

ESTIMASI STRUKTUR BATUAN MENGGUNAKAN SMOOTHNESS-CONSTRAINT LEAST-SQUARES INVERSION DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI BUKIT LANTIAK PADANG SELATAN

Rahmi Kurnia Putri¹⁾, Akmam²⁾ dan Harman Amir²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

rahmip744@gmail.com, akmamdatur@gmail.com, harman_unp@yahoo.com

ABSTRACT

A research about rocks structure has been done in Bukit Lantiak Padang Selatan. The aim of this research are determine kinds of rocks, rocks structure and model 3D spread of rocks in landslide area, Bukit Lantiak. This research use a Resistivity Geoelectrical method with Schlumberger Configuration. Data were collected by ARES Multielectrode in 4 lines. The data were interpreted by Least-Squares inversion to obtain a 2D model and 3D model of earth's surface that consists of depth and resistivity value. The result of this research showed that the kinds of rocks in this area consist of Andesite, Clay, Sandstone and Limestone. Generally rock structure in this area consists of Sandstone at depth 6 m from surface, next layer consists of Limestone at depth more than 5,3 m, Clay was found at depth 34, 4 m until 43,4 m and the last layer was found Andesite. Model 3D showed that Sandstone and Clay found in all area, Limestone found in Southwestern, Andesite found in northeaster of research location.

Keywords : Structure, Resistivity, Schlumberger, Inversion, Bukit Lantiak

PENDAHULUAN

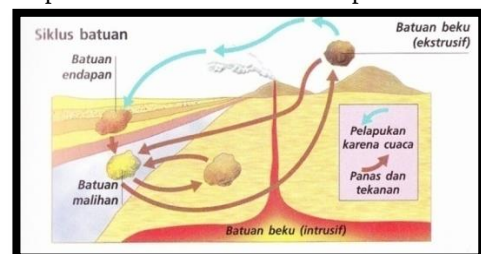
Bukit Lantiak merupakan salah satu perbukitan rawan longsor yang terletak di Gunung Padang Kelurahan Seberang Palinggam Kecamatan Padang Selatan. Longsor yang terjadi berulang-ulang telah menelan korban jiwa dan korban harta benda. Salah satu kejadian longsor di Bukit Lantiak yang banyak menelan korban jiwa dan harta benda yaitu pada tahun 1999^[1]. Pasca longsor masyarakat korban longsor Bukit Lantiak sudah dipindahkan ke daerah yang aman, namun sebagian besar masyarakat ini kembali ke Bukit Lantiak. Permukiman di daerah Bukit Lantiak sangat berbahaya jika terjadi longsor di masa mendatang.

Topografi Bukit Lantiak yang berlereng dan curah hujan yang tinggi di Kota Padang menjadi pemicu utama terjadinya longsor. Longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan. Gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban dan berat jenis tanah atau batuan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh stabilitas struktur batuan penyusun lereng^[2]. Kejadian longsor yang berulang beberapa tahun lalu dapat kembali terjadi, untuk itu perlu dilakukan penanggulangan bahaya longsor lebih awal. Salah satu cara penanggulangan bahaya longsor dapat dilakukan dengan mempelajari faktor-faktor pemicu longsor.

Salah satu faktor pemicu longsor yaitu struktur batuan penyusun lereng. Stabilitas struktur batuan penyusun lereng dapat ditentukan dengan mengetahui

jenis batuan dan kedalaman dari setiap lapisan batuan. Jenis batuan dan kedalaman setiap lapisan batuan menjadi penentu kestabilan struktur batuan. Struktur batuan pemicu longsor ditandai dengan adanya lapisan batuan lunak berselingan dengan lapisan batuan keras. Jenis batuan lunak hasil endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir juga merupakan jenis batuan penyebab longsor^[3]. Stabilitas batuan penyusun lereng Bukit Lantiak perlu untuk diketahui agar dapat diantisipasi bahaya akibat longsor dimasa yang akan datang.

Batuan merupakan benda padat yang terdiri atas gabungan beberapa mineral^[4]. Batuan digolongkan menjadi 3 kelompok utama berdasarkan proses terbentuknya. Gambar 1 merupakan siklus batuan, dimana batuan berasal dari pembekuan magma di bawah permukaan bumi dan di atas permukaan bumi.



Gambar 1. Siklus Batuan^[5]

Gambar 1 memperlihatkan bahwa batuan yang terbentuk akibat pembekuan magma di bawah permukaan bumi disebut Batuan Beku Dalam, sedangkan magma yang membeku di atas permukaan

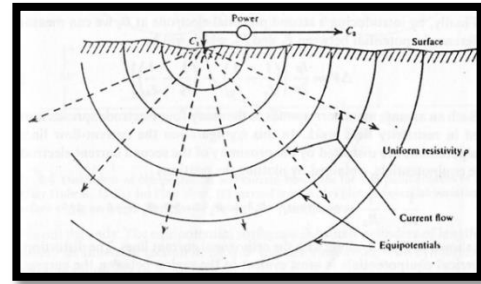
bumi disebut Batuan Beku Luar. Batuan beku luar bersentuhan dengan atmosfer dan hidrosfer akan mengalami pelapukan, hasil pelapukan ini akan di bawa oleh media pengikis (air, angin, es dll) dan diendapkan di suatu tempat. Endapan ini lama-kelamaan akan mengeras dan membentuk lapisan Batuan Sedimen. Batuan Sedimen dan Batuan Beku akibat perubahan tekanan dan temperatur yang tinggi akan berubah menjadi Batuan Metamorf. Batuan Metamorf yang mengalami perubahan suhu cukup tinggi akan meleleh kembali menjadi magma, sehingga akan terbentuk lagi Batuan Beku.

