

IDENTIFIKASI JENIS BATUAN MENGGUNAKAN INVERSI MARQUARDT DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE BUKIT LANTIAK KECAMATAN PADANG SELATAN

Jemmy Rohmana¹⁾, Akmam²⁾, Mahrizal²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

Jimmyrohmana12@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research was to describe the type and the depth of rocks in Bukit Lantiak Padang Selatan. The type and the depth of rocks was needed to minimize the hazard caused landslide in the research area. This research use geophysical exploration method. Equipment that use was Automatic Resistivity (ARES) with Dipole-dipole configuration. The interpretation of the data in this research uses Marquardt inversion method to process the measurement data. Data was interpreted to get resistivity value and depth of rock in 2D model cross section below the earth surface. Result of this research indicates the type of rocks in Bukit Lantiak Padang Selatan is Andesite, Sandstone, Limestone, and Clay. These results indicate that the slopes of Bukit Lantiak composed by a mixture of hard rock layers that Andesite with soft rock layers that Clay and Sandstone. It show that Bukit Lantiak area have rock layers that are susceptible to landslides.

Keywords : *Rocks, Resistivity, Dipole-dipole, Marquardt Inversion*

PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan provinsi yang menjadi bagian dari lempeng Eurasia dan letaknya dekat dengan pertemuan lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Daerah di sekitar batas lempeng merupakan daerah yang mempunyai jumlah aktivitas tektonik tinggi, seperti tumbukan lempeng, letusan gunung api, dan retakan. Aktivitas tektonik ini menimbulkan gempa bumi yang mengakibatkan terganggunya struktur batuan di bawah permukaan bumi dan pelapukan batuan. Hasil pelapukan batuan ini disebut tanah yang biasanya kaya dengan zat hara dan dapat menyuburkan tumbuh-tumbuhan. Tanah hasil pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan atau pegunungan dengan kemiringan sedang hingga curam berpotensi mengakibatkan longsor.

Kecamatan Padang Selatan merupakan salah satu daerah rawan longsor di Kota Padang Provinsi Sumatera Barat. Daerah rawan longsor di Kecamatan Padang Selatan adalah Bukit Lantiak. Longsor yang terjadi menelan banyak korban, seperti tahun 2005 longsor mengakibatkan 67 orang meninggal dunia dan puluhan rumah hancur^[1]. Oleh karena itu, perlu dilakukan sebuah upaya mitigasi untuk meminimalisir kerugian yang ditimbulkan oleh bencana ini.

Longsor terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam, tingkat kelembaban tinggi, tumbuhan jarang (lahan terbuka), dan material kurang kompak. Faktor lain yang menyebabkan longsor adalah hujan, lereng terjal, tanah yang kurang padat, batuan yang kurang kuat, jenis tata lahan, getaran, beban tambahan, erosi, dan

adanya material timbunan pada tebing^[2]. Kondisi lingkungan setempat merupakan suatu komponen yang saling terkait. Bentuk dan kemiringan lereng, kekuatan material, kedudukan muka air tanah dan kondisi drainase setempat mempengaruhi kestabilan lereng^[3]. Faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng adalah kondisi batuan penyusunnya. Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi dan meminimalisir kerugian yang ditimbulkan oleh bencana longsor adalah mengetahui kondisi batuan penyusun lereng. Informasi ini memberikan gambaran mengenai kondisi dan kestabilan lereng serta dibutuhkan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan langkah selanjutnya dalam mitigasi bencana longsor di daerah tersebut. Informasi mengenai kondisi batuan penyusun lereng didapatkan dengan mengetahui jenis batuan penyusun serta kedalamannya.

Batuan merupakan material yang mengandung satu atau beberapa mineral dan berbentuk padatan. Batuan merupakan gabungan dari beberapa zat yang terjadi secara alami, dapat terdiri dari mineral, potongan batu lainnya serta bahan-bahan fosil, seperti kerang atau tanaman^[4]. Seluruh batuan yang ada di permukaan bumi berasal dari magma yang meleleh ke arah permukaan. Suhu permukaan bumi yang jauh lebih rendah dari suhu di bawah permukaan mengakibatkan terjadinya pembekuan magma yang membentuk batuan. Secara umum batuan dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu, batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf.

Kedalaman dan jenis batuan di bawah permukaan bumi dapat diestimasi menggunakan metode Geolistrik. Metode ini diterapkan dengan

mengalirkan arus listrik ke tanah dan beda potensial yang dihasilkan diukur di permukaan [5]. Perilaku aliran arus listrik di bawah permukaan bumi ditentukan oleh sifat kelistrikan batuan, dimana sifat kelistrikan batuan bergantung pada nilai tahanan jenis.

Tahanan jenis merupakan sifat fisika yang menunjukkan kemampuan suatu material dalam menghambat arus listrik. Aliran arus pada setiap lapisan batuan sangat bergantung kepada cairan elektrolitik yang terdapat dalam pori-pori batuan tersebut. Tahanan jenis dari batuan sangat dipengaruhi oleh kehadiran air tanah yang bertindak sebagai elektrolit, terutama pada sedimen berpori dan batuan sedimen [6]. Batuan-batuan yang jenuh air mempunyai tahanan jenis lebih rendah dibandingkan dengan batuan kering. Tahanan jenis setiap batuan berbeda-beda. Tabel 1 menunjukkan nilai tahanan jenis batuan beku dan batuan metamorf, sedangkan Tabel 2 menunjukkan nilai tahanan jenis batuan sedimen.

