

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MONITORING GEOLISTRIK TIME-LAPSE
UNTUK MEMANTAU DAERAH RAWAN LONGSOR DI KOTA PADANG
DENGAN MENGGUNAKAN METODA GEOLISTRIK TIME-LAPSE
RESISTIVITY INVERSION KONFIGURASI WENNER**

Mahrizal, Ahmad Fauzi, Akman

Jurusan Fisika FMIPA UNP, Padang
mahrizalmz@gmail.com Komp Permata Biru Blok F No. 15
Batang Kabung Koto Tangah PADANG 25172 HP 085658434825

ABSTRACT

Lately landslide disasters often hit the city of Padang. In order for this landslide problem can be adequately addressed by the parties concerned it is necessary to comprehensively research and see the picture of the physical properties and structure of the subsurface rocks in areas prone to landslides. Until now, how the image of the physical properties and structure of the subsurface rocks in Padang has not been disclosed. This research aim to identify the presence of sliding plane in areas prone to landslides. Data collection was performed at the Bukit Lantiak who entered the Seberang Palinggam Village, South Padang District, city of Padang. Data obtained by using the Wenner configuration are processed with the help of RES2DINV software in the form of a cross section 2D models that have different colors. Each color indicates the range of values of certain types of resistivity. The interpretation of data to Track 1 is as follows. Tracks 1 is located at coordinates $0.00^{\circ} 58' 3.7''$ S and $100^{\circ} 22' 5.6''$ E until $0.00^{\circ} 58' 3.9''$ S and $100^{\circ} 22' 10.1''$ E. Sounding point is at coordinates $0.00^{\circ} 58' 3.9''$ S and $100^{\circ} 22' 10.1''$ E. First track length is 315 m with an electrode spacing of 5 m. Based on the resistivity values obtained on Track 1 is identified, there are 4 types of rock constituent that is Clay, Sandstone, Limestone, and Andesite. Interpretation of the results showed in Track 1 are sliding plane. Geoelectric Time-Lapse Resistivity Inversion Method done for two sets of data, geoelectric measurements at an early stage and second stage. The magnitude of change in resistivity to both sets of data on average almost the same at all points of measurement which is around 50%, except at certain points which indicate a greater percentage.

Keywords: *Landslide Disasters, Physical Properties and Structure of The Subsurface Rocks, Geoelectric Resistivity Method Wenner Configuration, Sliding Plane, Time-Lapse Resistivity Inversion*

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini bencana longsor sering melanda Kota Padang. Agar masalah longsor ini bisa ditangani secara menyeluruh oleh pihak yang terkait maka perlu dilakukan penelitian secara komprehensif serta melihat gambaran sifat fisis dan struktur batuan bawah permukaan di daerah rawan longsor. Hingga kini, bagaimana gambaran sifat fisis dan

struktur batuan bawah permukaan di Kota Padang belum banyak diungkapkan.

Pemerintah Provinsi Sumatera Barat telah mengidentifikasi kerentanan bahaya longsor baik secara fisik maupun non-fisik. Kerentanan secara fisik adalah belum ada tanda-tanda bahaya pada lokasi bahaya longsor, belum ada peta resiko longsor dan belum terpasang alat peringatan dini. Sedangkan kerentanan non-fisik dari bahaya longsor adalah

masyarakat tidak terdidik untuk meng hindari bahaya longsor, keterbatasan lahan pembuatan pemukiman baru, sistem pemilikan tanah yang melibatkan budaya lokal dan kekurangan kemampuan masyarakat untuk mencegah, menjinakan, mencapai kesiapan dan menanggapi dampak bahaya longsor.

Ancaman bahaya longsor di Sumatera Barat pada umumnya dan Kota Padang pada khususnya bersumber pada banyaknya pemukiman masyarakat yang terletak di kaki lereng bukit serta jalan-jalan raya strategis dibangun pada lereng-lereng bukit yang cukup terjal. Pada musim hujan, banyak daerah-daerah tersebut mengalami kejadian longsor. Jika hal ini dibiarkan terus-menerus maka akan mengganggu masyarakat dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari.

