsor.

Kedalaman bidang gelincir merupakan batas antara masa yang bergerak dan masa yang diam dari permukaan tanah. Kedalaman bidang gelincir diukur dari permukaan. Terdapat 4 (empat) kelas kedalaman bidang gelincir seperti dikemukakan oleh Zakaria (2005 : 9) yaitu (a) Sangat dangkal (<1,5 meter), (b) Dangkal (1,5 s.d. 5 meter), (c) Dalam (antara 5 sampai 20 meter), (d) Sangat dalam (>20 meter).

Kedalaman bidang gelincir penting untuk mengetahui seberapa besar potensi longsor terjadi. Semakin dalam bidang gelincir, maka longsor akan semakin besar, sebaliknya semakin dangkal bidang gelincir, longsor akan semakin kecil. Selain kedalaman bidang gelincir, sudut kemiringan bidang gelincir juga mempengaruhi terjadinya longsor. Semakin besar sudut kemiringan bidang gelincir, maka akan mempercepat terjadinya longsor, sedangkan semakin kecil sudut kemiringan bidang gelincir maka akan mengurangi kecepatan terjadinya longsor.

2. Longsor

Longsor atau sering disebut gerakan tanah adalah perpindahan material pembentuk lereng ke bawah atau keluar lereng berupa batuan, tanah, atau material campuran. Menurut Nandi (2007:6) “Secara geologi tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi dimana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah”. Tanah Longsor umumnya terjadi pada musim penghujan. Hujan memicu tanah longsor melalui

penambahan beban lereng dan penurunan kuat geser tanah (Soenarmo, 2008). Hal ini dikaitkan karena pada musim hujan air akan terakumulasi dan pada saat daya ikat tanah sudah tidak kuat menahan gerakan tanah, sehingga air akan masuk dan terakumulasi dibagian dasar lereng.

Lereng merupakan salah satu faktor eksternal yang berpengaruh terjadinya longsor. Lereng akan mengalami longsor apabila terjadi gangguan keseimbangan pada gaya-gaya yang bekerja pada lereng, dimana gaya pendorong lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah, sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta jenis tanah batuan. Semakin besar kelerengan maka semakin besar gaya penggerak massa/batuan penyusun lereng (Sugiharyanto, 2009). Van Zuidam (1988) dalam Ibnu (2013) mengklasifikasikan kemiringan lereng menjadi 7, yaitu:

Tabel 1. Kemiringan lereng

No	Sudut	Kemiringan
1	0°- 2°	Lereng datar
2	2°- 4°	Lereng landai
3	4°- 8°	Lereng miring
4	8°-16°	Lereng agak curam
5	16°-35°	Lereng curam
6	35°- 55°	Lereng sangat curam
7	>55°	Lereng terjal

(Sumber : Ibnu, 2013)

Berdasarkan Tabel 1 Wilayah dengan kemiringan lereng antara 0% hingga 15% akan stabil terhadap kemungkinan longsor, sedangkan di atas 15% potensi untuk terjadi longsor akan semakin besar. Peluang terjadi longsor pada daerah lereng yang curam akan lebih besar dibandingkan dengan

daerah lerengnya landai, karena lereng yang curam menyebabkan volume dan kecepatan aliran longsor semakin besar (Karnawati, 2001). Longsor yang sering terjadi pada lereng curam terdapat lapisan batuan yang kurang kuat.

Batuan yang kurang kuat pada lereng juga menjadi salah satu faktor penyebab Longsor (Folk, 1980). Longsor akan terjadi pada jenis tanah yang berada di atas tanah lempung lunak, karena berada diantara lapisan tanah yang mempunyai permeabilitas rendah dengan permeabilitas tinggi. Batuan endapan gunung api, batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat (Bhattarai, 2006). Batuan tersebut akan menjadi tanah dan mudah mengalami proses pelapukan. Batuan yang telah mengalami proses pelapukan rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal. Lereng yang terjal terbentuk dari endapan vulkanik yang tidak terpadatkan umumnya terjadi karena gerakan massa tanah.

Penurunan tanah dan retakan terjadi karena adanya beban tambahan dan getaran. Beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng dapat memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor, sedangkan getaran terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan (Zakaria, 2009). Retakan pada tanah menyebabkan berkurangnya gaya pengikat antar lapisan tanah. Bila terjadi hujan, air akan masuk melalui retakan dan sampai pada lapisan kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir.