Tabel 1. Tahanan Jenis Batuan Beku dan Batuan Metamorf [7]

Batuan	Tahanan Jenis (Ωm)
Granite	$3 \times 10^2 - 10^6$
Granite porphyry	$4,5 \times 10^3$ (basah) – $1,3 \times 10^6$ (kering)
Albite	3×10^2 (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
Syenite	$10^2 - 10^6$
Diorite	$10^4 - 10^5$
Diorite porphyry	$1,9 \times 10^3$ (basah) – $2,8 \times 10^4$ (kering)
Porphyrite	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
Carbonatized porphyry	$2,5 \times 10^3$ (basah) – 6×10^4 (kering)
Quartz porphyry	$3 \times 10^2 - 3 \times 10^5$
Quartz diorite	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (basah) – $1,8 \times 10^5$ (kering)
Porphyry (various)	60×10^4
Dacite	2×10^4 (basah)
Andesite	$4,5 \times 10^4$ (basah) – $1,7 \times 10^2$ (kering)
Diabase porphyry	10^3 (basah) – $1,7 \times 10^5$ (kering)
Diabase (various)	$20 - 5 \times 10^7$
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1,3 \times 10^7$ (kering)
Olivine norite	$10^3 - 6 \times 10^4$ (basah)
Peridotite	3×10^3 (basah) – $6,5 \times 10^3$ (kering)
Hornfels	8×10^3 (basah) – 6×10^7 (kering)
Tuffs	2×10^3 (basah) – 10^5 (kering)
Graphite schists	$10 - 10^2$

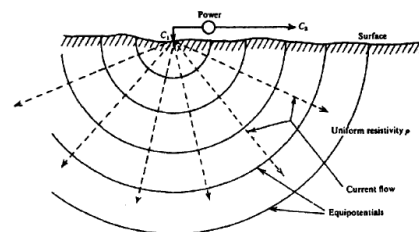
Tabel 2. Tahanan Jenis Batuan Sedimen [7]

Batuan	Tahanan Jenis (Ωm)
Consolidated shales	$20 - 2 \times 10^3$
Argillites	$10 - 8 \times 10^2$
Conglomerates	$2 \times 10^3 - 10^4$
Sandstones	$1 - 6,4 \times 10^3$
Limestones	$50 - 10^7$
Dolomite	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Unconsolidated wet clay	20
Marls	3 – 70
Clays	1 – 100
Alluvium and sands	10 – 800
Oil sands	4 – 800

Tahanan jenis batuan di bawah permukaan bumi dipelajari dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus [8]. Nilai

tahanan jenis batuan dapat dihitung dari hasil pengukuran arus listrik dan beda potensial. Tujuan pengukuran dengan metode Geolistrik adalah untuk mengetahui nilai tahanan jenis batuan per lapisan. Hasil pengukuran beda potensial dan arus pada setiap spasi elektroda yang berbeda dapat menunjukkan variasi nilai tahanan jenis lapisan dibawah titik ukur. Tahanan jenis dilambangkan dengan (ρ) dengan satuan ohmmeter (Ωm).

Metode Geolistrik mengasumsikan bumi sebagai medium homogen isotropis. Arus yang di alirkan ke bawah permukaan bumi akan mengalir kesegala arah, karena udara memiliki tahanan jenis yang sangat besar menyebabkan arus tidak dapat mengalir ke udara. Hal ini menyebabkan sebaran aliran arus hanya ke bawah permukaan bumi dengan berbentuk setengah bola seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Titik Sumber Arus pada Permukaan dari Medium Homogen [7]

Nilai tahanan jenis yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung di lapangan dinamakan dengan tahanan jenis semu atau *apparent resistivity* ρ_a . Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis dari suatu medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium tersebut. Hal ini disebabkan karena pada kenyataannya bumi merupakan medium tidak homogen yang terdiri dari banyak lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda, sehingga mempengaruhi potensial listrik yang terukur. Nilai tahanan jenis semu didapatkan dengan Persamaan (1) berikut.

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

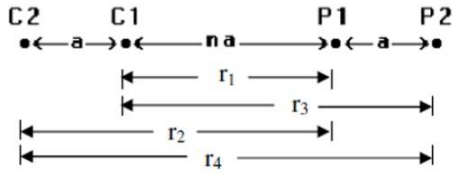
dimana

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

ΔV menyatakan beda potensial, I menyatakan kuat arus listrik, r menyatakan spasi elektroda, dan K menyatakan faktor geometri. Faktor geometri bergantung pada konfigurasi yang digunakan saat pengukuran.

Penelitian ini menggunakan konfigurasi *Dipole-dipole*. Konfigurasi *Dipole-dipole* merupakan konfigurasi pada metode Geolistrik yang menggunakan empat buah elektroda, yaitu dua elektroda potensial dan dua elektroda arus. Jarak antara elektroda arus dan jarak antara elektroda potensial pada konfigurasi *Dipole-dipole* adalah

sama. Susunan elektroda pada konfigurasi *Dipole-dipole* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi *Dipole-dipole*

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa jarak r_1 , r_2 , r_3 , dan r_4 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} r_1 &= na & r_3 &= a + na \\ r_2 &= a + na & r_4 &= 2a + na \end{aligned} \quad (3)$$

Harga K untuk konfigurasi *Dipole-dipole* didapatkan dengan cara mensubstitusikan Persamaan (3) ke Persamaan (2), sebagai berikut.

$$K = \pi[n(n+1)(n+2)]a \quad (4)$$

Persamaan (4) disubstitusikan ke Persamaan (1) sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu untuk konfigurasi *Dipole-dipole* seperti Persamaan (5).

$$\rho_a = \pi n(n+1)(n+2)a \frac{\Delta V}{I} \quad (5)$$

Konfigurasi *Dipole-dipole* memiliki kemampuan penetrasi 1/5 dari panjang lintasan. Selain itu, konfigurasi *Dipole-dipole* merupakan konfigurasi yang paling teliti, terutama untuk mendeteksi struktur vertikal dan memiliki resolusi tertinggi yang memungkinkan untuk membedakan struktur yang terletak lebih dalam^[9].