Pemprov Sumatera Barat telah menyusun sebuah rencana penang gulangan bencana periode 2008-2012 melalui Perda No. 115 tahun 2008. Dengan beragamnya potensi bencana yang ada di Provinsi Sumatera Barat, maka dibutuhkan skala prioritas dalam pengurangan resikonya. Skala prioritas dikelompokkan dalam 3 tingkat yang mana masing-masing tingkat ditentukan ber dasarkan faktor kemungkinan terjadi bencana, kerentanan masyarakat, dan kapasitas sumber daya yang dimiliki. Ketiga tingkatan tersebut adalah Tingkat Resiko Satu yaitu paling mendesak untuk ditangani, Tingkat Resiko Dua yaitu segera harus ditangani dan Tingkat Resiko Tiga yaitu dapat ditangani secara bertahap. Tingkat Resiko Satu adalah jika potensi jumlah korban dan kerugian atau kerusakan yang timbul amat besar dengan potensi terjadinya bencana amat tinggi. Longsor termasuk dalam kategori Tingkat Resiko Dua yang harus segera ditangani.

Beberapa upaya yang telah dilaku kan pemerintah dalam mengantisipasi bencana longsor adalah membuat rambu-rambu rawan longsor dan menempatkan alat-alat berat pada titik-titik yang sering

terjadi longsor. Meskipun demikian usaha ini dinilai oleh banyak kalangan belum menuntaskan permasalahan karena longsor terjadi pada daerah tersebut secara berulang-ulang. Oleh karena itu, diperlukan sebuah penelitian yang kom prehensif yang melibatkan kepakaran dan alat-alat serta perangkat lunak yang memadai.

Salah satunya daerah di Kota Padang yang sering terkena bencana longsor adalah daerah sekitar Gunung Padang. Gunung Padang merupakan rangkaian dari Bukit Gado-Gado, Bukit Air Manis dan Bukit Putuih. Gunung Padang terletak di Kelurahan Mato Aie, Kecamatan Padang Selatan, morfologi daerahnya terdiri perbukitan dengan ketinggian sedang, serta memiliki kemiringan lereng rata-rata 30° - 65° (Brotodiharjo *et al*, 2001). Kejadian longsor lahan di Gunung Padang banyak menimbulkan kerugian bagi masyarakat, berupa hancurnya bangunan, kerusakan prasarana fisik, dan korban meninggal dunia, seperti yang terjadi pada tanggal 31 Juli 2001 dan tahun 2009. Mengingat rawannya daerah Gunung Padang ter hadap bencana longsorlahan, maka perlu dilakukan penyelidikan metode geolistrik time-lapse untuk memantau perkem bangan daerah rawan longsor setiap saat.

Salah satu pemicu terjadinya bencana longsor adalah curah hujan yang tinggi. Secara teori, nilai tahanan jenis suatu batuan bergantung kepada kandungan air. Apakah metode geolistrik time-lapse dapat mengetahui perubahan nilai tahanan jenis batuan setelah dan sebelum hujan hingga kini belum terungkap. Di Indonesia, penelitian ini adalah yang pertama mengembangkan teknologi monitoring geolistrik time-lapse untuk memantau daerah rawan longsor khususnya akibat musim. Jika penelitian ini berhasil maka akan didapatkan sebuah “frontier technology” dalam bidang ge olistrik untuk memantau perkembangan daerah rawan longsor setiap saat.

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Secara umum kejadian longsor disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor pendorong dan faktor pemicu. Faktor pendorong adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi material sendiri, sedangkan faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan Bergeraknya material tersebut. Tanah longsor terjadi pada permukaan bumi berupa lereng atau secara fisisnya berupa wilayah yang berbentuk bidang miring.