3. Sifat Listrik Batuan

Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan dalam menghantarkan arus listrik. Batuan dapat dianggap sebagai medium listrik seperti pada kawat penghantar listrik, sehingga mempunyai tahanan jenis (resistivitas). Resistivitas batuan adalah hambatan dari batuan terhadap aliran listrik. Resistivitas batuan dipengaruhi oleh porositas, kadar air, dan mineral. Menurut Telford et al (1990: 284), aliran arus listrik di dalam material dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik.

Konduksi elektronik terjadi jika batuan mempunyai banyak elektron bebas, sehingga arus listrik mudah mengalir melalui batuan atau mineral. Konduksi elektrolitik terjadi pada batuan atau mineral yang bersifat *porous* dan pori-pori yang berisi larutan elektrolit, dimana arus listrik mengalir akibat dibawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduksi secara dielektrik terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik yaitu batuan yang tidak mempunyai elektron bebas, namun adanya pengaruh medan listrik dari luar, menyebabkan elektron berpindah, berkumpul dan terpisah dalam inti, sehingga arus listrik yang mengalir akan mengalami polarisasi (Telford, 1990).

Konduksi secara elektronik arus listrik yang dialirkan pada suatu material akan dialirkan oleh elektron-elektron bebas didalam material tersebut. Aliran arus listrik akan menghasilkan medan listrik. Hubungan antara rapat arus J dengan kuat medan listrik E menurut hukum Ohm adalah

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

dimana σ adalah konduktivitas listrik. 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 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 dengan daya hantar listrik σ pada suatu logam konduktor dinyatakan mensubstitusikan persamaan (2) dan (3), sehingga di peroleh persamaan (4).

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

Hubungan antara tahanan jenis ρ dengan daya hantar listrik bahan σ dinyatakan pada Persamaan (5)

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

Sehingga di dapatkan hubungan antara persamaan (4) dan (5) menjadi

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

Persamaan (6) memperlihatkan hubungan antara nilai tahanan jenis dengan kuat arus listrik. Semakin besar nilai tahanan jenis suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan kuat arus listrik. Sebaliknya,

semakin kecil nilai tahanan jenis suatu bahan maka semakin mudah bahan tersebut menghantarkan arus listrik. Hal ini sesuai dengan hubungan resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas suatu bahan. Bahan yang memiliki nilai tahanan jenis besar akan memiliki nilai konduktivitas kecil dan sebaliknya. Jenis batuan diketahui berdasarkan nilai tahanan jenis batuan.

Nilai tahanan jenis untuk batuan bervariasi. Berdasarkan kemampuan dalam menghantarkan arus listrik, material dikelompokkan menjadi tiga yaitu: konduktor, semikonduktor dan isolator. Menurut Telford (1990: 289) "secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu : konduktor memiliki nilai tahanan jenis kecil yaitu ($10^{-8}\Omega\text{m} < \rho < 1 \Omega\text{m}$), semikonduktor memiliki nilai tahanan jenis ($1 \Omega\text{m} < \rho < 10^7\Omega\text{m}$), dan isolator memiliki nilai tahanan jenis ($\rho > 10^7\Omega\text{m}$)". Nilai tahanan jenis batuan beku, sedimen dan metamorf ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. 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>Tulsts</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 dkk. 1990: 290)

Tabel 3. Tahanan Jenis Batuan Sedimen

Batuan	Tahanan jenis (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)

Berdasarkan Tabel 2 dan 3 dapat dilihat jenis batuan dan nilai tahanan jenis masing-masing batuan. Batuan dikelompokkan menjadi 3 macam yaitu,

batuan beku, batuan metamorf, dan batuan sedimen. Batuan beku memiliki nilai tahanan jenis yang paling tinggi. Batuan metamorf memiliki nilai tahanan jenis lebih rendah, sedangkan batuan sedimen memiliki nilai tahanan jenis yang paling rendah diantara batuan lainnya.

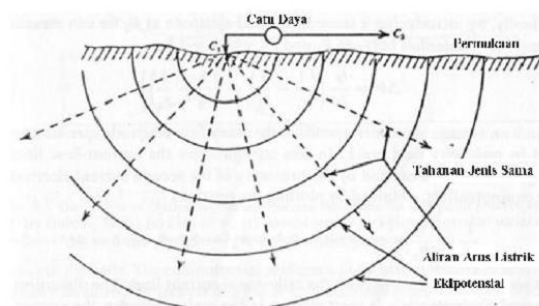
Batuan mempunyai tahanan jenis berbeda-beda. Batuan yang berperan sebagai bidang gelincir memiliki nilai tahanan jenis yang berbeda dengan batuan lainnya. Bidang gelincir dapat diperoleh dari kontras *resistivity* antar dua batuan yang saling berdekatan. Bidang gelincir mempunyai nilai tahanan yang lebih besar. Hal ini bidang gelincir merupakan bidang yang bersifat menahan air (permeabilitas rendah), bersifat padat yang memungkinkan tanah pelapukan bergerak di atasnya.