Jenis batuan dan kedalaman lapisan batuan di suatu daerah diperlukan untuk penggambaran struktur batuan. Struktur batuan dapat digambarkan sesuai simbol litologi batuan. Dalam bidang Geologi simbol litologi batuan sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Simbol Litologi Batuan^[6]

No	Jenis batuan	Simbol	Warna
1	Konglomerat		Jingga / coklat
2	Breksi		Jingga /coklat
3	Batupasir		Kuning
4	Napal (marl)		Biru muda
5	Lempung		Hijau
6	Serpih (shale)		Kelabu
7	Lanau (silt)		Kuning muda
8	Batugamping		Biru
9	Dolomit		Biru tua
10	Evaporit		Merah muda
11	Batubara		Hitam
12	Batuan beku		Merah
13	Tuff		Coklat / ungu
14	Batu Metamorf		Ungu / jingga

Struktur batuan dapat diestimasi menggunakan metoda pengukuran Geofisika yaitu metoda Geolistrik Tahanan Jenis. Prinsip dari metoda Geolistrik tahanan jenis adalah menginjeksikan arus ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus, kemudian mengukur beda potensial yang ditimbulkan di permukaan bumi menggunakan dua buah elektroda potensial^[7]. Pada metoda Geolistrik Tahanan Jenis bumi diasumsikan sebagai medium homogen isotropis, sehingga arus yang dialirkan ke dalam bumi akan mengalir ke segala arah membentuk bidang equipotensial setengah bola. Penjalaran arus listrik ke dalam bumi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik Sumber Arus pada Permukaan dari Medium Homogen^[8]

Medium homogen isotropis jika dialiri arus maka dapat dihitung beda potensialnya yaitu:

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (1)$$

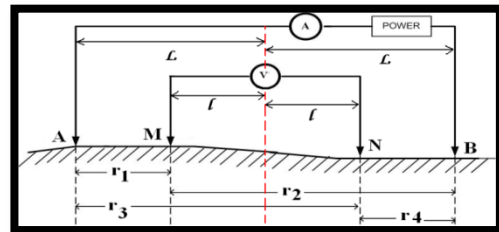
Berdasarkan rumus (1) maka dapat ditentukan nilai dari tahanan jenisnya.

Bumi yang diasumsikan sebagai medium homogen isotropis pada kenyataannya merupakan medium nonhomogen, sehingga nilai tahanan jenis yang terukur bukanlah nilai tahanan jenis yang sebenarnya melainkan nilai tahanan jenis semu. Nilai tahanan jenis semu dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

dimana ρ_a merupakan nilai tahanan jenis semu, K merupakan nilai faktor geometri, ΔV merupakan nilai beda potensial dan I merupakan nilai arus. Nilai K bergantung kepada jenis konfigurasi yang digunakan. Ada beberapa konfigurasi pada metoda Geolistrik Tahanan Jenis, salah satunya yaitu metoda Geolistrik Konfigurasi Schlumberger.

Metoda Geolistrik Schlumberger merupakan salah satu konfigurasi dalam eksplorasi Geolistrik dengan susunan jarak elektroda potensial lebih kecil daripada jarak elektroda arus. Kelebihan dari konfigurasi Schlumberger ini yaitu dapat mendeteksi secara sounding (mengetahui nilai resistivitas secara vertikal) dan elektroda potensial tidak sering dipindahkan. Susunan elektorda konfigurasi Schlumberger dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Susunan Elektroda Konfigurasi Schlumberger^[9]

Gambar 3 memperlihatkan bahwa elektroda M dan N digunakan sebagai elektroda potensial dan elektroda A dan B digunakan sebagai elektroda arus, dimana berdasarkan jarak elektrodanya nilai faktor Geometri dapat dirumuskan sebagai berikut:

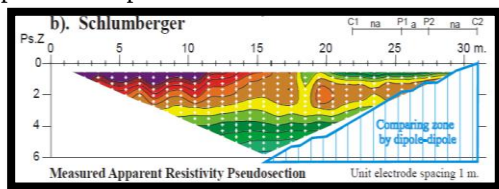
$$K = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \quad (3)$$

dimana $L=AB/2$ merupakan setengah dari jarak elektroda arus, $l=MN/2$ merupakan setengah dari jarak elektroda potensial. Jika Persamaan (2) disubstitusikan ke Persamaan (3) maka dapat diperoleh rumusan tahanan jenis semu untuk metoda Geolistrik konfigurasi *Schlumberger* sebagai berikut:

$$\rho_a = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

ρ_a merupakan nilai tahanan jenis semu (Ωm), ΔV merupakan beda potensial (V) dan I merupakan arus listrik (A). Nilai tahanan jenis batuan sesungguhnya pada daerah rawan longsor biasanya ditandai dengan adanya kontras nilai tahanan jenis antara dua lapisan batuan. Lapisan batuan lunak yang banyak mengandung air memiliki nilai tahanan jenis rendah, dan lapisan keras ditandai dengan nilai tahanan jenis batuan yang besar.

Kedalaman yang dapat dicapai oleh konfigurasi *Schlumberger* adalah seperlima dari panjang lintasan, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kedalaman yang Dapat Dicapai Konfigurasi *Schlumberger*^[10]

Gambar 4 memperlihatkan bahwa panjang lintasan pengukuran yang digunakan adalah 30 m dan kedalaman yang dapat dicapai adalah 6 m.