Tim Bakornas Penanggulangan Bencana Nasional (2007) memperkenalkan definisi longsor, gangguan kestabilan lereng, proses pemicu longsor, kajian bahaya longsor, gejala dan peringatan dini bencana longsor, parameter-parameter fisika bencana longsor, upaya mitigasi dan karakteristik bencana longsor sebagai berikut. Longsoran merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Ada 6 jenis tanah longsor, yakni: longsoran translasi, longsoran rotasi, pergerakan blok, runtuhnya batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Jenis longsoran translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsoran yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

Beberapa peneliti terdahulu telah menggunakan metode geolistrik untuk memetakan daerah rawan longsor. Jaya (2005) telah menentukan bidang gelincir pada daerah rawan longsor melalui pengukuran karakteristik kelistrikan bumi dengan daerah studi kasus di Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Hasilnya adalah tiap-tiap lapisan didominasi oleh jenis tanah lanauan dan pasir yang mempunyai harga resistivitas dari 15-150 Ohmmeter,

hasil ini bersesuaian dengan data bor. Sudut bidang gelincir yang ditemukan adalah $37,65^\circ$ dan $22,7^\circ$. Suhendra (2005) menentukan geometri bidang gelincir di jalur jalan raya antara Wanareja –Majenang di Km. 90,4 Desa Cikukun Kecamatan Wanareja Banyumas Propinsi Jawa Tengah menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner–Schlumberger. Berdasarkan nilai tahanan jenis yang diperoleh di Desa Cikukun yaitu $7,2 \Omega\text{m} - 9,5 \Omega\text{m}$ dari penampang 2D geolistrik terlihat ada tiga bidang gelincir dan di Desa Cirongge diperoleh nilai tahanan jenis dari $2,6 \Omega\text{m} - 3,5 \Omega\text{m}$ serta dari penampang 2-D geolistrik terlihat ada dua bidang gelincir yang mempengaruhi gerakan tanah dengan kedalaman yang bervariasi antara 2 sampai 9 m. Yilmaz (2007) menyelidiki longsoran Gürbulak, Trabzon, arah timur laut Turki menggunakan metode penampang bayangan resistivitas listrik 2D. Penyelidikan diarahkan untuk menentukan ketebalan material yang bergerak, bidang gelincir dan evaluasi airtanah yang berhubungan dengan terjadinya longsoran. Hasil resistiviti dan informasi geologi dari longsoran menemukan bahwa bodi longsoran mempunyai derajat yang berbeda dan derajat saturasi tinggi dan bidang gelincir berada pada kedalaman 10 m.

Sule, et.al., (2007) menggunakan metode resistivity dan GPS dalam memetakan longsor lahan di daerah Panawangan, Ciamis, Indonesia. Hasil penelitian ini menemukan bahwa nilai resistiviti Halang didominasi oleh *clay* dan formasi didominasi oleh *breccia* dapat menjelaskan perbedaan hasil-hasil inversi dari data resistiviti dimana bidang antarmuka pada masing-masing formasi berlaku sebagai bidang gelincir. Nilai resistivitas rendah menunjukkan kemungkinan *incharge* air permukaan. Sedangkan beberapa nilai resistivitas rendah yang ditemukan di daerah penelitian dapat berlaku sebagai trigger untuk terjadinya longsoran.

Hasil survei GPS menunjukkan adanya pergerakan tanah daerah penelitian dengan pergeseran horizontal maksimum 175 mm dan pergeseran vertikal maksimum 6 mm. Ini mengindikasikan bahwa kombinasi kedua metode potensial untuk memantau longsoran. Colangelo, et.al., (2008) menerapkan tomografi resistivitas listrik 2D untuk menyelidiki longsoran aktif di daerah Basilicata, arah tenggara Italia. Modal, et.al., (2008) menggunakan metode tomografi resistivitas listrik 2D resolusi tinggi untuk mengkaraktiriskan longsoran aktif di Garhwal Himalaya, India. Tomogram resistivitas mengindikasikan keberadaan zona bidang gelincir pada kedalaman 10-20 m dari permukaan tanah.