Hasil penelitian yang dilakukan Marwanta (2017:16) menyatakan "Lapisan lapuk diinterpretasikan dengan batuan pasir tufaan dan endapan gunung api terlapukkan dengan resistivitas 10-20 Ωm , sedangkan bidang gelincirnya merupakan batuan lempung dengan resistivitas 100-200 Ωm ". Nilai tahanan jenis bidang gelincir biasanya lebih besar daripada nilai tahanan jenis batuan di sekitarnya. Nilai-nilai resistivitas rendah berkisar $<100 \Omega\text{m}$ mencirikan material longsor terdiri dari *Clay*, sedangkan material dengan resistivitas tinggi berkisar 100-400 Ωm ditandai dengan bidang longsor (Perrone, 2012). Jadi nilai tahanan jenis batuan yang berperan sebagai bidang gelincir berkisar antara 100-200 Ωm .

4. Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Metode Geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam survey Geofisika untuk eksplorasi yang relatif dangkal. Pengukuran metode Geolistrik akan diperoleh nilai beda potensial, kuat arus dan nilai tahanan jenis dari batuan. Tahanan jenis dari batuan dibawah permukaan bumi dipelajari dengan menginjeksikan arus listrik kedalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan menghasilkan beda potensial melalui dua buah elektroda potensial (Akmam dan Nofi, 2013). Berdasarkan hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik maka dapat dihitung nilai tahanan jenis batuan pada lapisan dibawah permukaan bumi. Dengan demikian lapisan bawah permukaan tanah dapat digambarkan dengan perbedaan nilai tahanan jenis dari masing-masing lapisan tersebut.

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



Gambar 2. Titik Sumber Arus pada Permukaan dari Medium Homogen (Telford *dkk*, 1990: 524)

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

$$J = \frac{E}{\rho} \quad (7)$$

Medan listrik E merupakan gradien potensial, yaitu perubahan potensial terhadap jarak titik tinjau sebesar r dengan sumber arus. Secara matematis medan listrik dapat dinyatakan dengan Persamaan (8).

$$E = - \nabla V = - \frac{dV}{dr} \quad (8)$$

Medan listrik E pada Persamaan (8) disubstitusikan ke Persamaan (7) akan menunjukkan hubungan antara gradien potensial dengan tahanan jenis ρ dan kerapatan arus J pada Persamaan (9).

$$\frac{dV}{dr} = - \rho J \quad (9)$$

Kerapatan arus J pada persamaan (2) disubstitusikan ke Persamaan (9) akan menghasilkan hubungan antara medan listrik dengan luas permukaan A dan arus listrik I .

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

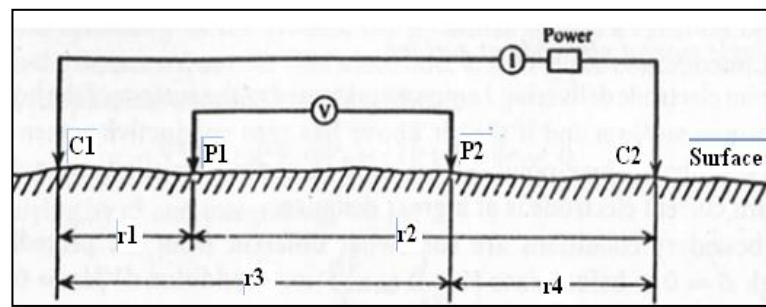
dimana luas permukaan A adalah luas permukaan distribusi arus yaitu setengah bola $2\pi r^2$ sehingga perbedaan potensial dV terhadap distribusi arus dr yaitu:

$$dV = -\rho \frac{1}{2\pi r} dr \quad (11)$$

Persamaan (11) dapat diselesaikan dengan cara melakukan pengintegralan sehingga diperoleh beda potensial V pada titik r yaitu :

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (12)$$

Metode Geolistrik terdiri dari dua elektroda arus dan dua elektroda potensial (Gambar 3). Apabila arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi, maka akan terjadi perbedaan potensial dipermukaan bumi.



