

IDENTIFIKASI PREKURSOR TANAH LONGSOR BERDASARKAN PERUBAHAN NILAI TAHANAN JENIS BATUAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK TIME-LAPSE KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE DI BUKIK LANTIAK KECAMATAN PADANG SELATAN

Rifa Kurnia Pratama¹⁾, Akmam²⁾, Mahrizal²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP

Email: rifaipung@gmail.com

ABSTRACT

Landslides are a serious hazard for mankind causing fatality and material loss. Losses generated from landslide events can be minimized by investigating early symptoms or precursors of a landslide event. The research is conducted in Bukik Lantiak, South Padang sub-district by using Geolistrik method of time-lapse Dipole-dipole configuration as effort of early symptoms detection or precursor that can cause the occurrence of landslide disaster. The results shows that there is a change of rock resistivity value in each measurement path. The percentage change of resistivity are -12.25% of path 1, -8.73% of path 2, 3.07% of path 3, and -37.42% of path 4. The landslide precursor can be known from change of resistivity value, when measurements are made on each path at two different times so that the measured resistivity will be different. This difference is caused by the absorption of rainwater by the surface which then migrates into the inner layer

Keywords: *Precursors, Geolistrik, Time-lapse*

PENDAHULUAN

Bencana longsor adalah salah satu jenis bencana yang sering terjadi di Kota Padang. Pada rentang tahun 2013-2016 terjadi ± 25 kali longsor di Kota Padang^[1]. Kerusakan yang ditimbulkan tidak hanya berdampak langsung pada fasilitas umum, lahan pertanian maupun korban jiwa, akan tetapi dapat menimbulkan dampak tidak langsung seperti menghambat kegiatan pembangunan dan aktivitas ekonomi di Kota Padang. Kerugian ini dapat diminimalisasi apabila peristiwa tanah longsor dapat diketahui sedini mungkin dengan menyelidiki prekursor atau tanda awal dari peristiwa longsor. Informasi longsor membuat masyarakat mempunyai waktu yang cukup untuk mengambil tindakan yang dianggap perlu

Longsor terjadi jika stabilitas lereng berubah dari kondisi stabil menjadi tidak stabil. Gejala umum tanah longsor ditandai dengan munculnya retakan-retakan di lereng yang biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba dan tebing rapuh beserta kerikil mulai berjatuh. Beberapa indikator yang dapat dijadikan sebagai prekursor atau gejala awal dari tanah longsor antara lain kenaikan kapasitas air dalam tanah, guguran material tanah dan debit curah hujan yang terserap oleh tanah^[2].

Air hujan seringkali menjadi pemicu terjadinya longsor. Hujan dapat meningkatkan kadar air dalam tanah dan akan menyebabkan kondisi fisik lereng tidak stabil sehingga memperlemah faktor keamanan lereng^[3]. Besarnya konduktivitas dan tahanan jenis secara signifikan dipengaruhi oleh kadar air^[4]. Salah satu metode Geofisika yang digunakan untuk

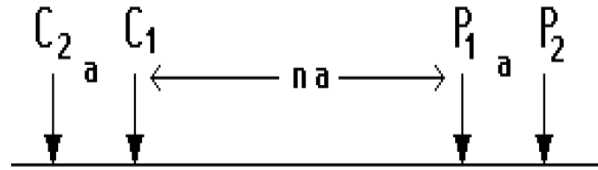
mengetahui tahanan jenis adalah metode Geolistrik.

Metode Geolistrik 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. Prinsip kerja metode Geolistrik tahanan jenis adalah menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan mengukur beda potensial listrik yang ditimbulkan^[5]. Beda potensial yang dihasilkan diukur melalui dua buah elektroda yang lainnya.

Nilai tahanan jenis yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung di lapangan dinamakan dengan tahanan jenis semu atau *apparent resistiviti* ρ_a . Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis dari suatu medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium tersebut^[6], dimana harganya dihitung dengan persamaan

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Konfigurasi *Dipole-dipole*. Konfigurasi *Dipole-dipole* dapat diterapkan untuk tujuan mendapatkan gambaran bawah permukaan pada objek yang penetrasinya relatif lebih dalam dibandingkan dengan metode sounding lainnya seperti konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Schlumberger*. Metode *Dipole-dipole* sering digunakan dalam survei-survei tahanan jenis karena rendahnya efek elektromagnetik yang ditimbulkan antara sirkuit arus dan potensial^[7]. Susunan elektroda konfigurasi *Dipole-dipole* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan elektroda konfigurasi *Dipole-dipole*^[8]

Gambar 1 menunjukkan susunan pemasangan elektroda pada pengukuran dengan metode Geolistrik. Berdasarkan Gambar 1 bahwa r_1 adalah jarak P_1 dengan C_1 , r_2 adalah jarak P_1 dengan C_2 , r_3 adalah jarak P_2 dengan C_1 dan r_4 adalah jarak antara P_2 dengan C_2 .