Selanjutnya, Lapenna, et.al., (2012) mengembangkan algoritma data inverse tomografi untuk monitoring longsoran di bagian selatan Italia. Hasilnya adalah metode geolistrik robust ini secara efektif diaplikasikan untuk memberikan kontribusi terhadap fase dalam siklus manajemen bencana. Sule, et.al., (2007) telah menggunakan kombinasi metode resistivitas dan GPS untuk menyelidiki longsoran di Area Panawangan-Ciamis, Indonesia. Hasilnya menunjukkan gerakan berarti dari tanah dalam area yang diselidiki dengan pergeseran horizontal maksimum 175 mm dan pergerakan vertikal maksimum 6 mm. Travelletti, et.al., (2011) menggunakan metode tomografi resistivitas listrik time-lapse untuk me-

monitor perembesan dan aliran air bawah permukaan dalam tanah longsor dengan batuan pasir bercampur clay. Hasil penelitian mengindikasikan sebuah penguangan berarti dalam resistivitas sampai 18% dibandingkan dengan keadaan awal dalam skema hujan. Penelitian ini mendemonstrasikan bahwa metode tomografi resistivitas listrik time-lapse berpotensi memonitor perembesan air pada bidang miring pasir bercampur clay.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa meskipun metode geolistrik telah digunakan secara luas untuk menyelidiki karakteristik daerah rawan longsor, namun pengembangan teknologi monitoring geolistrik time-lapse untuk memantau perkembangan daerah rawan longsor masih sangat sedikit. Di Indonesia, metode geolistrik time-lapse ini adalah yang pertama diterapkan untuk memantau perkembangan daerah rawan longsor dalam selang waktu tertentu.

METODE PENELITIAN

Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di Kota Padang yaitu di Bukit Lantiak yang termasuk Kelurahan Seberang Palinggam Kecamatan Padang Selatan.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam survei geolistrik dan geologi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang Digunakan dalam Survei Geolistrik dan Geologi

No	Nama Alat	Spesifikasi	Kegunaan	Jumlah
1	Automatic Resistivity System GF Instruments	Model Ares-G4	Mengukur nilai tahanan jenis batuan bawah permukaan	1 buah
2	GPS	Garmin V	Mengukur posisi	1 buah
3	Altimeter	Pauline	Mengukur ketinggian	1 set
4	Mobil	CC>1800	Alat transportasi lapangan	1 buah
5	Kamera digital	Optikal zoom	Pemotretan titik-titik amat	1 buah

6	Palu geologi	-	Pengetukan batuan	1 buah
7	Kompas	Utara-selatan	Menentukan arah amat	1 buah

Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

Peralatan utama yang digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan jenis adalah *Automatic Resistivity System GF Instruments* (ARES) dengan spesifikasi Model Ares-G4 buatan Republik Cheko. Teknik pengumpulan data yang akan digunakan adalah konfigurasi Wenner untuk melihat perubahan nilai tahanan jenis secara vertikal dan Metoda Geolistrik Time-Lapse Resistivity Inversion untuk melihat perubahan resistivitas untuk dua waktu yang berbeda. Titik-titik pengamatan ditentukan berdasarkan peta topografi, peta jalan dan pengetahuan geologi daerah tersebut. Sebelum pelaksanaan pengukuran di lapangan, disiapkan alat dan bahan sebagai berikut: peta jalan, peta tofografi, peta geologi, *Automatic Resistivity System GF Instruments*, altimeter, alat ukur posisi (*Global Positioning System*), kamera foto, jam, alat komunikasi dan alat transportasi. Pengukuran nilai tahanan jenis di setiap stasiun diikuti dengan pengukuran ketinggian, dan pengukuran posisi stasiun serta dilanjutkan dengan memfoto posisi stasiun. Alat yang digunakan untuk mengukur posisi stasiun adalah GPS sedang alat untuk mengukur ketinggian adalah altimeter.