Gambar 3. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Resistivitas ρ (Telford *et al.* 1990: 524)

Gambar 3 memperlihatkan susunan dua elektroda arus dan dua elektroda potensial dipermukaan bumi. Potensial yang disebabkan oleh C_1 pada P_1 adalah

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} = \frac{I\rho}{2\pi r_1} \quad (13)$$

dimana $A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi}$

Sama halnya potensial yang disebabkan oleh C_2 pada P_1

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} = -\frac{I\rho}{2\pi r_2} \quad (14)$$

dimana $A_2 = -\frac{I\rho}{2\pi} = -A_1$

Sehingga diperoleh:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} = \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (15)$$

Cara yang sama untuk mengetahui potensial yang disebabkan oleh kedua elektroda C_1 dan C_2 pada P_2 , maka didapatkan nilai beda potensial antara P_1 dan P_2 , yaitu:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (16)$$

sehingga

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (17)$$

dimana:

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (18)$$

dimana K adalah faktor Geometri yang harganya tergantung kepada susunan elektroda. Nilai faktor Geometri berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda-elektroda.

Nilai tahanan jenis yang didapatkan pada saat pengukuran langsung disebut dengan tahanan jenis semu. Menurut Akmam (2004: 596), "Secara umum tahanan jenis bumi tidak homogen, berarti bahwa yang terhitung

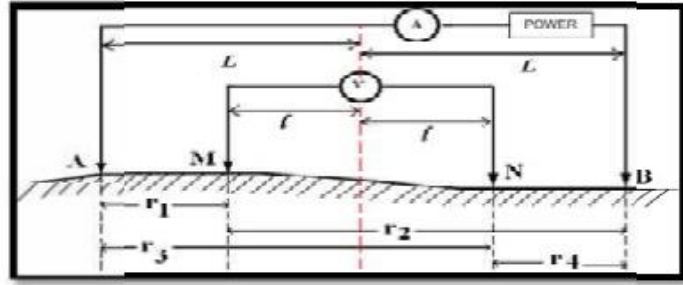
dengan Persamaan (17) adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity*, ρ_a). Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium. Hal ini disebabkan karena bumi merupakan medium non homogen yang terdiri dari banyak lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi potensial listrik yang terukur. Tahanan jenis semu dilambangkan dengan ρ_a sehingga persamaan ini dapat ditulis menjadi:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (19)$$

dimana ρ_a merupakan tahanan jenis semu, K adalah faktor geometri, I adalah kuat arus listrik, dan V adalah beda potensial .

5. Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi *Schlumberger* merupakan salah satu konfigurasi dalam eksplorasi Geolistrik yang sering digunakan. Konfigurasi ini memiliki penetrasi arus cukup dalam yaitu 1/5 dari jarak spasi elektroda yang digunakan (GF Instrumen, 2011). Konfigurasi *Schlumberger* memiliki keunggulan dibandingkan dengan konfigurasi lain diantaranya konfigurasi *Schlumberger* lebih baik untuk mendapatkan ketelitian vertikal dibandingkan dengan konfigurasi *Dipole-dipole*. Penetrasi kedalaman konfigurasi *Schlumberger* lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi *Wenner*. Konfigurasi *Schlumberger* menggunakan empat buah elektroda, yaitu dua elektroda arus dan dua elektroda potensial yang disusun dalam satu garis lurus, seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Susunan elektroda konfigurasi *Schlumberger* (Reynolds, 1997:425)

Berdasarkan Gambar 4 memperlihatkan bahwa elektroda M dan N digunakan sebagai elektroda potensial dan elektroda A dan B digunakan sebagai elektroda arus, dimana jarak MN lebih kecil daripada jarak AB. Jarak masing-masing elektroda pada Gambar 4 dapat dirumuskan menjadi:

$$r_1 = L - l$$

$$r_2 = L + l$$

$$r_3 = L + l$$

$$r_4 = L - l$$

dengan:

$$L = AB/2 \text{ dan } l = MN/2$$

Jarak masing-masing elektroda tersebut disubsitusikan ke persamaan (17), sehingga diperoleh nilai K konfigurasi *Schlumberger*, sebagai berikut:

$$K = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \quad (20)$$

Substitusi persamaan (19) ke persamaan (17), sehingga dapat dihitung nilai tahanan jenis semu untuk konfigurasi *Schlumberger*, yaitu:

$$\rho_a = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \frac{\Delta V}{I} \quad (21)$$

dimana, ρ_a adalah tahanan jenis semu, L adalah jarak elektroda arus, l adalah jarak elektroda potensial, ΔV adalah beda potensial, I adalah kuat arus. Persamaan (21) memperlihatkan hubungan antara nilai tahanan jenis semu dengan faktor Geometri (K). Nilai faktor Geometri (K) tergantung kepada jarak elektroda yang digunakan.