Nilai tahanan jenis semu yang diperoleh dari pengukuran dapat diinterpretasi menggunakan sebuah metoda inversi sehingga menghasilkan nilai tahanan jenis sesungguhnya dan kedalaman^[7]. Metoda inversi umumnya tidak menghasilkan suatu informasi yang unik, sehingga perlu ditambahkan sejumlah informasi tambahan. Informasi tambahan ini digunakan untuk mengkonstrain suatu solusi^[11], sehingga dapat diperoleh informasi yang akurat mengenai benda di bawah permukaan bumi.

Metoda inversi 2D ada beberapa jenis, salah satunya yaitu metode Inversi *Smoothness - Constraint Least Squares*. Metoda ini merupakan metoda inversi yang cenderung menghasilkan suatu model dengan variasi-variasi nilai resistivitas yang *smooth*^[12]. Metoda ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut: $(J^T J + \lambda F) \Delta q = J^T g - \lambda F q$.

Dimana q merupakan nilai-nilai resistivitas model, J merupakan matriks Jacobian, λ adalah faktor damping, Δq adalah vektor perubahan parameter model dan g *discrepancy* vektor. $F = \alpha_x C_x^T C_x + \alpha_y C_y^T C_y + \alpha_z C_z^T C_z$ dimana C_x , C_y dan C_z adalah matriks *smoothing*, α_x , α_y dan α_z

merupakan pemberat-pemberat relatif yang diberikan pada filter-filter *smoothness*.

Keuntungan dari metoda ini selain menghasilkan nilai resistivitas yang *smooth* juga *damping factor* dan filter dapat disesuaikan bermacam-macam tipe data. *Damping factor* merupakan variabel yang berhubungan dengan proses peredam ketidakstabilan yang mungkin timbul akibat keterbatasan data pada inversi yang termasuk *underdetermined*^[13]. *Damping factor* dapat ditentukan dengan cara *trial and error*. Untuk memperkecil error maka dapat digunakan nilai dari *Damping factor* yang kecil juga.

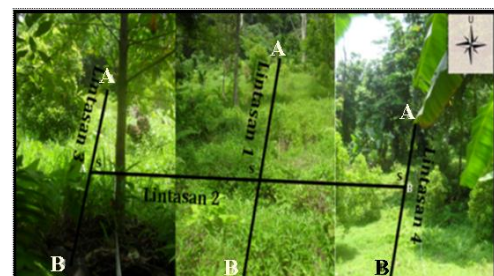
Nilai error kecil berarti hasil penelitian dalam bentuk penampang 2D sudah memiliki perbedaan yang minimum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis batuan, struktur batuan dan penampang 3D struktur batuan di daerah di Bukit Lantiak Padang Selatan. Hasil penelitian ini berupa gambaran struktur batuan penyusun lereng sehingga dapat memberikan kontribusi dalam meminimalkan bahaya akan terjadinya longsor di daerah Bukit Lantiak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang bertujuan untuk mendeskripsikan struktur batuan di Bukit Lantiak Padang Selatan. Penelitian dilakukan selama bulan April-Juli 2014. Penelitian dilakukan menggunakan alat ARES *multielectrode*. Variabel penelitian terdiri atas variabel yang diukur (arus listrik (I), beda potensial (V), dan spasi jarak elektroda) dan variabel yang dihitung (nilai tahanan jenis semu (ρ)). Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam prosedur penelitian.

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan kajian teoritis mengenai teori-teori yang mendukung penelitian. *Survey* awal ke daerah pengukuran atau lokasi penelitian untuk menentukan panjang lintasan dan spasi elektroda yang akan digunakan pada saat pengukuran. Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pengukuran juga dipersiapkan. Pada tahap persiapan didesain lintasan penelitian sebanyak 4 lintasan, dengan 3 lintasan sejajar dan satu lintasan sebagai pengikat. Desain lintasan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Lintasan Pengukuran

Gambar 5 merupakan desain lintasan pengukuran. A merupakan titik awal pengukuran dan B merupakan titik akhir pengukuran. Lintasan 1 berada ditengah lokasi pengukuran dengan titik awal A berada pada koordinat $00^{\circ} 58' 16''$ LS dan $100^{\circ} 22' 8''$ BT sampai titik B berada pada koordinat $00^{\circ} 58' 05,4''$ LS dan $100^{\circ} 22' 14,5''$ BT. Lintasan 2 mengikat ketiga lintasan lainnya dengan titik A berada pada koordinat $00^{\circ} 58' 08,7''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,3''$ BT sampai titik B berada pada koordinat $00^{\circ} 57' 58,9''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,2''$ BT. Lintasan 3 untuk titik awal A berada pada koordinat $00^{\circ} 58' 08,3''$ LS dan $100^{\circ} 22' 07,0''$ BT dan titik akhir B berada pada koordinat $00^{\circ} 58' 09,1''$ LS dan $100^{\circ} 22' 13,6''$ BT. Lintasan 4 untuk titik A berada pada koordinat $00^{\circ} 58' 00,4''$ LS dan $100^{\circ} 22' 06,5''$ BT dan B pada koordinat $00^{\circ} 57' 55,9''$ LS dan $100^{\circ} 22' 12,1''$ BT.

2. Tahap Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dilakukan persiapan lintasan pengukuran berupa garis lurus sesuai dengan kedalaman yang ingin dicapai. Panjang lintasan dan spasi elektroda diukur, kemudian ditanam elektroda pada setiap spasi. Sumber arus dan hubungan kabel ke lektroda dicek serta dihubungkan kabel elektroda dengan sumber arus. Selanjutnya diaktifkan ARES dan dipastikan kondisi Aki terisi 85 %. Setelah itu alat ARES dikalibrasi dan dipilih metoda pengukuran serta konfigurasi, untuk selanjutnya dilakukan pengukuran.