Tabel 2. Nilai Kuat Arus, Beda Potensial dan Hambat Jenis Lintasan 1

No	Lintasan	Nilai	I (mA),	V (mV)	ρ_a (ohm.meter).
1	1	Maks	457.65	365.8	1178.71
		Min	4.88	20.06	31.92

Data yang diperoleh dengan menggunakan Konfigurasi Wenner ini diolah dengan bantuan software RES2DINV

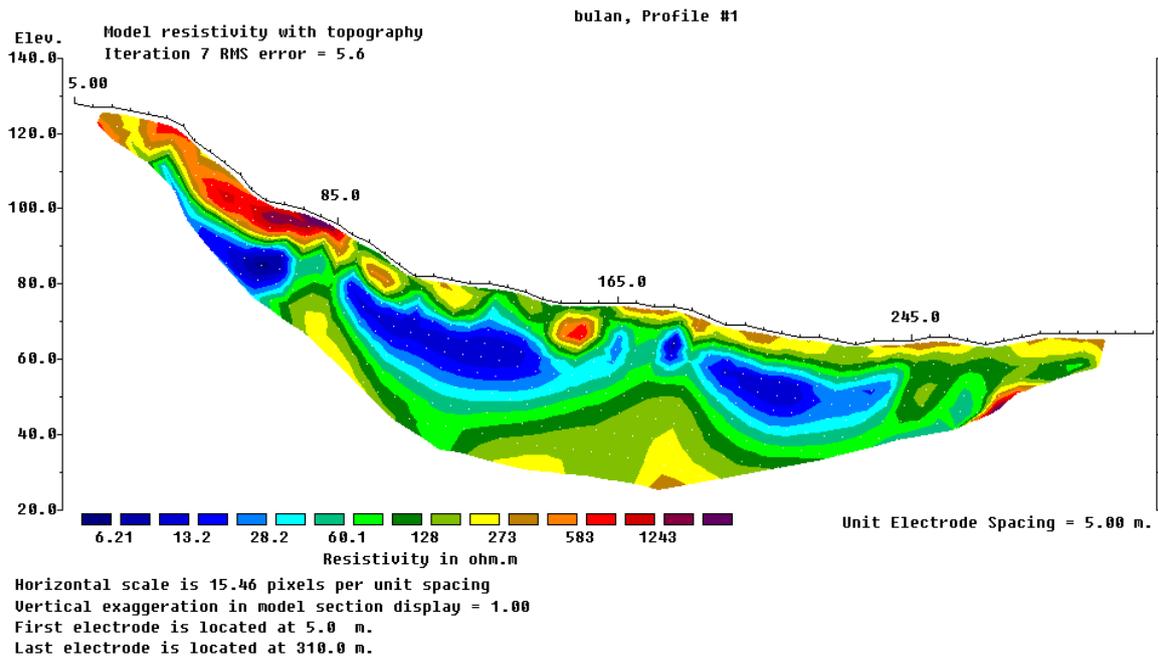
Teknik Analisis Data Geolistrik

Pengolahan data lapangan hasil pengukuran geolistrik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak RES2D. Pada tahap ini dicoba untuk menampilkan Model 2-D yang menggambarkan nilai tahanan jenis batuan pada kedalaman tertentu. Untuk menyakinkan kualitas hasil pemodelan, nilai tahanan jenis dan kedalaman sebenarnya yang pertama sekali dihitung digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan jenis dan kedalaman semu terhitung berikutnya. Proses ini dilakukan terus menerus (iterasi) sampai didapatkan hasil yang terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengukuran Geolistrik dengan menggunakan *Automatic Resistivity System GF Instruments* Konfigurasi Wenner dapat dikelompokkan dalam data maksimum (Maks) dan minimum (Min) yang terdiri atas data kuat arus I (dalam mA), data selisih potensial V (dalam mV) dan data hambat jenis ρ_a (dalam ohm.meter), seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

berupa penampang model 2D yang memiliki warna yang berbeda-beda seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penampang Model 2D Lintasan 1 dengan Topografi

Masing-masing warna menunjukkan rentang nilai tahanan jenis tertentu, yang dapat diinterpretasi sebagai jenis mineral geologi tertentu seperti dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil interpretasi data untuk Lintasan 1 ini adalah sebagai berikut. Lintasan 1 terletak pada Koordinat $0.00^{\circ} 58' 3.7''$ LS dan $100^{\circ} 22' 5.6''$ BT sampai $0.00^{\circ} 58' 3.9''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10.1''$ BT. Titik sounding berada pada koordinat $0.00^{\circ} 58' 3.9''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10.1''$ BT. Panjang Lintasan 1 adalah 315 m dengan spasi elektroda 5 m. Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh pada Lintasan 1 diidentifikasi terdapat 4 jenis batuan penyusun yaitu Clay, Sandstone, Lime stone, dan Andesit. Hasil interpretasi menunjukkan di Lintasan 1 terdapat bidang gelincir yang membentang dari posisi $x = 15$ m sampai $x = 85$ m masing-masing dengan ketinggian 118 mdpl sampai 86 mdpl, dengan ketebalan 32 m.

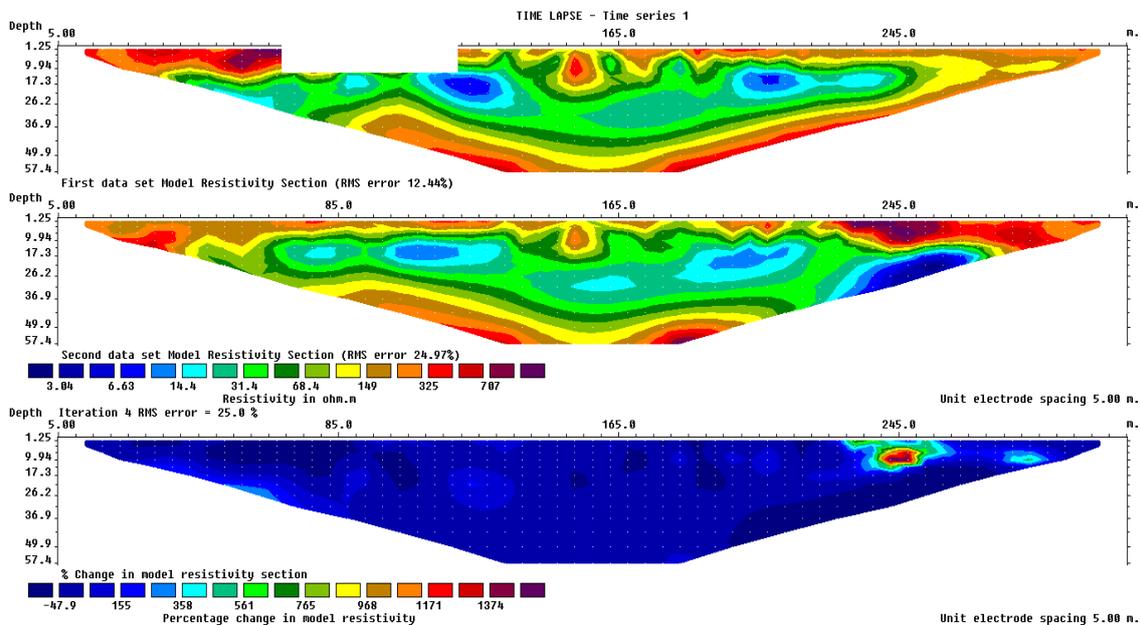
Tabel 3. Hasil Interpretasi Material di Lintasan 1

KODE WARNA	Tahanan jenis (Ω m)	MATERIAL
	6,21-60,1	CLAY
	60,10-273,00	SANDSTONE
	273,00-583,00	LIMESTONE
	583,00-1243,00	ANDESIT

Pengolahan dengan menggunakan software RES2DINV dengan Metoda Geolistrik Time-Lapse Resistivity Inversion dilakukan untuk 2 set data yaitu pengukuran geolistrik pada tahap awal (21 Februari 2015) dan tahap kedua (15 Juni 2015). Hasil inversi dapat dilihat pada Gambar 2.

Besarnya perubahan resistivitas untuk kedua set data rata-rata hampir sama pada semua titik pengukuran yaitu sekitar 50%, kecuali pada titik-titik tertentu, yang menunjukkan prosentase yang lebih besar. Hal ini menunjukkan

adanya perubahan nilai resistivitas jika diukur pada waktu yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan karena adanya penyerapan air hujan oleh permukaan yang kemudian migrasi ke dalam lapisan dalam.