B. Penelitian-Penelitian yang Relevan

Penelitian menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger* untuk mengetahui bentuk bidang gelincir telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Darsono (2012) telah melakukan penelitian di desa Pablengan Kecamatan Matesin Kabupaten Karanganyar. Terdeteksi litologi batuan berupa lempung, lempung basah, batuan lempung pasir sampai pasir lempungan, dan batuan pasir sampai breksi. Bidang gelincir pada kedua lintasan terdapat pada batuan lempung basah dengan nilai tahanan jenis antara $19,3 \Omega\text{m} - 36,6 \Omega\text{m}$. Pada lintasan pertama terdapat pada kedalaman antara 1,7 m -17 m, sedangkan lintasan kedua terdapat pada kedalaman antara 8,9 m-16,5 m. Batuan yang berpotensi memicu terjadinya tanah longsor yang terdapat diatas bidang gelincir yaitu berupa batuan lempung pasir sampai pasir lempungan dan batuan pasir sampai breksi.

Irepia (2014) juga telah melakukan penelitian tentang identifikasi bidang gelincir menggunakan metode Geolistrik Tahanan Jenis konfigurasi *Schlumberger* di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan . Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bentuk bidang gelincir yang terdapat di Bukik Lantiak Padang Selatan adalah *Translation Slip*. Bidang gelincir ditemukan

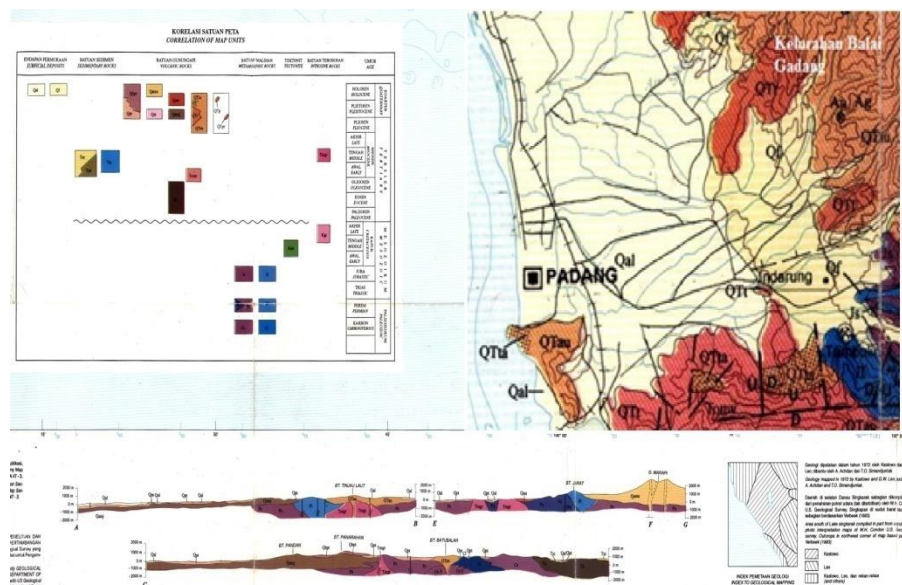
pada lintasan 1 dan lintasan 3 yang terdapat pada batuan yang agak keras yaitu *Limestone*. *Limestone* pada lintasan 1 memiliki nilai tahanan jenis 104,45 Ωm , terdapat pada kedalaman 12,8 m dengan sudut kemiringan 29.83°. *Limestone* pada lintasan 3 memiliki nilai tahanan jenis 149-197 Ωm terdapat pada kedalaman antara 5 – 20 m dengan sudut kemiringan 23.63°. Bidang gelincir pada Lintasan 1 dan 3 di klasifikasikan memiliki kemiringan curam.

Selanjutnya penelitian Nurhidayati (2015) tentang investigasi bidang gelincir di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Kota Solok dengan metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Schlumberger*. Hasil yang diperoleh dari penelitian disimpulkan bahwa bentuk bidang gelincir yang di dapatkan adalah *Translation Slip*. Bidang gelincir yang hampir lurus dan sejajar dengan muka tanah. Bidang gelincir pada lintasan 1, 2, dan 3 terdapat lapisan agak keras dan sejajar dengan muka lereng yaitu lapisan *Clay*. *Clay* pada lintasan 1, 2, dan 3 memiliki nilai tahanan jenis 66,1 Ωm – 90,25 Ωm , 10,45 Ωm – 90,8 Ωm , dan 67,05 Ωm – 100 Ωm pada kedalaman 7,05 m, 4,14 dan 7,05 m.

Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu kondisi geologi daerah penelitian. Kondisi geologi daerah penelitian merupakan daerah rawan gerakan tanah yang berada pada perbukitan terjal. Batuan penyusun daerah penelitian berupa *Alluvium*, batu Gamping, *Clay*, tufa dan *Andesit*.