Data Geolistrik hasil pengukuran dilapangan diinterpretasi menggunakan metode inversi. Inversi dalam Geofisika merupakan suatu cara untuk mencari sebuah model yang memberikan respon yang sama dengan nilai sebenarnya^[10]. Fungsi pemodelan pada metode Geolistrik diformulasikan sebagai persamaan integral Hankel yang menyatakan tahanan jenis semu ρ_a sebagai fungsi dari tahanan jenis dan ketebalan (ρ_k , h_k) tiap lapisan, dimana $k=1,2,\dots,n$ dan n adalah jumlah lapisan^[11].

$$\rho_a = s^2 \int_0^{\infty} T(\lambda) J_1(\lambda s) \lambda d\lambda \quad (6)$$

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

$$T_k(\lambda) = \frac{T_{k+1}(\lambda) + \rho_k \tanh(\lambda h_k)}{1 + T_{k+1}(\lambda h_k / \rho_k)} \quad (7)$$

Perhitungan Persamaan (6) dapat dilakukan dengan metode filter linear yang secara umum dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$\rho_a = \sum_k T_k(\lambda) f_k \quad (8)$$

f_k merupakan harga koefisien filter linear yang diturunkan oleh Ghosh^[11]. Persamaan (8) memperlihatkan hubungan antara tahanan jenis semu ρ_a dengan parameter model tahanan jenis dan ketebalan lapisan (ρ_k , h_k) adalah sangat tidak linear, sehingga untuk mengestimasi tahanan jenis semu menjadi tahanan jenis sesungguhnya dibutuhkan solusi inversi non-linear.

Data hasil pengukuran pada penelitian ini dianalisis menggunakan metode inversi *Marquardt*. Persamaan inversi *Marquardt* dinyatakan oleh Persamaan (9).

$$(\mathbf{J}^T \mathbf{J} + \mu \mathbf{I}) \Delta \mathbf{m}_k = \mathbf{J}^T \mathbf{d} \quad (9)$$

dimana \mathbf{I} adalah matriks identitas dan μ adalah *Marquardt factor* atau *damping factor*. Persamaan ini biasa dikenal sebagai inversi *Marquardt*. Data terukur dalam konteks pemodelan Geolistrik menggunakan inversi *Marquardt* dinyatakan sebagai $\mathbf{d} = [\rho_i^a]$ yaitu tahanan jenis semu dengan $i = 1, 2, \dots, N$ dan N adalah jumlah data. Model tahanan jenis dan ketebalan batuan bawah permukaan adalah $\Delta \mathbf{m}_k = [\rho_k, h_k]$, $k = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah jumlah lapisan. Metode inversi *Marquardt* mengaplikasikan metode iterasi metode Gauss-Newton, dengan penambahan perkalian skalar *damping factor* μ dengan matriks identitas \mathbf{I} ^[12].

Istilah *damping* atau redaman untuk estimasi parameter model sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (10) berhubungan dengan proses meredam ketidakstabilan yang mungkin timbul akibat keterbatasan data pada inversi yang termasuk *underdetermined*^[11]. Persamaan *damping factor* dinyatakan oleh Persamaan (10).

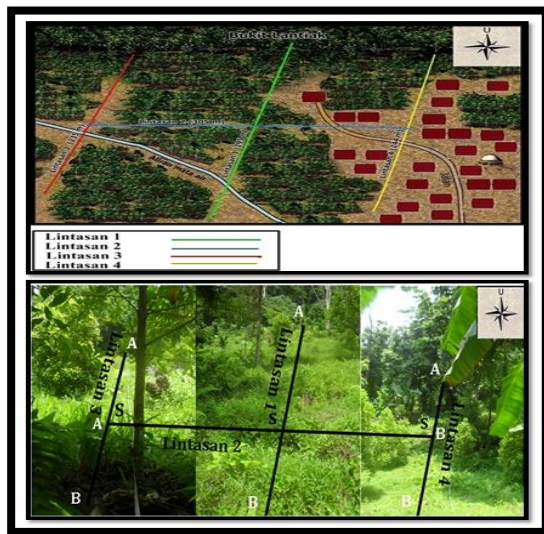
$$\mathbf{m} = [\mathbf{G}^T \mathbf{G} + \varepsilon^2 \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d} \quad (10)$$

Konsep minimisasi kesalahan pada inversi linier biasa diperluas menjadi minimisasi kesalahan prediksi data dan kesalahan solusi. Jika *damping factor* yang digunakan sangat kecil atau mendekati nol maka kesalahan prediksi akan diminimumkan^[11]. Artinya, penambahan *damping factor* pada proses inversi dapat menstabilkan proses inversi pada proses inversi matriks tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang bersifat deskriptif. Penelitian ini mendeskripsikan jenis batuan yang terdapat di Bukit Lantia Kecamatan Padang Selatan menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Dipole-dipole*. Adapun variabel bebas pada penelitian ini adalah kuat arus listrik I , beda potensial V , dan jarak elektroda. Sedangkan variabel terikat adalah tahanan jenis ρ batuan.