Gambar 2. Perubahan Prosentase Resistivitas antara Dua Set Data Pengukuran (Gambar Atas dan Tengah). Gambaran Perubahan Resistivitas dapat Dilihat pada Gambar Bagian Bawah

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh pada Lintasan 1 diidentifikasi terdapat 4 jenis batuan penyusun yaitu Clay, Sandstone, Limestone, dan Andesit. Hasil interpretasi menunjukkan di Lintasan 1 terdapat bidang gelincir. Disamping itu juga diperoleh hasil perubahan nilai resistivitas pada lokasi yang sama tetapi diukur pada waktu yang berbeda. Perubahan ini disebabkan karena adanya penyerapan air oleh lapisan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya sangat berterima kasih kepada pihak penyandang dana Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi “Pengembangan Teknologi Monitoring Geolistrik Time-Lapse Untuk Memantau Daerah

Rawan Longsor Di Kota Padang” ini yaitu DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan dana untuk kebutuhan penelitian ini. Kemudian terima kasih juga saya ucapkan kepada Kepala Laboratorium Geofisika FMIPA UNP dan Wali Alat Automatic Resistivity System GF Instruments yang telah mengizinkan saya untuk menggunakan peralatan ARES dan memberikan bimbingan teknis cara pengolahan data Geolistrik.

DAFTAR PUSTAKA

BAKORNAS PB, (2007). **Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya, di Indonesia,**

- ISBN 978-979-96016-2-9, Direktorat Mitigasi, Kalakhar BAKOR NAS PB, Jakarta
- Colangelo, G., Lapenna, V., Loperte, A., Perrone, A., and Telesca, L., (2008). **2D Electrical Resistivity Tomographies for Investigating Recent Activation Landslides in Basilicata Region (Southern Italy)**, *ANNALS OF GEOPHYSICS, VOL. 51, N. 1, February 2008*
- Jaya, M.S., (2005). **Penentuan Bidang Gelincir Pada Daerah Rawan Longsor Melalui Pengukuran Karakteristik Kelistrikan Bumi**, *ITS-Research, ITS Library*.
- Lapenna, V., Perrone, A., Piscitelli, S., (2012). **Electrical Tomography for Landslide Monitoring: State-Of-The-Art And An Overview Of Recent Results In Southern Italy**, EMSEV 2012 Gotemba Kogen Resort, Gotemba, Japan October 1–4, 2012.
- Pemprov Sumbar, (2008) **Rencana Penanggulangan Bencana Provinsi Sumbar 2008-2012**.
- Suhendra, (2005). **Penyelidikan Daerah Awan Gerakan Tanah Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Studi Kasus : Longsoran Di Desa Cikukun)**, *Jurnal Gradien Vol.1 No.1 Januari 2005 : hal. 1-5*.
- Sule, R., Syamsuddin, Sitorus, F., Sarsito, D.A., and Sadisun, I.A., (2007). **The Utilization Of Resistivity And Gps Methods In Landslide Monitoring: Case Study At Panawangan Area – Ciamis, Indonesia**, *PROCEEDINGS JOINT CONVENTION BALI The 32nd HAGI, The 36th IAGI, and The 29th IATMI Annual Conference and Exhibition, 2007*.
- Travelletti, J., Sailhac, P., Malet, J.P., Grandjean, G., and Ponton, J., (2011). **Hydrological Response of Weathered Clay-Shale Slopes: Water Infiltration Monitoring With Time-Lapse Electrical Resistivity Tomography**, *HYDROLOGICAL PROCESSES Hydrol. Process. (2011)*
- Yilmaz, S., (2007). **Investigation of Gürbulak Landslide Using 2D Electrical Resistivity Image Profiling Method** (Trabzon, North eastern Turkey), *Journal of Environmental & Engineering Geophysics, June 2007, v. 12; issue. p. 199-205*.