Nilai faktor Geometri konfigurasi *Dipole-dipole*, sebagai berikut:

$$K = \pi[n(n+1)(n+2)]a \quad (2)$$

Nilai tahanan jenis semu untuk konfigurasi *Dipole-dipole*, yaitu:

$$\rho_a = \pi n(n+1)(n+2)a \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

dimana, a merupakan jarak antara dua elektroda arus atau jarak dua elektroda potensial, susunan na merupakan jarak antara spasi elektroda arus dengan spasi elektroda potensial

Tahanan jenis yang terukur sewaktu pengukuran adalah tahanan jenis semu dimana untuk mengestimasi distribusi tahanan jenis sesungguhnya dari tahanan jenis semu dapat dilakukan dengan metode inversi, metode inversi yang digunakan adalah inversi *time-lapse*, metode inversi *time-lapse* merupakan pengukuran nilai tahanan jenis batuan batuan dalam selang waktu berbeda sehingga perubahan nilai tahanan jenis dalam selang waktu tertentu berasosiasi dengan perubahan sifat fisika batuan. Metode ini dirumuskan sesuai persamaan berikut:

$$[J_i^T R_d J_i + (\lambda_i W^T R_m W + \alpha_i M^T R_t M)] \Delta r_i =$$

$$J_i^T R_d g_i - (\lambda_i W^T R_m W + \alpha_i M^T R_t M) r_{i-1} \quad (4)$$

dimana J adalah matrix Jacobi, λ adalah faktor *damping*, g merupakan vector ketdalcocokan hasil pengukuran dan model, r_{i-1} adalah vektor yang mengandung logaritma dan nilai tahanan jenis model, Δr_i adalah perubahan dalam parameter model. M adalah matrix yang digunakan pada model *time* yang mana elemen diagonal dan elemen satu sub diagonal bernilai 1 dan -1. Persamaan (4) bertujuan untuk meminimalkan perbedaan tahanan jenis dalam penelitian *time-lapse* harus menghitung perubahan relatif tahanan jenis dengan persamaan (5)

$$\rho_{21} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} \quad (5)$$

ρ_2 adalah nilai resistiviti kedua dan ρ_1 nilai resistiviti pertama^[9].

Berdasarkan uraian di atas telah dilakukan penelitian yang berjudul “Identifikasi Prekursor Tanah Longsor Berdasarkan Perubahan Nilai Tahanan Jenis Batuan Menggunakan Metode Geolistrik *Time-Lapse* Konfigurasi *Dipole-dipole* Di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan”, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana perubahan nilai tahanan jenis batuan dengan metode Geolistrik *time-lapse* di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan sebagai prekursor tanah longsor.

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya perubahan nilai tahanan jenis batuan dan mengetahui perubahan nilai tahanan jenis batuan sebagai prekursor tanah longsor di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian deskriptif ini dilaksanakan di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan menggunakan metode Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole*. Parameter yang diukur adalah kuat arus listrik (I), beda potensial (v), dan jarak elektroda. Susunan elektroda/konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi *Dipole-dipole*. Pengukuran

dilaksanakan pada 4 lintasan. Setelah menentukan lintasan, kemudian melakukan penempatan elektroda arus dan potensial dengan menggunakan alat Geolistrik ARES *Multielectrode* beserta perlengkapan, dan GPS untuk mengetahui garis lintang dan bujunya.

Parameter yang dihitung pada penelitian ini adalah tahanan jenis semu. Cara menghitung tahanan jenis semu terdapat pada persamaan (1). Nilai tahanan jenis semu diinterpretasi menggunakan metode inversi untuk mendapatkan nilai tahanan jenis sebenarnya.

Parameter yang diinterpretasikan yaitu perubahan tahanan jenis sesungguhnya dan kedalaman. Data diinterpretasikan menggunakan inversi *time-lapse* menggunakan *Software Res2Dinv*. Parameter yang diestimasi yaitu prekursor tanah longsor. Estimasi prekursor diketahui berdasarkan perubahan nilai tahanan jenis batuan dari dua pengukuran dalam waktu yang berbeda dengan menggunakan persamaan (5)

Desain lintasan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 2. Desain Lintasan pengukuran Berdasarkan Gambar 2 merupakan desain lintasan pengukuran pada penelitian. Warna hijau merupakan lintasan 1, warna kuning lintasan 2, warna merah lintasan 3, warna biru lintasan 4,

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran Geolistrik dilapangan menggunakan ARES berupa kuat arus listrik (I), beda potensial (V), dan tahanan jenis semu (ρ_a). Pengambilan data

dilakukan di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang Pengukuran dilakukan 2 kali dengan waktu yang berbeda, pengukuran pertama dilakukan pada bulan Februari dan Maret 2016 yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan pengukuran kedua dilakukan pada bulan Oktober 2016 yang dapat dilihat pada Tabel 2 menggunakan 4 lintasan.

Tabel 1. Waktu Pengukuran Pertama untuk Setiap Lintasan.

No	Lintasan	Tanggal Pengukuran
1	1	5 Maret 2016
2	2	6 Maret 2016
3	3	15 Oktober 2016
4	4	16 Oktober 2016

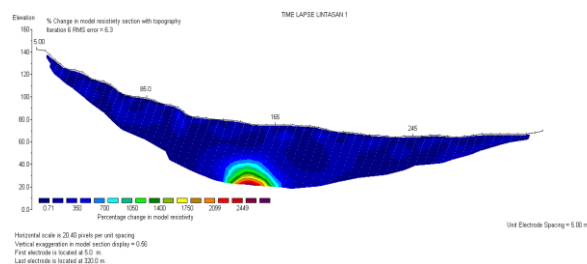
Tabel 2. Waktu Pengukuran Kedua untuk Setiap Lintasan.

No	Lintasan	Dari
1	1	1 Oktober 2016
2	2	2 Oktober 2016
3	3	22 Oktober 2016
4	4	23 Oktober 2016

1. Hasil Penelitian

Lintasan 1 (00°58'04.1" LS dan 100°22'07.2" BT - 00°58'02.2" LS dan 100°22'14.1" BT)

Lintasan 1 berada pada koordinat 00°58'04.1" LS dan 100°22'07.2" BT menuju ke arah selatan dengan koordinat 00°58'02.2" LS dan 100°22'14.1" BT. Gambar 4 menunjukkan penampang 2D inversi *time-lapse*



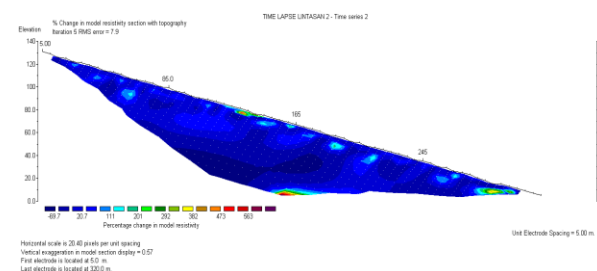
Gambar 3. Penampang 2D Perubahan Tahanan Jenis Lintasan 1

Gambar 3 memperlihatkan penampang 2D perubahan nilai tahanan jenis bawah permukaan sepanjang Lintasan 1. *RMS error* sebesar 6,3%. Besarnya perubahan tahanan jenis untuk kedua set data rata-rata hampir sama pada semua titik pengukuran sekitar -12,25%.

Perubahan yang terjadi pada Lintasan 1 bernilai negatif. Nilai negatif menjelaskan adanya penurunan nilai tahanan jenis saat dilakukan pengukuran yang ke dua. Pada pengukuran pertama nilai tahanan jenis bernilai 162,11 Ω dan pada pengukuran kedua bernilai 142,26 Ω . Lintasan 1 belum menunjukkan adanya tanda awal dari tanah longsor berdasarkan perubahan nilai tahanan jenis batuan, karena perubahan nilai tahanan jenis yang terlihat tidak terlalu besar.

Lintasan 2 (00°58'08,7" LS -100°22'10,3" BT, 00°57'58,9" LS - 100°22'10,2" BT)

Lintasan 2 merupakan lintasan pengikat antara Lintasan 1, Lintasan 3 dan Lintasan 4. Lintasan 2 dimulai dari arah timur dengan koordinat 00°58'08,7" LS dan 100°22'10,3" BT menuju ke arah barat dengan koordinat 00°57'58,9" LS dan 100°22'10,2" BT. Gambar 5 menunjukkan penampang 2D inversi *time-lapse*.



Gambar 4. Penampang 2D Perubahan Tahanan Jenis Lintasan 2

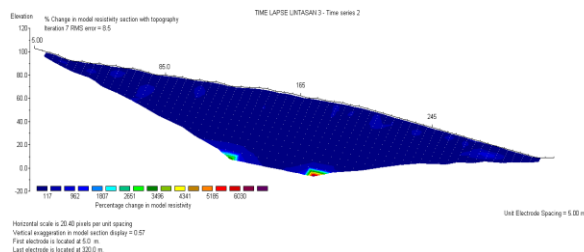
Gambar 4 memperlihatkan penampang 2D perubahan nilai tahanan jenis bawah permukaan sepanjang Lintasan 2. *RMS error* 7,9 %. Besarnya perubahan tahanan jenis untuk kedua set data rata-rata hampir sama

pada semua titik pengukuran yaitu sekitar - 8,73 %.

Perubahan yang terjadi pada Lintasan 2 bernilai negatif. Nilai negatif menjelaskan adanya penurunan nilai tahanan jenis saat dilakukan pengukuran yang ke dua. Pada pengukuran pertama nilai tahanan jenis bernilai $189,67\Omega$ dan pada pengukuran kedua bernilai $173,10\Omega$. Lintasan 2 belum menunjukkan adanya tanda awal dari tanah longsor berdasarkan perubahan nilai tahanan jenis batuan, karena perubahan nilai tahanan jenis yang terlihat terlalu kecil

Lintasan 3 ($00^{\circ} 58' 08,3''$ LS- $100^{\circ} 22' 07,0''$ BT dan $00^{\circ} 58' 06,4''$ LS- $100^{\circ} 22' 14,6''$ BT)

Lintasan 3 terletak dibagian timur daerah penelitian yang dimulai dari puncak bukit sebelah utara dengan koordinat $00^{\circ} 58' 08,3''$ LS dan $100^{\circ} 22' 07,0''$ BT sampai ke arah selatan dengan koordinat $00^{\circ} 58' 06,4''$ LS dan $100^{\circ} 22' 14,6''$ BT. Gambar 6 menunjukkan penampang 2D inversi *time-lapse*



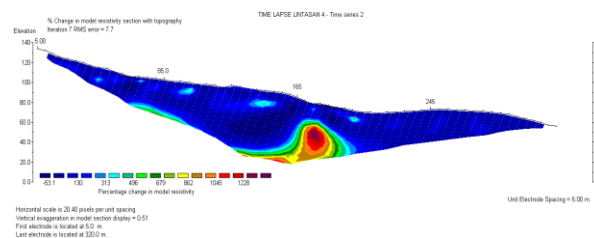
Gambar 5. Penampang 2D Perubahan Tahanan Jenis Lintasan 3

Gambar 5 memperlihatkan penampang 2D perubahan nilai tahanan jenis bawah permukaan sepanjang Lintasan 3. RMS error 8,5 %. Besarnya perubahan tahanan jenis untuk kedua set data rata-rata hampir sama pada semua titik pengukuran yaitu sekitar 3,07 %.

Perubahan yang terjadi pada Lintasan 3 bernilai positif. Nilai positif menjelaskan adanya peningkatan nilai tahanan jenis saat dilakukan pengukuran yang ke dua. Pada pengukuran pertama nilai tahanan jenis bernilai $199,93\Omega$ dan pada pengukuran kedua bernilai $206,09\Omega$. Lintasan 3 tidak menunjukkan adanya tanda awal dari tanah longsor berdasarkan perubahan nilai tahanan jenis batuan, karena terjadi peningkatan nilai tahanan jenis batuan saat dilakukan pengukuran yang ke dua.

Lintasan 4 ($00^{\circ} 58' 00,4''$ LS- $100^{\circ} 22' 06,5''$ BT, $00^{\circ} 57' 55,9''$ LS - $100^{\circ} 22' 12,1''$ BT.)

Lintasan 4 berada dibagian barat daerah penelitian. Lintasan 4 dimulai dari puncak bukit sebelah utara dengan koordinat $00^{\circ} 58' 00,4''$ LS dan $100^{\circ} 22' 06,5''$ BT menuju ke arah selatan dengan koordinat $00^{\circ} 57' 55,9''$ LS dan $100^{\circ} 22' 12,1''$ BT. Gambar 7 menunjukkan penampang 2D inversi *time-lapse*



Gambar 6. Penampang 2D perubahan Tahanan Jenis Lintasan 4

Gambar 6 memperlihatkan penampang 2D perubahan nilai tahanan jenis bawah permukaan sepanjang Lintasan 4. RMS error 7,7 %. Besarnya perubahan tahanan jenis untuk kedua set data rata-rata hampir sama pada semua titik pengukuran yaitu sekitar - 37,43 %.

Perubahan yang terjadi pada Lintasan 4 bernilai negatif. Nilai negatif menjelaskan

adanya penurunan nilai tahanan jenis saat dilakukan pengukuran yang ke dua. Pada pengukuran pertama nilai tahanan jenis bernilai $318,69\Omega$ dan pada pengukuran kedua bernilai $199,61\Omega$. Lintasan 4 menjelaskan perubahan nilai tahanan jenis yang besar, perubahan ini bisa dijadikan sebagai tanda awal dari tanah longsor berdasarkan perubahan nilai tahanan jenis karena terjadi penurunan nilai tahanan jenis.

2. Pembahasan

Persentase perubahan tahanan jenis antara dua set pengukuran data pada setiap lintasan konfigurasi *Dipole-dipole* dapat dilihat pada Tabel 3.

Lintasan	Tahanan jenis (Ω)		Persentase Perubahan Tahanan jenis (%)
	Pengukuran pertama	Pengukuran kedua	
1	162,11	142,26	-12,25
2	189,67	173,10	-8,73
3	199,93	206,09	3.07
4	318,69	199,41	-37.42

Pada tabel 3, persentase perubahan tahanan jenis ada yang bernilai positif dan bernilai negatif. Nilai positif menunjukkan adanya peningkatan nilai tahanan jenis batuan dari pengukuran pertama. Nilai negatif menunjukkan adanya penurunan nilai tahanan jenis dari pengukuran pertama. Penurunan nilai tahanan jenis batuan disebabkan karena meningkatnya kadar air dalam tanah.

Peningkatan kadar air dalam tanah disebabkan adanya penyerapan air hujan oleh permukaan yang kemudian migrasi ke dalam lapisan bagian dalam. Aliran air dalam tanah akan mempercepat terjadinya tanah longsor karena air dapat menurunkan tingkat kelekatan butiran tanah^[10]. Penyerapan air ini mengakibatkan perubahan kadar air di bagian dalam, sehingga mempengaruhi derajat kejenuhan tanah. Suatu massa tanah terdiri dari butiran tanah dan ruang pori diantara

butiran tanah, dimana ruang pori ini terisi oleh air dan membuat massa tanah berada pada kondisi jenuh. Kekuatan tanah akan berkurang apabila mempunyai kadar air yang tinggi atau dalam kondisi yang sangat jenuh air. Secara teori, nilai tahanan jenis suatu batuan bergantung kepada kandungan air.

Pada lintasan 1 inversi *time-lapse* data geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* menunjukkan nilai negatif ini menunjukkan adanya penurunan nilai resistivitas batuan dari pengukuran pertama. Penurunan nilai resistivitas ini disebabkan karena kandungan air dalam tanah meningkat karena penyerapan air hujan oleh permukaan

Pada lintasan 2 inversi *time-lapse* data geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* menunjukkan nilai negatif ini menunjukkan adanya penurunan nilai resistivitas batuan dari pengukuran pertama. kedua Penurunan nilai resistivitas ini disebabkan karena kandungan air dalam tanah meningkat karena penyerapan air hujan oleh permukaan tanah.

Pada lintasan 3 inversi *time-lapse* data geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* menunjukkan nilai positif ini menunjukkan adanya peningkatan nilai resistivitas batuan dari pengukuran pertama. Peningkatan nilai tahanan jenis pada lintasan 3 tidak terlalu mencolok, peningkatan ini disebabkan karena kurangnya penyerapan air oleh permukaan karena waktu pengukuran yang berjarak singkat antara pengukuran pertama dan pengukuran kedua.

Pada lintasan 4 inversi *time-lapse* data geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* menunjukkan nilai negatif, ini menunjukkan adanya penurunan nilai resistivitas batuan dari pengukuran pertama. Penurunan nilai tahanan jenis pada lintasan 4 sangat besar, ini disebabkan karena saat pengukuran terjadi hujan di lokasi penelitian. sehingga menyebabkan terjadinya penurunan nilai tahanan jenis yang sangat tinggi.