C. Deskripsi Geologi Daerah penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah. Kelurahan Balai Gadang merupakan kelurahan yang memiliki luas wilayah paling besar, yakni 106,90 km², atau sekitar 46,03 persen dari total wilayah Kecamatan Koto Tangah (BPS, 2016). Pada bagian timur Kelurahan Balai Gadang sebagian besar perbukitan terjal yang termasuk kawasan lindung dan diapit oleh dua sungai besar yaitu batang Air Dingin dan Batang Kandis. Peta Geologi Daerah Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Peta Geologi Wilayah Kota Padang
(Sumber: Dinas Energi Sumber Daya Mineral Sumatera Barat, 2014)

Keterangan gambar:



Tuf Kristal : terdapat kontak selaras maupun kontak sesar antara Tufa dan Andesit.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa Geologi daerah Kelurahan Balai Gadang didominasi oleh batuan QTt. QTt merupakan *Tuf Kristal* yang terdapat

kontak selaras maupun kontak sesar antara *Tufa* dan *Andesit* (ESDM, 2014). *Andesit* adalah suatu jenis batuan beku vulkanik dengan komposisi dan tekstur spesifik. Proses terbentuknya batu *Andesit* yaitu dari magma yang membeku sangat cepat di bawah kerak bumi. Batuan Tufa terbentuk dari resapan kalsium melalui penguapan air di sekitar mata sungai. Batuan ini terdapat pada singkapan setempat di perbukitan Air Dingin yang bersebelahan dengan batu Gamping. Kondisi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



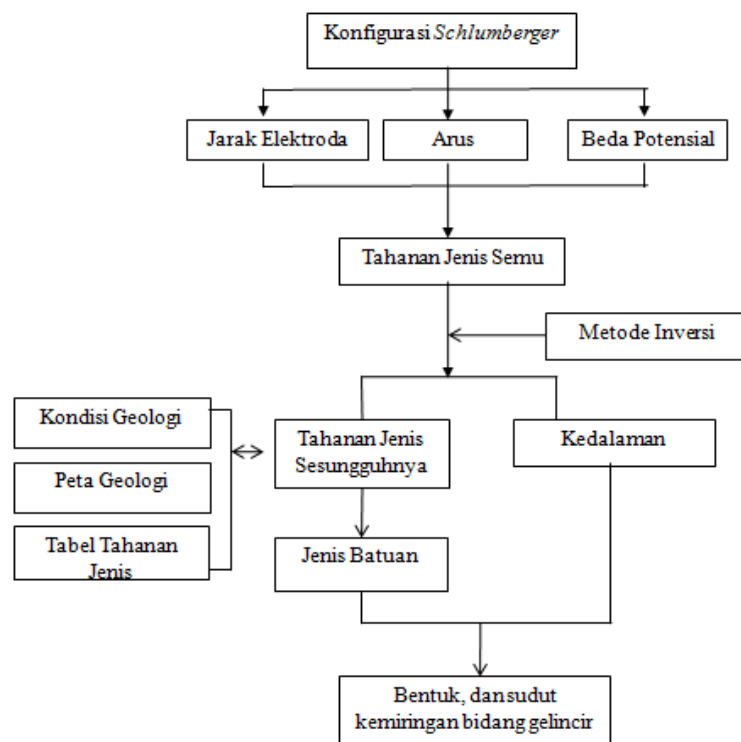
Gambar 6. Kondisi daerah Penelitian

Gambar 6 merupakan foto kondisi daerah di Kelurahan Balai Gadang yang menunjukkan daerah penelitian. Menurut Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Sumatera Barat, jenis batuan pada singkapan daerah berupa *Clay* terletak di Sungai Bangek dan Air Dingin Kecamatan Kototangah. Jenis batuan lainnya terdapat jenis batuan *Alluvium* di daerah lubuk minturun yang bersebelahan dengan Kelurahan Balai Gadang.

D. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir pada 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. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu konfigurasi *Schlumberger*. Kerangka pikir yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 7. Kerangka Berfikir Penelitian

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa variabel yang dapat dari hasil pengukuran di lapangan adalah kuat arus listrik, beda potensial, dan jarak elektroda. Variabel yang dihitung adalah tahanan jenis semu yang didapat pada saat pengukuran. Tahanan jenis semu diinterpretasikan dengan menggunakan inversi *Smoothness-Constrain Least Square*. Interpretasi data akan menghasilkan nilai tahanan jenis sebenarnya dan kedalaman lapisan batuan, selanjutnya nilai tahanan jenis sebenarnya di estimasi dengan cara

membandingkan dengan tabel tahanan jenis yang sudah ada dan kondisi Geologi daerah penelitian, sehingga didapatkan bidang gelincir berdasarkan nilai tahanan jenisnya, kedalaman bidang gelincir, dan sudut kemiringan bidang gelincir daerah penelitian.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger* di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah maka dapat disimpulkan bahwa