3. Teknik Analisa Data

Data hasil pengukuran tersimpan pada ARES-main unit, selanjutnya didownload dengan cara menghubungkan ARES dengan komputer windows XP. Nilai tahanan jenis semu yang diperoleh diinterpretasi menggunakan metoda inversi. Metoda inversi yang dipilih yaitu *Smoothness - Constraint Least Squares inversion* dengan bantuan *software Res2dinv*. Interpretasi data menghasilkan nilai tahanan jenis yang sebenarnya dan kedalaman, dalam bentuk penampang 2D bawah permukaan bumi. Nilai tahanan jenis yang sebenarnya pada model penampang 2D diestimasi menggunakan nilai tahanan jenis batuan dalam Telford dan kondisi geologi daerah penelitian. Hasil dari estimasi berupa jenis batuan pada setiap lapisan bumi. Struktur batuan dibuat berdasarkan jenis batuan dan kedalaman yang diperoleh pada saat interpretasi data dengan mengacu pada warna dan simbol litologi batuan.

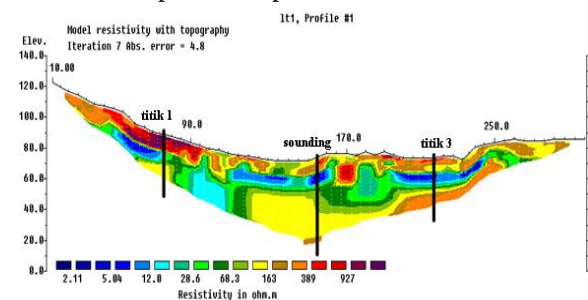
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Lintasan 1

Lintasan 1 memiliki panjang lintasan 295 m dengan spasi elektroda yang digunakan yaitu 5 m. *Damping factor* yang digunakan yaitu 0,01.

Ketinggian dari Lintasan 1 yaitu 72 – 123 m di atas permukaan laut (mdpl) dengan kedalaman penetrasi mencapai 58,7 m. Sounding lintasan 1 berada pada $00^{\circ} 58' 3,7''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,3''$ BT. Hasil pengolahan data lintasan 1 memiliki RMS sebesar 4,8 %. Nilai tahanan jenis yang terdeteksi pada posisi dan kedalaman pada iterasi ke-7 berkisar antara 1,055 – 1390,5 Ω m. Hasil penampang 2D dari Lintasan 1 dapat dilihat pada Gambar 6.

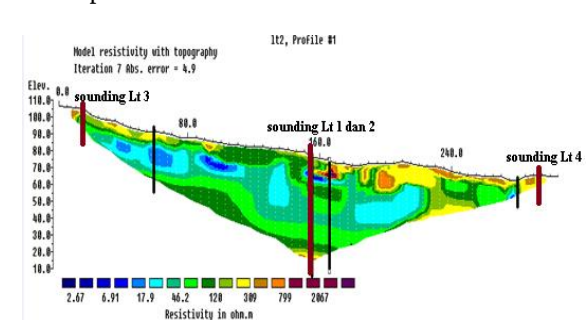


Gambar 6. Profil Bawah Permukaan Lintasan 1 dengan Topografi

Gambar 6 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan bumi untuk Lintasan 1. Estimasi jenis batuan dilakukan pada 3 titik sepanjang lintasan. Titik pertama dan ketiga merupakan titik yang memiliki jenis batuan bervariasi, sedangkan titik kedua merupakan titik sounding dari lintasan.

Lintasan 2

Panjang lintasan 2 adalah 305 m dengan spasi elektroda yaitu 5 m. Lintasan 2 memiliki ketinggian antara 63 – 107 mdpl dan kedalaman mencapai 58,7 m. Sounding Lintasan 2 berada pada $00^{\circ} 58' 3,7''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,3''$ BT. Hasil pengolahan data lintasan 2 memiliki RMS sebesar 4,9 %. Nilai tahanan jenis yang terdeteksi pada posisi dan kedalaman pada iterasi ke-7 berkisar antara 1,3 – 2067 Ω m. Hasil penampang 2D dari Lintasan 1 dapat dilihat pada Gambar 7.



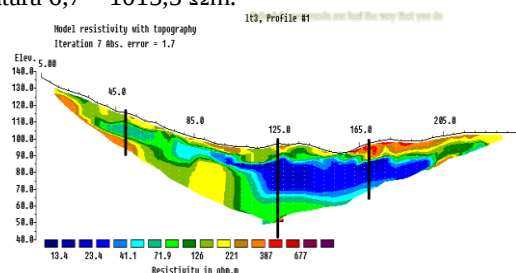
Gambar 7. Profil Bawah Permukaan Lintasan 2 dengan Topografi

Gambar 7 memperlihatkan penampang 2D lintasan 2 sebagai pengikat, pada penampang 2D dapat dilihat keberadaan titik sounding ke 3 lintasan lainnya. Pengambilan titik untuk estimasi batuan diambil pada 4 titik. Titik 1 merupakan titik yang dekat dengan sounding Lintasan 3. Titik 2

merupakan titik sounding lintasan 1 dan 2. Titik 3 merupakan titik yang memiliki jenis batuan bervariasi, dan titik 4 merupakan titik yang dekat dengan sounding lintasan 4.

Lintasan 3

Panjang lintasan 3 adalah 235 m dengan spasi elektroda yang digunakan yaitu 5 m. *Damping factor* yang digunakan yaitu 0,01. Lintasan 3 memiliki ketinggian 92 – 137 mdpl dan kedalaman mencapai 49,4 m. Souding Lintasan 3 berada pada $00^{\circ} 58' 08,2''$ LS dan $100^{\circ} 22' 10,0''$ BT. Hasil pengolahan data lintasan 3 cukup bagus dengan nilai RMS sebesar 1,7 %. Nilai tahanan jenis yang terdeteksi pada posisi dan kedalaman pada iterasi ke-7 berkisar antara 6,7 – 1015,5 Ωm .