Berdasarkan dari hasil yang diperoleh, lintasan 4 merupakan lintasan

yang berkemungkinan terjadi longsor berdasarkan perubahan nilai tahanan jenis batuan karena lintasan 4 mengalami penurunan nilai tahanan jenis yang cukup besar dari lintasan 1, lintasan 2, lintasan 3, dimana penurunan yang terjadi sebesar -37.42%.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mahrizal dkk (2016) tentang monitoring geolistrik *time-lapse* untuk daerah rawan longsor di Kota Padang menunjukkan adanya perubahan nilai resistivitas jika dilakukan pengukuran pada dua atau lebih waktu yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan karena adanya penyerapan air hujan oleh permukaan yang kemudian migrasi ke dalam lapisan bagian dalam. Wilkinson (2011) telah melakukan monitoring jangka panjang geolistrik *time-lapse* untuk melihat dinamika dari proses longsor. Penelitian dilakukan dari Maret 2008 sampai Mei 2009. Dalam penelitian didapatkan adanya perubahan nilai resistiviti secara sensitif terhadap saturasi. Namun nilai potensial yang terukur tidak hanya bergantung pada nilai resistivitas batuan tetapi juga tergantung pada posisi dari elektroda. Farooq (2013) telah melakukan penelitian investigasi injeksi *grouting* di rongga bawah permukaan dengan metode *time-lapse* resistiviti. Hasil peneltian menegaskan efektivitas resistivitas untuk pemantuan injeksi grout di bawah permukaan namun masih perlu dilakukan lagi penelitian terkontrol terkait injeksi materi grout.

KESIMPULAN

1. Prekursor tanah longsor dapat diketahui dari perubahan nilai tahanan jenis batuan, ketika pengukuran dilakukan pada setiap lintasan pada dua waktu yang berbeda tahanan jenis yang terukur berbeda. Perbedaan ini disebabkan karena adanya penyerapan air hujan oleh permukaan yang kemudian migrasi ke dalam lapisan bagian dalam
2. Besarnya perubahan nilai tahanan jenis tiap lintasan yang terjadi antara lain;

Lintasan 1 sebesar -12,25%, Lintasan 2 sebesar -8,73, Lintasan 3 sebesar 3,07, Lintasan 4 sebesar -37,42.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis. Terima kasih kepada Bapak Drs. Akmam, M. Si dan Bapak Drs. Mahrizal, M. Si. atas bimbingannya selama ini dalam menyelesaikan penelitian ini. Terimakasih kepada Bapak Dr. Ahmad Fauzi, M.Si, , Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si, Ibu Dra. Hidayati, M. Si. atas saran dan masukan dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga kepada teknisi Edi Kurnia, S.Si dan rekan-rekan yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Padang. 2013. *Peta Kapasitas Bencana Tanah Longsor di Kota Padang Sumatera Barat*. Padang.
- [2] Jamil, Mohamad. Togubu, Jamalun. 2016. *Implementasi Teknologi Wireless Sensor Network (WSN) Untuk Monitoring Pergeseran Tanah*. Jurnal PROtek Vol 03. No. 2, September 2016.
- [3] Zakaria, Zulfialdi. 2009. *Analisi Kestabilan Lereng*. Geologi Teknik. FTG-UNPAD:Bandung
- [4] Wei, Bai. 2013. *Effect of Phisical Properties on Electrical Conductivityof Caompacked Lateritic Soil*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering S (2013), 4006-411
- [5] Akmam dan Nofi Yendri Sudiar.2013. *Analisis Struktur Batuan Dengan Metoda Inversi Smoothness-Constrained Least-Squares Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Universitas Negeri Padang Kampus Air*

Tawar. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013. Hlm 1-6

- [6] Akmam, et al. 2015. "Optimization Of Least Squares Methods Smooth Constrain Using Occam's Inversion Geoelectric Resistivity Dipole-Dipole Configuration For Estimation Slip Surface". Jurnal ICOMSET ISBN 978-602-19877-3-5.
- [7] Loke, M. H. *Time-Lapse Resistivity Imaging Inversion*. Paper Presented at the 5th Meeting of the Environmental and Engineering Society European Section, Sept 6-9 1999, Budapest, Hungary
- [8] Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Geophysics in Hydrogeological and Wiley and Sons Ltd
- [9] Loke, M. H. Dahlin, T. Rucker D. F. *Smoothness-Constrained Time-Lapse Inversion of Data From 3D Resistivity Surveys Near Surface Geophysics* 2014, 12 5-24
- [10] Muallifah, Faqih. 2009. *Perancangan Dan Pembuatan Alat Ukur Tahanan jenis Tanah*. Jurnal Neutrino Vol. 1, No 2 April 2009