Pengukuran dilakukan menggunakan 4 lintasan. Desain lintasan pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Desain Pengukuran di Daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan

Keterangan Gambar:

- A : Titik awal pengukuran
- B : Titik akhir pengukuran

Data hasil pengukuran secara otomatis telah tersimpan pada ARES *main unit* yang berupa kuat arus, beda potensial, dan tahanan jenis semu. Tahanan jenis semu yang didapat pada saat pengukuran tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis dari suatu medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium tersebut. Nilai tahanan jenis semu diinterpretasi menggunakan metode inversi untuk mendapatkan nilai tahanan jenis sebenarnya.

Interpretasi data menggunakan inversi *Marquardt* dengan bantuan *software Res2dinv*. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses pengolahan data dan mendapatkan hasil yang lebih bagus. Interpretasi data menggunakan *software Res2dinv* menghasilkan nilai tahanan jenis yang sebenarnya dan kedalaman dalam bentuk penampang model 2D bawah permukaan bumi.

Metode inversi *Marquardt* (Persamaan 9) memiliki *damping factor* μ yang digunakan untuk meredam ketidakstabilan pada proses inversi, sehingga dapat mengurangi nilai *error* pada pengolahan data. Nilai *error* dapat diminimalkan menggunakan *damping factor* yang tepat. *Damping factor* dapat ditentukan menggunakan solusi inversi linear teredam. *Damping factor* yang digunakan pada pengolahan data ini adalah 0.001 untuk semua lintasan pengukuran.

Data yang telah diolah menggunakan *software Res2dinv* kemudian dianalisis dan diinterpretasi untuk mendapatkan jenis batuan di daerah penelitian.

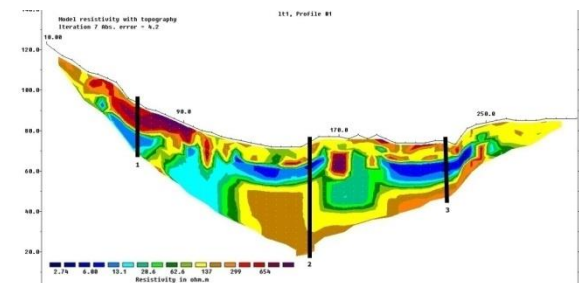
Analisis dan interpretasi data dilakukan dengan cara membandingkan nilai tahanan jenis yang didapatkan dari hasil pengolahan data dengan nilai tahanan jenis batuan (Tabel 1 dan Tabel 2) serta kondisi Geologi daerah penelitian, sehingga diperoleh kesimpulan mengenai kedalaman dan jenis batuan di daerah penelitian tersebut.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Lintasan 1

Lintasan 1 terletak pada koordinat $00^{\circ} 58' 16''$ LS dan $100^{\circ} 22' 8''$ BT sampai $00^{\circ} 58' 0,54''$ LS dan $100^{\circ} 22' 14,5''$ BT. Titik sounding terletak pada koordinat $00^{\circ} 58' 3,7''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,3''$ BT. Panjang Lintasan 1 adalah 295 m dengan spasi elektroda 5 m. Gambar 4 menunjukkan penampang model 2D Lintasan 1.



Gambar 4. Penampang Model 2D Lintasan 1 dengan Topografi

Gambar 4 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 1 dengan ketinggian antara 72-123 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah 58,70 m. Lintasan 1 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari $1,37 \Omega m$ - $1432,26 \Omega m$ dengan persentase kesalahan 4,2 %, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 95,8 %.

Lintasan 1 diidentifikasi memiliki 4 jenis batuan penyusun. Nilai tahanan jenis dengan rentang $1,37-20,75 \Omega m$ diidentifikasi sebagai *Clay*. Nilai tahanan jenis dari $20,75-137,00 \Omega m$ diidentifikasi sebagai *Sandstone*. Lapisan dengan nilai tahanan jenis $137,00-654,00 \Omega m$ diidentifikasi sebagai *Limestone*. Lapisan dengan nilai tahanan jenis lebih besar diidentifikasi sebagai *Andesite* dengan nilai tahanan jenis $654,00 - 1432,26 \Omega m$.

Identifikasi jenis batuan, kedalaman, dan ketebalan lapisan batuan sepanjang Lintasan 1 diambil pada 3 titik. Titik-titik yang diambil merupakan titik yang dianggap dapat mewakili jenis batuan pada Lintasan 1.

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa terdapat 3 titik untuk mengidentifikasi jenis batuan pada Lintasan 1. Titik 1 berada pada jarak 65 m, titik ini diidentifikasi memiliki 4 jenis lapisan batuan yaitu *Clay*, *Limestone*, *Sandstone*, dan *Andesite*. Lapisan *Andesite* terdapat pada kedalaman 3,93 m sampai 9,20 m dengan ketebalan 5,27 m. Lapisan *Limestone*

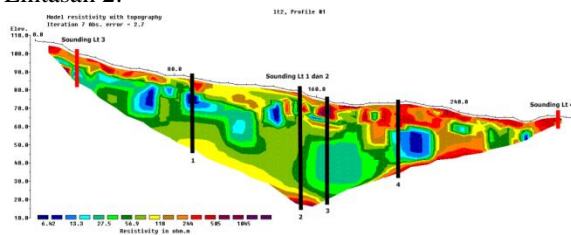
terdapat pada permukaan hingga kedalaman 3,93 m dengan ketebalan 3,93 m dan pada kedalaman 9,20 m sampai 11,90 m dengan ketebalan 2,70 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 11,90 m sampai 14,60 m dengan ketebalan 2,70 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 14,60 m sampai 22,90 m dengan ketebalan 8,30 m.