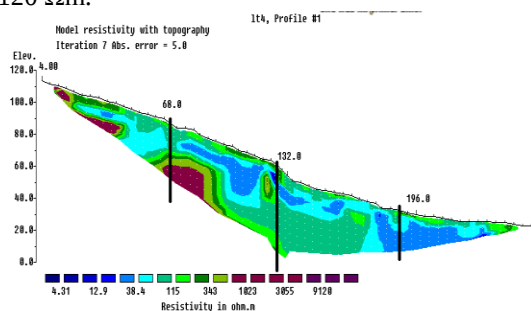


Gambar 8. Profil Bawah Permukaan Lintasan 3 dengan Topografi

Gambar 8 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan bumi untuk Lintasan 3. Estimasi jenis batuan dilakukan pada 3 titik sepanjang lintasan. Titik pertama dan ketiga merupakan titik yang memiliki jenis batuan bervariasi, sedangkan titik kedua merupakan titik sounding dari lintasan.

Lintasan 4

Panjang lintasan 4 adalah 244 m dengan spasi elektroda yang digunakan yaitu 4 m. *Damping factor* yang digunakan yaitu 0,01. Lintasan 4 memiliki ketinggian antara 117 – 23 mdpl dan kedalaman mencapai 49,4 m. Souding Lintasan 4 berada pada $00^{\circ} 57' 58,6''$ LS dan $100^{\circ} 22' 09,3''$ BT. Nilai RMS lintasan 5 sebesar 5,0 %, hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesalahan pengukuran hanya sekitar 5 %. Nilai tahanan jenis yang terdeteksi pada posisi dan kedalaman pada iterasi ke-7 berkisar antara 2,155 – 9120 Ωm .



Gambar 9. Profil Bawah Permukaan Lintasan 4 dengan Topografi

Gambar 9 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan bumi untuk Lintasan 4. Estimasi jenis batuan dilakukan pada 3 titik sepanjang lintasan. Titik pertama dan ketiga merupakan titik yang memiliki jenis batuan bervariasi, sedangkan titik kedua merupakan titik sounding dari lintasan.

2. Pembahasan

Hasil interpretasi menggunakan metoda *Smoothnes Constraint Least Square Inversion* dan estimasi menggunakan Tabel tahanan jenis batuan dalam Telford untuk Lintasan 1 pada Gambar 6 memperlihatkan bahwa Nilai tahanan jenis kecil dengan rentangan 1,055 – 20,3 Ωm diestimasi sebagai lapisan *Clay*. Nilai tahanan jenis *Clay* berkisar dari 1 – 100 Ωm ^[6]. Lapisan ini diwakilkan oleh warna biru tua sampai biru muda. Pada titik 1 lapisan ini terdapat pada kedalaman 7,95 – 17,4 m. Pada titik sounding lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 9,25 m dengan ketebalan 3,95 m. Titik 3 lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 11,69 m dengan ketebalan lapisan 8,25 m.

Lapisan 2D yang berwarna hijau dan kuning diestimasi sebagai lapisan *Sandstone* dengan rentangan nilai tahanan jenis 20,4 – 163 Ωm . Nilai tahanan jenis *Sandstone* memiliki rentangan nilai tahanan jenis antara 1 – $6,4 \times 10^8 \Omega\text{m}$ ^[6]. Pada titik 1 lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 17,4 m sampai 25,3 m. Selanjutnya pada sounding lapisan ini ditemukan dipermukaan dengan ketebalan 3,95 m, kemudian pada kedalaman 17,4 m dengan ketebalan lapisan 38,2 m. Pada titik 3 ditemukan lapisan *Sandstone* pada kedalaman 5,3 m sampai 11,9 m, kemudian pada kedalaman 20,15 sampai 25,53 m.

Lapisan berwarna kuning diestimasi sebagai lapisan *Limestone* dengan rentangan nilai tahanan jenis 164 – 927 Ωm . Lapisan *Limestone* memiliki nilai tahanan jenis berkisar antara 50 – $10^7 \Omega\text{m}$ ^[6]. Pada titik 1 lapisan ini tidak ditemukan. Pada sounding lapisan *Limestone* terdapat pada kedalaman 3,95 m dengan ketebalan 5,3 m, kemudian pada kedalaman 55,6 m dengan ketebalan 3,1 m. Pada titik 3 lapisan ini ditemukan pada kedalaman 2,60 sampai kedalaman 5,30 m, kemudian pada kedalaman 25,3 m dengan ketebalan 8,87 m.

Lapisan berwarna merah sampai ungu di estimasi sebagai lapisan *Andesite*, dengan nilai tahanan jenis besar yaitu 927 – 1390,5 Ωm . Nilai tahanan jenis *Andesite* pada tabel berkisar antara 170 – $4,5 \times 10^4 \Omega\text{m}$. Lapisan ini terdapat di permukaan dengan ketebalan lapisan 7,9 m untuk titik 1. Pada titik sounding tidak terdapat batuan *Andesite*. Pada titik ke 3 lapisan *Andesite* ditemukan di permukaan sampai kedalaman 2,60 m.

Lintasan 2 pada Gambar 7 memperlihatkan bahwa lapisan berwarna biru tua sampai biru muda dengan nilai tahanan jenis kecil diestimasi sebagai lapisan *Clay*. Pada lintasan 2 lapisan *Clay* memiliki rentangan nilai tahanan jenis berkisar dari 1,33 –

32,05 Ω m. Titik 1 berada pada jarak 60 m, lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 8,9 – 20,7 m. Titik 2 berada pada sounding, lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 8,65 – 17,4 m dan 31,5 – 43,2 m. Titik ke 3 berada pada jarak 165 m, lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 7,95 – 14,65 m dan 34,4 – 43,4 m. Pada titik ke 4 lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 8,92 – 10,4 m.

Lapisan *Sandstone* memiliki rentangan nilai tahanan jenis 32,06 – 309 Ω m. Pada titik 1 lapisan ini terdapat pada kedalaman 0 – 8,9 m, pada titik sounding terdapat pada kedalaman 43,2 – 61 m. Lapisan *Sandstone* pada titik ke 3 terdapat pada kedalaman 14,65 – 34,4 m dan pada titik ke 4 terdapat pada permukaan sampai kedalaman 8,92 m.

Nilai tahanan jenis yang berkisar dari 310 – 799 Ω m diestimasi sebagai lapisan *Limestone*. Pada penampang 2D lapisan ini ditandai oleh warna coklat sampai merah. Lapisan *Limestone* tidak ditemukan pada titik 1, pada sounding ditemukan pada kedalaman 58,7 – 61 m. Pada titik 3 lapisan ini ditemukan paling tebal pada kedalaman 25,3 – 34,4 m dan pada titik 4 lapisan *Limestone* juga tidak ditemukan. Lapisan berwarna ungu diestimasi sebagai lapisan *Andesite* dengan rentangan nilai tahanan jenis berkisar dari 800 – 2067 Ω m. Batuan *Andesite* hanya ditemukan pada titik 3 pada kedalaman 5,3 – 7,95 m.

Lintasan 3 pada Gambar 8 diestimasi memiliki 4 jenis batuan. Nilai tahanan jenis kecil dengan rentangan nilai 6,7 – 56,5 Ω m, diestimasi sebagai lapisan *Clay*. Pada lintasan 3 nilai tahanan jenis *Clay* diestimasi sekitar 6,7 – 56,5 Ω m. Pada titik 1 lapisan ini terdapat pada kedalaman 5,3 – 11,9 m. Lapisan *Clay* ditemukan pada kedalaman 7,95 – 37,7 dan kedalaman 11,9 – 20,15 m pada sounding dan titik 3. Lapisan *Sandstone* diestimasi memiliki nilai tahanan jenis berkisar dari 56,6 – 221 Ω m. Pada titik 1 lapisan ini diestimasi terdapat pada permukaan sampai kedalaman 5,3 m. Pada sounding terdapat pada kedalaman 37,37 – 46,47 m, dan pada titik 3 terdapat pada kedalaman 5,3 – 11,9 m.

Lapisan *Limestone* diestimasi memiliki rentangan nilai tahanan jenis berkisar dari 222 – 677 Ω m. Lapisan *Limestone* ditemukan pada titik 1 pada kedalaman 11,9 – 20,15 m, pada titik sounding lapisan ini tidak ditemukan. Pada titik 3 lapisan *Limestone* diestimasi terdapat pada kedalaman 5,3 – 7,95 m. Lapisan berwarna ungu diestimasi sebagai lapisan *Andesite* dengan rentangan nilai tahanan jenis berkisar dari 800 – 2067 Ω m. Batuan *Andesite* tidak ditemukan pada titik 1, pada sounding ditemukan pada kedalaman 46,67 – 49,4 m, dan pada titik 3 lapisan *Andesite* diestimasi terdapat pada permukaan sampai kedalaman 5,3 m.

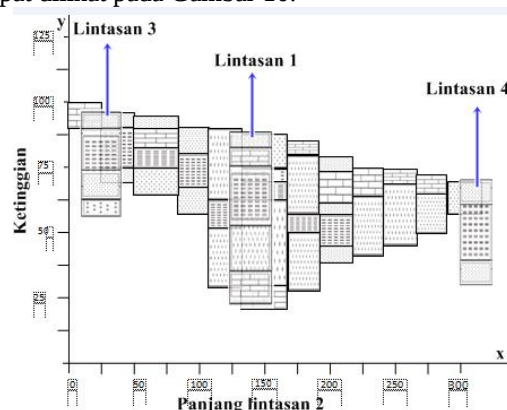
Lintasan 4 pada Gambar 9 diestimasi memiliki 3 jenis lapisan batuan, dimana pada lintasan ini tidak ditemukan lapisan *Limestone*. Nilai tahanan jenis kecil dengan rentangan 2,155 – 76,7 Ω m diestimasi

sebagai lapisan *Clay*. Lapisan ini diwakilkan oleh warna biru tua sampai biru muda. Pada titik 1 lapisan ini terdapat pada permukaan sampai kedalaman 14,7 m. Pada titik sounding lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 5,08 m dengan ketebalan 41,32 m. Titik 3 lapisan *Clay* terdapat pada kedalaman 2,54 – 27,6 m.

Lapisan 2D yang berwarna hijau dan kuning diestimasi sebagai lapisan *Sandstone* dengan rentangan nilai tahanan jenis 76,8 – 683 Ω m. Pada titik 1 lapisan *Sandstone* terdapat pada kedalaman 14,7 – 21,7 m, pada sounding lapisan ini diestimasi berada pada kedalaman 46,4 – 54,5 m. Pada titik 3 lapisan *Sandstone* terdapat pada permukaan sampai kedalaman 2,54. Lapisan berwarna merah sampai ungu di estimasi sebagai lapisan *Andesite*, dengan nilai tahanan jenis besar yaitu 927 – 1390,5 Ω m. Lapisan *Andesite* pada lintasan 4 diestimasi hanya berada pada titik 1 yaitu pada kedalaman 21,7 – 30,6 m.