1. Bidang gelincir terdapat pada koordinat 1, 2, dan 4 berada pada nilai tahanan jenis berkisar 59,9-170 Ωm , 78,5-225 Ωm dan 91,0-236 Ωm dengan kedalaman berkisar 4.3 m, 21.7 m, dan 5.5 m. Pada Lintasan 3 tidak terdapat bidang gelincir. Batuan yang berperan sebagai bidang gelincir di ditafsirkan berupa *Clay*.
2. Titik daerah kawasan longsor di daerah Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah adalah pada titik 1 (00°81'81.5" LS dan 100°39'42.5" BT - 00°81'60.3" LS dan 100° 39'30.5" BT), Titik 2 (00°81'82.7" LS dan 100°39'62.3" BT - 00°81'88,3" LS dan 100°39'86.2 BT), dan titik 3 (00°82'21.5" LS dan 100°39'45.5" BT – 00° 88'30.3" LS dan 100°39'81.5" BT).

B. Saran

1. Salah satu penyebab longsor di Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Kototangah adalah terdapatnya bidang gelincir. Bidang gelincir terdapat pada lintasan 1 dan 2 dan 4 yang merupakan berkas longsor yang terjadi di lintasan tersebut. Perlu dilakukan kegiatan seperti penanaman pohon agar akar pohon menjadi penghubung antara tanah yang kurang padat dengan

menutup tanah dan memadatkan agar air tidak masuk kedalam tanah melalui retakan, agar mengurangi resiko bencana longsor.

2. Perlu dilakukan sosialisai kepada masyarakat yang tinggal di sekitar Kelurahan Balai Gadang untuk antisipasi terhadap bencana longsor yang terjadi.
3. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai acua tata kota pengembangan Wilayah Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Kototangah.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan metode yang berbeda sebagai perbandingan hasil penelitian yang telah dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmam. 2004. *Exsistence of Spring in Batu Limbak Villange Simawang Kecamatan Rambatan Kabupaten Tanah Datar*. Jurnal Prosiding Seminar PPD Forum HEDS 2004 Bidang MIPA, ISBN 979-95726-7-3. Hlm 593-608.
- Akmam, Irefian, R., D., , Silvia D. , 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.
- Akmam dan Nofi, Y, S. 2013. *Analisis Struktur Batuan dengan Metode Inversi Smoothness-Constrained Least-Squares Data Geolistrik Konfi gurasi Schlumberger di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar*. Prosiding Semirata FMI PA Universitas Lampung, 2013. Hlm 1-6.
- Bappeda Kota Padang. Rencana Pembangunan Daerah Kota Padang 2009-2014. <http://www.bappeda.padang.go.id/up/download/20082013111007Revisi-RPJM-2009-2014-Buku-Final.pdf>.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Padang. 2013. *Peta Kapasitas Bencana Tanah Longsor di Kota Padang Sumatera Barat*. Padang.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Padang. 2016. *Rekap Kejadian Bencana*. Padang.
- BPS. 2012. *Kondisi umum kota Padang*. Badan Pusat Statistik Kota Padang.
- BPS. 2016. *Statistik Daerah Kecamatan Koto Tangah*. Badan Pusat Statistik Kota Padang.
- Bhattarai, Pankaj. Et al. 2006. *Influence of Weathering on Physical and Mechanical Properties of Mudstone*. Tokyo: Universal Academy Press.
- Colangelo, G., Vincenzo, L., Antonio, L., Angela, P., and Luciano, T. 2008. *2D Electrical Resistivity Tomographies For Landslide Investigating Recent Activation Landslides In Basilicats Region (Southern Italy)*. ANNALS OF GEOPHYSICS Vol 51 N 1.
- Cornforth, Derek. H. 2005. *Landslides In Practice: Investigations, Analysis, and Remedial/ Preventative Options in Soils*. Canada: John Wiley & Sons.