Titik 2 berada pada jarak 155 m tepatnya pada titik sounding. Titik ini diidentifikasi memiliki 3 jenis lapisan batuan yaitu *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan dengan ketebalan 9,20 m dan pada kedalaman 22,90 m sampai 58,70 m dengan ketebalan 35,80 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 9,20 m sampai 18,70 m dengan ketebalan 9,50 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 18,70 m sampai 22,90 m dengan ketebalan 4,20 m.

Titik 3 yang berada pada jarak 230 m diidentifikasi memiliki 3 jenis batuan yaitu *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan *Sandstone* terdapat pada permukaan dengan ketebalan 1,30 m dan pada kedalaman 17,30 m sampai 21,50 m dengan ketebalan 4,20 m. Lapisan *Limestone* terdapat pada kedalaman 1,30 m sampai 6,56 m dengan ketebalan 5,26 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 6,56 m sampai 17,30 m dengan ketebalan 10,74 m.

Lintasan 2

Lintasan 2 terletak pada koordinat $00^{\circ} 58' 08,7''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,3''$ BT sampai $00^{\circ} 57' 58,9''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,2''$ BT. Titik *sounding* terletak pada koordinat $00^{\circ} 58' 3,7''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,3''$ BT. Lintasan 2 merupakan lintasan yang mengikat Lintasan 1, Lintasan 3, dan Lintasan 4. Panjang Lintasan 2 adalah 305 m dengan spasi elektroda 5 m. Gambar 5 menunjukkan penampang model 2D Lintasan 2.



Gambar 5. Penampang Model 2D Lintasan 2 dengan Topografi

Gambar 5 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 2 dengan ketinggian antara 63-107 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah 61,9 m. Lintasan 2 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari $3,21 \Omega\text{m}$ - $2162,42 \Omega\text{m}$ dengan persentase kesalahan 2,7 %, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 97,3 %. Lintasan 2 merupakan lintasan pengikat, pada Gambar 10 terlihat posisi *sounding* ketiga lintasan lainnya.

Lintasan 2 diidentifikasi memiliki 4 jenis batuan penyusun. Nilai tahanan jenis dengan rentang 3,21-

$20,40 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai *Clay*. Nilai tahanan jenis dari $20,40$ - $118,00 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai *Sandstone*. Lapisan dengan rentangan nilai tahanan jenis 118 - $505 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai *Limestone*. Lapisan dengan nilai tahanan jenis lebih besar diidentifikasi sebagai *Andesite* dengan nilai tahanan jenis 505 - $2162,42 \Omega\text{m}$.

Identifikasi jenis batuan, kedalaman, dan ketebalan lapisan batuan sepanjang Lintasan 2 diambil pada 4 titik. Titik-titik yang diambil merupakan titik yang dianggap dapat mewakili jenis batuan pada Lintasan 2.

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa terdapat 4 titik untuk mengidentifikasi jenis batuan pada Lintasan 2. Titik 1 berada pada jarak 90 m, titik ini diidentifikasi memiliki 3 jenis lapisan batuan yaitu *Clay*, *Limestone*, dan *Sandstone*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan hingga kedalaman 3,93 m dengan ketebalan 3,93 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 3,93 m sampai 17,30 m dengan ketebalan 13,37 m. Lapisan *Sandstone* 17,30 m sampai 37,36 m dengan ketebalan 20,06 m.

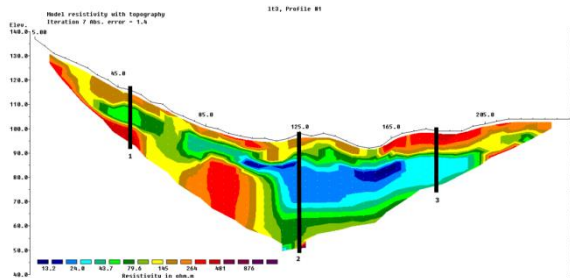
Titik 2 berada pada jarak 155 m tepatnya pada titik sounding. Titik ini diidentifikasi memiliki 2 jenis lapisan batuan yaitu *Sandstone* dan *Limestone*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan dengan ketebalan 11,90 m dan pada kedalaman 55,63 m sampai 61,90 m dengan ketebalan 6,27 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 11,90 m sampai 55,63 m dengan ketebalan 43,73 m.

Titik 3 yang berada pada jarak 165 m diidentifikasi memiliki 3 jenis batuan yaitu *Andesite*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan dengan ketebalan 3,93 m dan pada kedalaman 11,90 m sampai 14,60 m dengan ketebalan 2,70 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 9,20 m sampai 11,90 m dengan ketebalan 5,26 m dan pada kedalaman 14,60 m sampai 55,63 m dengan ketebalan 41,03 m. Lapisan *Andesite* terdapat pada kedalaman 3,93 m sampai 9,20 m dengan ketebalan 5,27 m.

Titik 4 yang berada pada jarak 205 m diidentifikasi memiliki 3 jenis batuan yaitu *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan dengan ketebalan 14,60 m dan pada kedalaman 34,40 m sampai 40,32 m dengan ketebalan 5,92 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 31,50 m sampai 34,40 m dengan ketebalan 2,90 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 14,60 m sampai 31,50 m dengan ketebalan 16,90 m.

Lintasan 3

Lintasan 3 terletak pada koordinat $00^{\circ} 58' 08,3''$ LS dan $100^{\circ} 22' 07,0''$ BT sampai $00^{\circ} 58' 09,1''$ LS dan $100^{\circ} 22' 13,6''$ BT. Titik sounding terletak pada koordinat $00^{\circ} 58' 08,2''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,0''$ BT. Panjang Lintasan 3 adalah 235 m dengan spasi elektroda 5 m. Gambar 6 menunjukkan penampang model 2D Lintasan 3.



Gambar 6. Penampang Model 2D Lintasan 3 dengan Topografi

Gambar 11 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 3 dengan ketinggian antara 92-137 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah 49,4 m. Lintasan 3 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 6,60 Ω m-1595,37 Ω m dengan persentase kesalahan 1,4 %, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 98,6 %.

Lintasan 3 diidentifikasi memiliki 4 jenis batuan penyusun. Nilai tahanan jenis dengan rentang 6,60-33,85 Ω m diidentifikasi sebagai *Clay*. Nilai tahanan jenis dari 33,85 - 145,00 Ω m diidentifikasi sebagai *Sandstone*. Lapisan dengan rentangan nilai tahanan jenis 145,00-481,00 Ω m diidentifikasi sebagai *Limestone*. Lapisan dengan nilai tahanan jenis lebih besar diidentifikasi sebagai *Andesite* dengan nilai tahanan jenis 481,00 - 1595,37 Ω m.

Identifikasi jenis batuan, kedalaman, dan ketebalan lapisan batuan sepanjang Lintasan 3 diambil pada 3 titik. Titik-titik yang diambil merupakan titik yang dianggap dapat mewakili jenis batuan pada Lintasan 3.

Berdasarkan Gambar 6 diketahui bahwa terdapat 3 titik untuk mengidentifikasi jenis batuan pada Lintasan 3. Titik 1 berada pada jarak 50 m, titik ini diidentifikasi memiliki 2 jenis lapisan batuan yaitu *Limestone* dan *Sandstone*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan hingga kedalaman 3,93 m dengan ketebalan 3,93 m dan pada kedalaman 14,60 m sampai 24,10 m dengan ketebalan 5,50 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 3,93 m sampai 14,60 m dengan ketebalan 10,67 m.

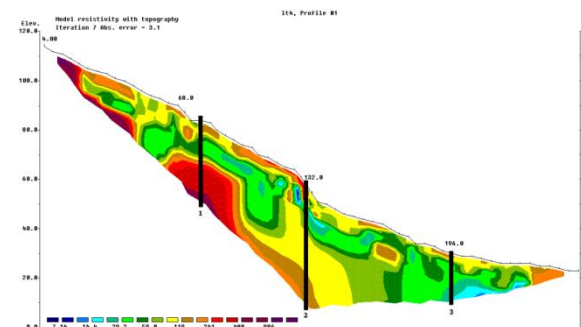
Titik 2 berada pada jarak 125 m tepatnya pada titik *sounding*. Titik ini diidentifikasi memiliki 4 jenis lapisan batuan yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone* dan *Andesite*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan hingga kedalaman 3,93 m dengan ketebalan 3,93 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 3,93 m sampai 9,20 m dengan ketebalan 5,27 m dan pada kedalaman 31,50 m sampai 46,30 m dengan ketebalan 14,80 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 9,20 m sampai 31,50 m dengan ketebalan 22,30 m. Lapisan *Andesite* terdapat pada kedalaman 46,30 m sampai 49,40 dengan ketebalan 3,10 m.

Titik 3 yang berada pada jarak 185 m diidentifikasi memiliki 3 jenis batuan yaitu *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan *Limestone*

terdapat pada permukaan dengan ketebalan 6,56 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 6,56 m sampai 11,90 m dengan ketebalan 5,34 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 11,90 m sampai 22,90 m dengan ketebalan 11,00 m.

Lintasan 4

Lintasan 4 terletak pada koordinat $00^{\circ} 58' 00,4''$ LS dan $100^{\circ} 22' 06,5''$ BT sampai $00^{\circ} 57' 55,9''$ LS dan $100^{\circ} 22' 12,1''$ BT. Titik *sounding* terletak pada koordinat $00^{\circ} 57' 58,6''$ LS dan $100^{\circ} 22' 09,3''$ BT. Panjang Lintasan 4 adalah 244 m dengan spasi elektroda 4 m. Gambar 7 menunjukkan penampang model 2D Lintasan 4.



Gambar 7. Penampang Model 2D Lintasan 4 dengan Topografi

Gambar 7 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 4 dengan ketinggian antara 23-117 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah 49,50 m. Lintasan 4 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 3,57 Ω m-1992,21 Ω m dengan persentase kesalahan 3,10 %, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 96,90 %.

Lintasan 4 diidentifikasi memiliki 4 jenis batuan penyusun. Nilai tahanan jenis dengan rentang 3,57-21,70 Ω m diidentifikasi sebagai *Clay*. Nilai tahanan jenis dari 21,70-119,00 Ω m diidentifikasi sebagai *Sandstone*. Lapisan dengan rentangan nilai tahanan jenis 119,00-488,00 Ω m diidentifikasi sebagai *Limestone*. Lapisan dengan nilai tahanan jenis lebih besar diidentifikasi sebagai *Andesite* dengan nilai tahanan jenis 488,00-1992,21 Ω m.

Identifikasi jenis batuan, kedalaman, dan ketebalan lapisan batuan sepanjang Lintasan 4 diambil pada 3 titik. Titik-titik yang diambil merupakan titik yang dianggap dapat mewakili jenis batuan pada Lintasan 4. Titik 1 mewakili lapisan batuan pada awal pengukuran, titik 2 mewakili lapisan batuan di titik *sounding*, dan titik 3 mewakili lapisan batuan diakhir pengukuran.

Berdasarkan Gambar 7 diketahui bahwa terdapat 3 titik untuk mengidentifikasi jenis batuan pada Lintasan 4. Titik 1 berada pada jarak 76 m, titik ini diidentifikasi memiliki 3 jenis lapisan batuan yaitu *Limestone*, *Sandstone*, dan *Andesite*. Lapisan *Sandstone* terdapat pada permukaan hingga kedalaman 13,90 m dengan ketebalan 13,90 m.

Lapisan *Limestone* terdapat pada kedalaman 13,90 m sampai 25,20 m dengan ketebalan 11,30 m. Lapisan *Andesite* terdapat pada kedalaman 25,20 m sampai 29,86 m dengan ketebalan 4,86 m.

Titik 2 berada pada jarak 124 m tepatnya pada titik *sounding*. Titik ini diidentifikasi memiliki 3 jenis lapisan batuan yaitu *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan hingga kedalaman 3,14 m dengan ketebalan 3,14 m dan pada kedalaman 37,06 m sampai 49,50 m dengan ketebalan 12,44 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 11,72 m sampai 37,06 m dengan ketebalan 25,34 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 3,14 m sampai 11,72 m dengan ketebalan 8,58 m.

Titik 3 yang berada pada jarak 196 m diidentifikasi memiliki 3 jenis batuan yaitu *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan *Limestone* terdapat pada permukaan dengan ketebalan 3,14 m. Lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 3,14 m sampai 13,90 m dengan ketebalan 10,76 m. Lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 13,90 m sampai 20,60 m dengan ketebalan 6,70 m.

2. Pembahasan

Interpretasi data dilakukan menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* dengan nilai *damping factor* 0,001. Berdasarkan interpretasi data yang telah dilakukan nilai *error* yang didapatkan pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan nilai *error* yang didapatkan menggunakan metode inversi *Smoothness-Constrained Least-Squared* data Geolistrik konfigurasi *Schlumberger* [13]. Perbandingan nilai *error* yang didapatkan pada pengolahan data ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai *Error* Hasil Interpretasi Daya antara Metode Inversi *Marquardt* Data Geolistrik Konfigurasi *Dipole-Dipole* dengan Metode Inversi *Smoothness-Constrained Least-Squared Inversion* Tiap Lintasan.

No	Lintasan	Nilai <i>error</i> (%)	
		Inversi <i>Marquardt</i> data Geolistrik konfigurasi <i>Dipole-dipole</i>	Inversi <i>Smoothness-Constrained Least-Squares</i> data Geolistrik konfigurasi <i>Schlumberger</i>
1	1	4,20	4,80
2	2	2,70	4,90
3	3	1,38	1,67
4	4	3,10	5,00

Interpretasi data dilakukan menggunakan *software Res2dinv* menghasilkan penampang model 2D bawah permukaan berupa warna-warna yang memiliki rentangan nilai tahanan jenis tertentu. Perbedaan warna ini menunjukkan variasi nilai tahanan jenis batuan di bawah permukaan bumi dan menunjukkan jenis materialnya. Berdasarkan

interpretasi data yang telah dilakukan, daerah Bukit Lantak Kecamatan Padang Selatang Kota Padang terdiri atas 4 jenis lapisan batuan yaitu, *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Andesite*. Jenis batuan yang didapat pada penelitian ini sama dengan jenis batuan yang didapatkan menggunakan metode inversi *Smoothness-Constrained Least-Squared* data Geolistrik konfigurasi *Schlumberger* [12] yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Andesite*. *Andesite* merupakan jenis batuan beku, sedangkan *Clay*, *sandstone*, dan *Limestone* merupakan batuan sedimen. Menurut peta Geologi Kota Padang Bukit Lantak terdiri atas *Andesite* berselingan *Tufa*. Lapisan batuan sedimen yang terdapat di daerah penelitian diduga terjadi karena adanya proses pelapukan dan pengendapan batuan yang dikenal dengan siklus batuan.

Lintasan 1 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 1,37 Ω m – 1432,26 Ω m dengan persentase kesalahan 4,2 %. Hasil interpretasi data menunjukkan pada lapisan dekat permukaan bumi terdapat lapisan *Andesite* berselingan *Tufa*, *Limestone*, dan *Sandstone*. Lapisan berikutnya di dominasi oleh lapisan *Clay* dan *Sandstone*. Lapisan *Limestone* kembali terdapat di lapisan berikutnya hingga kedalaman 58,70 m. Hasil interpretasi penelitian sebelumnya [13], menunjukkan bahwa lapisan batuan dekat permukaan bumi sama dengan hasil interpretasi penelitian ini. Namun, terdapat perbedaan pada lapisan terakhir, dimana terdapat lapisan *Sandstone*.

Lintasan 2 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 3,21 Ω m - 2162,42 Ω m dengan persentase kesalahan 2,7 %. Hasil interpretasi data menunjukkan pada lapisan dekat permukaan bumi terdapat lapisan *Andesite* berselingan *Tufa*, *Limestone*, dan *Sandstone*. Lapisan berikutnya didominasi oleh *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Hasil interpretasi data penelitian sebelumnya [13], menunjukkan dekat permukaan bumi terdapat lapisan *Sandstone* dan *Limestone*, sedangkan lapisan berikutnya sama dengan lapisan batuan yang didapat pada penelitian ini.

Lintasan 3 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 6,60 Ω m -1595,37 Ω m dengan persentase kesalahan 1,4 %. Hasil interpretasi data menunjukkan pada lapisan dekat permukaan terdapat lapisan *Sandstone* dan *Limestone*. Lapisan berikutnya di dominasi oleh lapisan *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan *Andesite* berselingan *Tufa* terdapat di lapisan paling bawah pada Titik *sounding* dengan ketebalan 3,1 m. Hal ini menunjukkan secara umum hasil interpretasi pada penelitian ini sama dengan penelitian sebelumnya [13].

Lintasan 4 atau lintasan terakhir memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 3,57 Ω m – 1992,21 Ω m dengan persentase kesalahan 3,10 %. Hasil interpretasi data menunjukkan pada lapisan dekat permukaan terdapat lapisan *Andesite* berselingan *Tufa*, *Limestone*, dan *Sandstone*. Lapisan berikutnya

di dominasi oleh *Sandstone* dan *Clay*. Lapisan dibawahnya didominasi oleh lapisan *Limestone* hingga kedalaman 49,5 m. Hasil interpretasi pada penelitian sebelumnya^[13], hanya mendapatkan tiga jenis lapisan batuan yaitu *Clay*, *Sandstone*, dan *Andesite*.

Lapisan batuan sedimen yang terdapat di Bukit Lantiak adalah *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Lapisan batuan sedimen ini bersifat rentan terhadap longsor. *Clay* merupakan lapisan yang mudah menyerap air namun tidak bersifat meloloskan air, sehingga lapisan ini akan mudah bergeser apabila berada di lereng. *Sandstone* dan *Clay* sangat mudah menjadi tanah apabila mengalami proses pelapukan, sehingga mudah menyebabkan longsor bila terdapat pada lereng yang terjal. Penelitian Bhatarai di Jepang menyimpulkan mayoritas tanah longsor di Jepang terjadi pada batuan sedimen lembut, terutama batu Lempung^[14]. Selain itu lapisan batuan yang berselingan antara batuan lunak dan keras merupakan salah satu faktor penyebab longsor^[15]. Berdasarkan interpretasi data yang dilakukan, pada keempat lintasan pengukuran terdapat lapisan batuan lunak seperti *Clay* dan *Sandstone* yang berselingan dengan lapisan batuan keras yaitu *Andesite*. Hal ini menunjukkan bahwa daerah Bukit Lantiak memiliki lapisan batuan yang rentan terhadap longsor.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu Jenis batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang bila di analisa menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* adalah *Andesite* berselingan *Tufa*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Clay*. Nilai *error* yang dihasilkan pada pengolahan data menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* lebih kecil dibandingkan dengan pengolahan data menggunakan metode inversi *Smoothness-Constrained Least-Squared* data Geolistrik konfigurasi *Schlumberger*, yaitu pada Lintasan 1 sekitar 4,2 %, Lintasan 2 sekitar 2,7 %, Lintasan 3 sekitar 1,38 % dan Lintasan 4 sekitar 3,10 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan. Ucapan terimakasih untuk DP2M DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2014 dengan judul *Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tajirs di Bulan Padang Selatan*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Nuzuwir. 2012. *Potensi dan Mitigasi Bencana Alam Geologi di Sumatera Barat*. Dinas Energi Dan Sumber Daya Mineral Pemerintah Provinsi Sumatera Barat.
- [2]. Nandi, 2007. *Longsor*. Jurusan Pendidikan Geografi. FPIPS.UPI : Bandung.
- [3]. Zulfiandi Zakaria. 2011. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Fakultas Teknik Geologi: Universitas Padjadjaran.
- [4]. Price, Monica & Kevin Walsh. 2005. *Pocket Nature Rocks and Minerals*. London: Dorling Kindersley.
- [5]. Kearey, Philip. Michael Brooks & Ian Hill. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration, Third Edition*. London: Blackwell Science.
- [6]. Lowrie, William. 2007. *Fundamental of Geophysics, Second Edition*. Newyork: Cambridge University Press.
- [7]. Telford, W.M. et al. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. USA: Cambridge University Press.
- [8]. Akmam & Nofi Yendri Sudiar. 2013. *Analisis Struktur Batuan dengan Metoda Inversi Smoothness-Constrained Least-Squared Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013. Hlm 01-06.
- [9]. GF Instruments. 2007. *Short Guide for Resistivity Imaging*. Jecna: Geophysical Equipment and Services.
- [10]. Loke, M.H. 2004. *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Diunduh dari: www.geometrics.com
- [11]. Hendra Grandis. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- [12]. Sanjoyo. 2006. *Non Linear Estimation*. Depok: Universitas Indonesia.
- [13]. Rahmi Kurnia Putri. Akmam dan Harman Amir. 2014. *Estimasi Struktur Batuan Menggunakan Smoothness-Constrained Least-Squared Inversion Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Padang Selatan*. Phylar of Physics, Vol. 2. November 2014, hlm 73-80
- [14]. Bhattarai, Pankaj. Et al. 2006. *Influence of Weathering on Physical and Mechanical Properties of Mudstone*. Tokyo: Universal Academy Press
- [15]. Colangelo, Gerardo. Et al. 2008. *2D elctrical Resistivity Tomograpies for Investigating Recent Activation Landslides in Baslicata Region*. Annals of Geophysics, Vol. 51.