Jenis batuan di Bukit Lantiak kecamatan Padang Selatan secara umum terdapat 4 jenis batuan yang terdiri atas lapisan *Clay*, *Sandstone*, *Limestone* dan Batuan *Andesite*. Lapisan *Sandstone* terdapat di permukaan sampai kedalaman 6 m, lapisan *Limestone* dan *Andesite* terdapat setelahnya dengan ketebalan lapisan masing-masing sekitar 9 m dan 3 m. Selanjutnya terdapat lapisan *Clay* pada kedalaman 34 m dengan ketebalan lapisan sekitar 8,94 m. Lapisan paling bawah kembali terdapat lapisan *Sandstone* dan *Andesite* dengan ketebalan sekitar 3 m dan 2 m. Keempat jenis batuan di Bukit Lantiak hasil pendugaan Geolistrik ini sesuai dengan peta geologi dan kondisi geologi Bukit Lantiak.

Struktur batuan di Bukit Lantiak dapat digambarkan berdasarkan hasil estimasi jenis batuan dan kedalaman batuan keempat lintasan. Penggambaran struktur batuan mengacu pada Tabel 1. Struktur batuan di Bukit Lantiak Padang Selatan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Struktur batuan Bukit Lantiak

Ket : x = panjang lintasan

y = Kedalaman

= *Clay*
 = *Sandstone*
 = *Limestone*
 = *Andesite*

Struktur batuan ini digambarkan menggunakan skala 1:250. Lintasan 2 sebagai pengikat digunakan sebagai koreksi untuk ketiga lintasan lainnya. Struktur batuan pada sounding untuk lintasan 1, 3 dan 4 digambarkan sesuai dengan posisi sounding saat pengambilan data di lapangan. Penggambaran struktur batuan seperti ini juga dilakukan oleh Adeoti dkk, dimana struktur batuan digambarkan 1D untuk setiap lapisan batuan^[12].

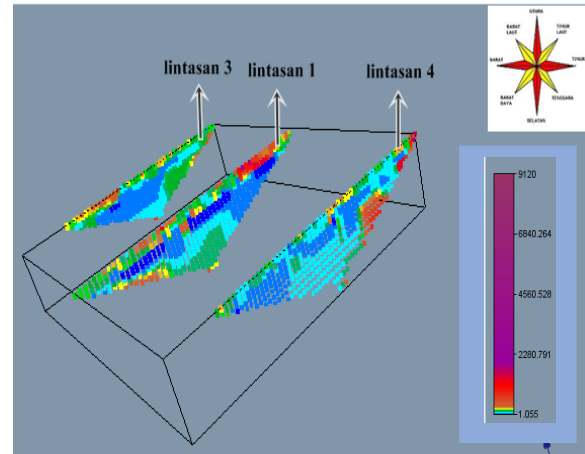
Struktur batuan di daerah Bukit Lantiak berdasarkan atas estimasi struktur batuan pada keempat lintasan dapat disimpulkan terdiri dari lapisan *Clay*, *Sandstone*, *Limestone* dan *Andesite*. Peta geologi Kecamatan Padang Selatan menunjukkan bahwa di daerah ini juga terdiri dari batu *Andesite* berselingan dengan tufa. Hasil penelitian dan peta geologi daerah setempat menunjukkan kecocokan. Adanya lapisan batuan sedimen (*Clay*, *Sandstone*, *Limestone*) hal ini terjadi karena adanya siklus batuan, dimana batuan Beku mengalami pelapukan dan dibawa oleh media pengikis dan diendapkan di berbagai tempat menjadi batuan endapan/sedimen (lihat Gambar 2).

Lapisan batuan Sedimen yang terdapat di daerah Bukit Lantiak ada yang bersifat mudah terjadi longsor. Lapisan *Clay* merupakan lapisan yang mudah menyerap air namun tidak bersifat meloloskan air, sehingga lapisan ini akan mudah runtuh apabila berada di lereng. Selain itu lapisan *Sandstone* dan *Clay* mudah menjadi tanah apabila mengalami proses pelapukan, sehingga rentan terhadap longsor. Penelitian Bhattarai di Jepang juga menyimpulkan bahwa mayoritas tanah longsor di Jepang terjadi pada batuan Sedimen lembut, terutama pada batu Lempung^[4]. Pada keempat lintasan pengukuran ditemukan lapisan *Sandstone* dan *Clay*. Hal ini berarti daerah Bukit Lantiak memiliki jenis batuan penyebab longsor.

Struktur perlapisan batuan juga dapat menjadi pemicu longsor. Lapisan batuan lunak yang diikuti lapisan batuan keras merupakan struktur batuan pemicu longsor. Pada beberapa lintasan terdapat lapisan *Sandstone* yang diikuti lapisan *Limestone*, struktur batuan seperti ini rentan akan terjadinya longsor. Hal ini karena lapisan *Sandstone* yang berongga akan terisi oleh air hujan dan lapisan *Limestone* bersifat keras serta kedap air, sehingga lapisan *Sandstone* yang berisi air akan menjadi berat. Kondisi seperti ini akan menyebabkan terjadinya longsor. Menurut penelitian yang dilakukan Lismalini di desa Kampung Manggis kecamatan Padang Panjang Barat, batuan Gamping (*Limestone*) merupakan bidang tempat terjadinya longsor. Hal ini karena adanya kontras tahanan jenis yang cukup besar diantara lapisan *Sandstone* dengan lapisan *Limestone*^[14]. Berdasarkan hal ini daerah Bukit Lantiak memiliki struktur batuan penyebab longsor.

Data geolistrik 2D dapat ditampilkan dalam bentuk penampang 3D dengan bantuan *Software*

Voxler. Data geolistrik 2D yang dapat diubah menjadi tampilan 3D ini merupakan gabungan dari beberapa lintasan pengukuran dengan syarat lintasan yang digabung harus sejajar. Penampang 3D ini diharapkan dapat menampilkan lokasi penelitian secara keseluruhan dengan bentuk 3D. Gambar 11 merupakan bentuk penampang 3D, untuk lintasan 1, 3 dan 4.



Gambar 11. Tampilan 3D Lintasan 1, 3 dan 4

Warna-warna pada *software* *Voxler* pada Gambar 11 disesuaikan dengan warna yang ada pada *software* *Res2dinv*. Penampang 3D ini memperlihatkan sebaran batuan di daerah Bukit Lantiak untuk ketiga lintasan yang sejajar. Ketiga lintasan membentang dari arah Timur Laut ke arah Barat Daya, dengan mengetahui arah lintasan ini maka dapat diduga sebaran batuan di Bukit Lantiak.

Lapisan batu *Andesite* umumnya terdapat di daerah arah Timur Laut. Lintasan 1 terdapat lapisan batu *Andesite* dipermukaan, dan pada Lintasan 4 terdapat lapisan batu *Andesite*. Lapisan *Clay* dan *Sandstone* tersebar merata untuk setiap lintasan. Lapisan *Limestone* tidak terdapat pada Lintasan 4. Lapisan *Limestone* pada Lintasan 3 terdapat di bagian Barat daya dan pada Lintasan 1 lapisan *Limestone* tersebar merata dari Timur Laut menuju Barat Daya.

KESIMPULAN

Jenis batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi di Bukit Lantiak terdiri dari *Andesite* yang diselingi tufa, *Clay*, *Sandstone* dan *Limestone*. Lapisan *Sandstone* terdapat di permukaan sampai kedalaman 6 m, lapisan *Limestone* dan *Andesite* terdapat setelahnya dengan ketebalan lapisan masing-masing sekitar 9 m dan 3 m. Selanjutnya terdapat lapisan *Clay* pada kedalaman 34 m dengan ketebalan lapisan sekitar 8,94 m. Lapisan paling bawah kembali terdapat lapisan *Sandstone* dan *Andesite* dengan ketebalan sekitar 3 m dan 2 m. Lapisan *Clay* dan *Sandstone* tersebar merata di daerah ini, lapisan batu *Andesite* terdapat di bagian

Timur Laut, dan lapisan *Limestone* sebagian terdapat di Barat Daya dan sebagian lagi tersebar merata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan dalam berbagai bentuk. Ucapan terimakasih juga untuk DP2M DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2014 atas nama ketua kelompok Irepia Refa Dona dengan judul “Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tajirs di Bulan Padang Selatan. Terima kasih untuk dosen-dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran sehingga penulisan tugas akhir dan jurnal ini menjadi lebih baik. Terima kasih juga kepada rekan-rekan yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian ini dan teman-teman seangkatan yang telah memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir dan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Posmetro Padang. (2013). *Korban Bukit Latiak Pertanyakan Status Tanah*. [http://posmetro% 20pdg.htm](http://posmetro%20pdg.htm) . diakses tanggal 15 Februari 2014.
- [2]. Perrone, Angela. Sabatino Piscitelli dan Vincenzo Lapinna. (2012). Electrical Resistivity Tomographies For Monitoring: A Review. *Berichte Geol. BA*, 93. ISSN 1017-8880.
- [3]. Bhattarai, Pankaj. Hideaki Marui, Binod Tiwari, Naoki Watanabe dan Gyanu R. Tuladhar. (2006). Influence Of Weathering On Physical and Mechanical Properties Of Mudstone. *Journal*. Universal Academy Press. Inc. Tokyo Japan. Hal 467-479.
- [4]. Munir, Moch. (1995). *Geologi dan Mineralogi Tanah*. Malang: Pustaka Jaya.
- [5]. Taylor, Barbara. 1995. *Batuan, Mineral dan Fosil*. Jakarta: Erlangga.
- [6]. Sukandarrumidi. (2011). *Pemetaan Geologi*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- [7]. 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
- [8]. Telford, W.M. Geldart, L.P, Sheriff R.E and Keys, D.A. (1990). *Applied Geophysics*. USA: Cambridge University Press.
- [9]. Reynolds, J.M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: Jhon Geophysicsin Hydrogeological and Wiley and Sons Ltd.
- [10]. GF Instruments, S.R.O. (2007). *Short Guide for Resistivity Imaging*. Jecna. Geophysical Equipment and Services.
- [11]. Supriyanto. (2007). *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*. Departemen Fisika-FMIPA Universitas Indonesia.
- [12]. Loke, M.H. (2004). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Enginering Studies, A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*. Malaysia: Minden Heights.
- [13]. Adeoti, L. O.M. Alile, O. Uchegbulam dan R.B. Adegbola. (2012). Geoelectrical Investigation of the Grounwater Potential in Mowe, Ogun State, Nigeria. *British Journal of Applied Science and Technology*. Hlm 58-71
- [14]. Lismalini. (2013). Penyelidikan bidang gelincir menggunakan metoda Geolistrik tahanan jenis konfigurasi schlumberger Di desa kampung manggis kecamatan Padang panjang barat. *Skripsi tidak diterbitkan*. FMIPA UNP.