- Darsono, Bambang, N. & Budi, L. 2012. *Identifikasi Bidang Gelincir Pemicu Bencana Tanah Longsor Dengan Metode Resistivitas 2 Dimensi di Desa Pablengan Kecamatan Matesih Kabupaten Karanganyar*. Indonesian Journal Of Applied Physics (2012) Vol.2 No.1 halaman 2 ISSN: 2089.
- Dinas Energi Sumber Daya Mineral Sumatera Barat. 2014. *Peta Geologi Wilayah Jota Padang*. Padang.
- Folk, Robert L. 1980. *Petrology of Sedimentary Rock*. Austin, Texas. Hemphill Publisihing.
- GF Instruments. 2011. *Short Guide for Resistivity Imaging*. Jecna: Geophysical Equipment and Services.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Gadjah Mada Univesity Press. Yogyakarta.
- Highland, Lynn M and Peter B. (2008). *The Landslides Handbook-A Guide t o Understanding Landslide*. Virginia: U.S. Geological Survey, Reston.
- Huang, L. J. dan Lin, X.S,. 2002. *Study on landslide related to rainfall*. Journal of Xiangtan Normal University (in Chinese Natural Science Edition), 24(4):55-62.
- Ibnu, S. 2013. *Ringkasan Buku Van Zuidam*. pdf. Diakses pada 08 April 2017.
- Irepia R. Dona, Akmam, Nofi Yendri Sudiar. 2014. *Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan*. Pillar Of Physics, Vol. 5. April 2015, 01-08.
- Karnawati, D. 2001. *Bencana Alam Gerakan Tana Indonesia Tahun 2000. (Evaluasi dan Rekomendasi)*. Yogyakarta: universitas Gadjah Mada.
- Lan, H. X., Zhou, C. H., Lee, C. F., Wang, S., dan Wu, F., Q., 2003. *Rainfall-induced landslide stability analysis in respons to transient pore pressure*. Science in China Series Technological Sciences Vol . 46:52-68.
- Loke, M. H. 2004. *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Di unduh dari www.geotomosoft.com tanggal 17 April 2017.
- Marwanta Bambang. 2017. *Analisis Data Resistivity Untuk Menentukan Potensi Bencana Tanah Longsor Di Kampung Legok Hayam, Desa Girimekar, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung*. Pusat Teknologi Reduksi

- Risiko Bencana BPPT – Puspiptek Serpong. Jurnal Alami (ISSN : 2548-8635), Vol. 1, No. 1.
- Mimin, I., Taufik R. R., dan Nanang D. A. (2011). *Identifikasi Bawah Permukaan di Wilayah Desa Kayuambon, Lembang, Kabupaten Bandung Barat*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains: Bandung, Indonesia.
- Nandi. 2007. *Longsor*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- 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 2. November 2015. Hlm 68-70.
- [Pemko Padang] Pemerintah Kota Padang. Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) kota Padang 2004-2013.
- Perrone, A., Sabatino, P., and Vincenzo, L. 2012. *Electrical Resistivity Tomographies For Landslide Monitoring: a Review*. Berichte Geol. B.-A.93. ISSN 1017-8880.
- Priyantari, N dan Wahyono, C. 2005. *Penentuan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi (Determination Of Slip Surface Based On Geoelectricity Properties)*. FMIPA Universitas Jember. (diunduh pada tanggal 1 Februari 2017).
- Pujiastuti, D., Indrawati, Edwiza. D., dan Mustafa, B., 2009. *Penentuan Kedalaman Bidang Gelincir Daerah Rawan Gerakan Tanah dengan Metode Tahanan Jenis (Studi Kasus Dua titik Pengamatan di Kampus Unand Limau Manis Padang)*. Prosiding seminar Nasional Fisika Univesitas Andalas (SNFUA), (Hal 42-54).
- Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) Kota Padang. 2014. *Peraturan Walikota Padang*. Padang.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: Jhon Geophysicsin Hidrogeological and Wiley and Sons Ltd.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- Soenarmo, S.H., I.A. Sadisun, & E. Saptohartono. 2008. *Kajian Awal Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Pendugaan Potensi Tanah Longsor Berbasis Spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat*. Jurnal Geoaplika, Volume 3, No. 3, Hal 133-141.

- Subowo, E. 2003. *Pengenalan Gerakan Tanah. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.
- Sugiharyanto, Muhammad, N, & Nurul, K. 2009. *Study of Landslide Susceptibility in Samigaluh to Efforts the Mitigation of Hazard*. UNY: Hasil Penelitian Strategis Nasional Batch 1 tahun 2009.
- Sugito, Z. I., dan Indra P.J. 2010. *Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas*. Berkala Fisika. Vol. 13, No. 2, hal 49 – 54.
- Telford, W.M. Geldart, L.P, Sheriff R.E and Keys, D.A. (1990). *Applied Geophysics*. USA: Cambridge University Press.
- VSI (Vulcanology Survey of Indonesia). 2005. *Pengenalan Gerakan Tanah. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral*. dari http://ESDM.ac.id/pengenalan_gerakan_tanah/VSI.
- Wesley, Laurence D. (2010). *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*. ANDI: Yogyakarta.
- Zakaria, Z. 2005. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Zakaria, Z. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Bandung: Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjajaran.