

**INVESTIGASI *AQUIFER* DENGAN METODE INVERSI *SMOOTHNESS-CONSTRAINT LEAST SQUARES* DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI *SCHLUMBERGER* DI BUKIT APIT PUHUN KECAMATAN GUGUK PANJANG KOTA BUKITTINGGI**

**Imran Razat<sup>1)</sup> Akmam<sup>2)</sup> Mahrizal<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

<sup>2)</sup>Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

[imran.razat@yahoo.com](mailto:imran.razat@yahoo.com)

**ABSTRACT**

*Bukit Apit Puhun was one of the area that need to know information about the depth of the aquifer layer. Bukit Apit Puhun located at Sianok canyon a valley surrounded by hills composed by a layer of igneous rocks. Layers of rock in the Sianok canyon assumed can store groundwater reserves. This research used the resistivity geoelectrical method with Schlumberger configuration. The data were processed and interpreted by the Smoothness Constraint Least-Squares inversion. The data were taken five track using ARES (Automatic Resistivitymeter). The result of this research showed that the material contained in the Bukit Apit Puhun was Clay, Sandstone, Limestone and Andesite. The material contained in the study area shows that the area was a water catchment area with no finding of aquifer layers in every track. Results of this study were not strengthened by the discovery of a well to track the location of measurement.*

**Keywords :** *Aquifer, resistivity geoelectrical method, Schlumberger, Smoothnes-Constraint Least Square inversion*

**PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam. Cadangan air yang terdapat di Indonesia menempati urutan ke 5 di dunia<sup>[1]</sup>. Cadangan air yang banyak di Indonesia tidak diikuti oleh sebaran yang merata sehingga menyebabkan ketersediaan air di tiap-tiap wilayah tidak sama termasuk Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat.

Air merupakan salah satu kebutuhan primer dalam kehidupan manusia. Kebutuhan akan air biasa diperoleh dari pemanfaatan air permukaan, seperti air sungai dan air danau, namun ketersediaan tersebut tidak selamanya tersedia dalam jumlah yang banyak karena dipengaruhi oleh pertambahan jumlah penduduk. Ketersediaan air bersih di Bukittinggi baru mencapai 180 liter tiap detik<sup>[2]</sup>. Ketersediaan tersebut tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan keseluruhan daerah di Bukittinggi. Salah satu daerah yang kekurangan air di Bukittinggi adalah Bukit Apit Puhun, Kecamatan Guguk Panjang.

Kecamatan Guguk Panjang memiliki luas 12.185 km<sup>2</sup> dan mempunyai penduduk sebanyak 32.157 orang<sup>[3]</sup>. Daerah Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang merupakan daerah yang cukup padat penduduk. Penduduk yang padat tentunya membutuhkan air bersih dalam jumlah yang cukup banyak untuk keperluan kehidupan sehari-hari maupun dalam kegiatan pembangunan. Warga daerah Bukit Apit Puhun telah berupaya mencari sumber air melalui sumur bor, namun debitnya masih rendah. Kekurangan air bersih menyebabkan terganggunya aktifitas masyarakat di daerah tersebut. Masalah ini memerlukan pemecahan

berupa pencarian sumber-sumber air tanah untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang merupakan salah satu daerah yang perlu diketahui keberadaan air tanahnya. Daerah ini terletak di atas Ngarai Sianok. Ngarai Sianok merupakan lembah yang dikelilingi bukit yang tersusun oleh kelompok batuan beku. Lapisan batuan di Ngarai Sianok dapat menyimpan cadangan air tanah atau yang disebut dengan lapisan *aquifer*. Curah hujan yang cukup tinggi di daerah Bukittinggi (termasuk Ngarai Sianok) yaitu sekitar 173 mm/bulan juga mendukung terbentuknya lapisan *aquifer* karena air dapat meresap ke dalam lapisan batuan.

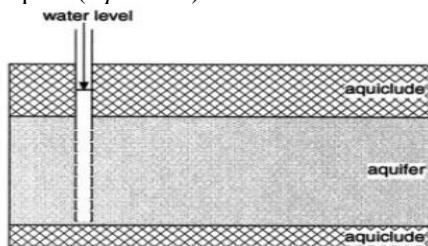
Air yang menempati semua rongga dalam lapisan Geologi disebut air tanah<sup>[4]</sup>. Air tanah adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan tanah. Lapisan tanah yang terletak di bawah permukaan air tanah dinamakan daerah jenuh (*saturated zone*), sedangkan daerah tidak jenuh terletak di atas daerah jenuh sampai ke permukaan tanah, yang rongga-rongga berisi air dan udara<sup>[5]</sup>. Air tanah juga terbentuk akibat siklus Hidrologi. Proses-proses yang terjadi dalam siklus Hidrologi meliputi proses evaporasi, evapotranspirasi dan presipitasi.

Proses evaporasi adalah proses penguapan air permukaan ke atmosfer, seperti air sungai, danau dan air laut. Evapotranspirasi adalah gabungan dari proses evaporasi dengan proses transpirasi. Proses transpirasi merupakan proses penguapan air yang terkandung dalam tanah, sedangkan proses presipitasi adalah proses turunnya hujan dari atmosfer ke permukaan bumi. Air hujan yang turun ke permukaan bumi akan mengalir ke daerah yang

lebih rendah dan masuk ke sungai, ke dalam tanah dan akhirnya mengalir sampai ke laut.

Air tanah sering disebut dengan *aquifer*. *Aquifer* merupakan lapisan batuan yang mampu menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang terbatas. Lapisan batuan yang mudah meloloskan air disebut dengan lapisan *permeable*, seperti lapisan pasir atau kerikil (*Sandstone*). *Sandstone* adalah lapisan batuan yang bersifat sebagai *aquifer*. Lapisan batuan yang tidak mudah meloloskan air disebut dengan lapisan *impermeable*, seperti lempung (*Clay*). Air tanah dideteksi berdasarkan nilai tahanan jenis. Nilai tahanan jenis air tanah adalah  $0.5 - 150 \Omega\text{m}$ <sup>[6]</sup>. Berdasarkan kemampuan meloloskan air dari bahan pembatasnya, *aquifer* dapat dibedakan menjadi dua yaitu: *aquifer* tertekan (*confined aquifer*) dan *aquifer* bebas (*unconfined aquifer*)<sup>[7]</sup>.

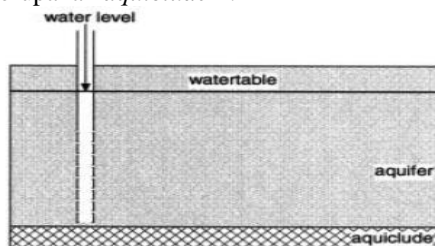
1. *Aquifer* tertekan, yaitu *aquifer* yang dibatasi oleh lapisan atas dan bawahnya merupakan lapisan kedap air (*aquiclude*)<sup>[8]</sup>.



Gambar 1. *Aquifer* Tertekan<sup>[9]</sup>

Gambar 1 memperlihatkan model *aquifer* tertekan, dimana *aquifer* tertekan terletak diantara dua lapisan kedap air (*aquiclude*). Lapisan *aquiclude* merupakan lapisan yang dapat menyimpan air namun tidak bisa meloloskan air, sehingga air yang berada di dalam *aquifer* tersebut terperangkap.

2. *Aquifer* bebas, yaitu *aquifer* yang lapisan atasnya merupakan muka air tanah dan lapisan bawahnya merupakan *aquiclude*<sup>[8]</sup>.



Gambar 2. *Aquifer* Bebas<sup>[9]</sup>

Gambar 2 memperlihatkan model *aquifer* bebas yang terletak antara dua lapisan. Bagian atas dibatasi oleh lapisan muka air tanah (*water table*), sehingga air di dalam *aquifer* dapat merembes. Bagian bawah dibatasi oleh *aquiclude* yang tidak bisa meloloskan air.

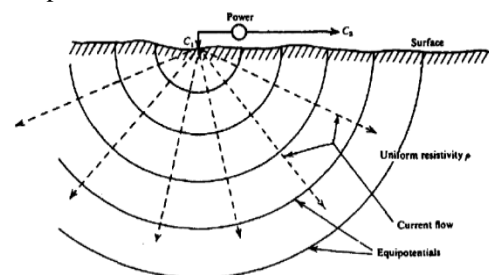
Sifat listrik batuan adalah karakteristik batuan apabila arus dialirkan kepadanya. Ada tiga macam aliran arus listrik di dalam batuan, yaitu konduksi

elektronik, konduksi elektrolitik dan konduksi dielektrik. Konduksi elektronik terjadi jika batuan mempunyai banyak elektron bebas, sehingga mengakibatkan arus listrik mudah mengalir pada batuan tersebut. Konduksi elektrolitik terjadi pada batuan yang bersifat *porus* dan mempunyai pori-pori yang berisi larutan elektrolit sehingga arus dapat mengalir. Konduksi dielektrik terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik yaitu batuan yang tidak mempunyai elektron bebas.

Sifat kelistrikan dari batuan juga tergantung pada nilai tahanan jenis. Tahanan jenis merupakan sifat fisika yang menunjukkan kemampuan material dalam menghambat arus listrik. Tahanan jenis pada setiap batuan berbeda-beda. Secara umum berdasarkan nilai tahanan jenis listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: konduktor ( $10^{-8} \Omega\text{m} < \rho < 1 \Omega\text{m}$ ), semikonduktor ( $1 \Omega\text{m} < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$ ) dan isolator ( $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$ )<sup>[6]</sup>.

Kedalaman lapisan *aquifer* dan jenis material bawah permukaan diestimasi menggunakan salah satu metode dalam Geofisika, yaitu metode Geolistrik Tahanan Jenis. Metode Geolistrik Tahanan jenis merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menggambarkan sifat fisis bawah permukaan. Metode Geolistrik memanfaatkan variasi tahanan jenis listrik berdasarkan pengukuran beda potensial akibat arus listrik yang diinjeksikan kedalam bumi<sup>[10]</sup>. 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 ( $\rho$ ) dengan satuan ohmmeter ( $\Omega\text{m}$ ).

Metoda Geolistrik mengasumsikan bahwa bumi merupakan medium homogen dan isotropis. Ketika arus listrik dialirkan ke dalam bumi, arus listrik akan mengalir ke segala arah. Udara memiliki nilai tahanan jenis yang tak berhingga, sehingga arus listrik yang dialirkan di permukaan bumi akan membentuk bidang equipotensial setengah bola, seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Skema Titik Sumber Arus pada Permukaan Dari Medium Homogen Isotropis<sup>[6]</sup>

Nilai tahanan jenis yang terukur bukanlah tahanan jenis yang sesungguhnya, melainkan nilai tahanan jenis semu<sup>[11]</sup>. Hal ini disebabkan karena bumi merupakan medium non homogen yang terdiri

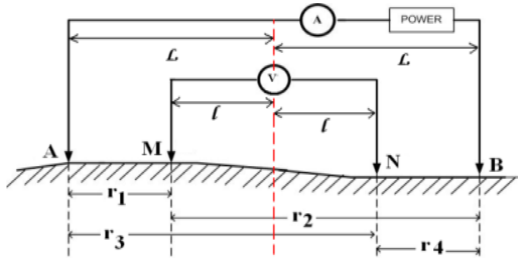
dari banyak lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi potensial listrik yang terukur. Tahanan jenis semu dilambangkan dengan  $\rho_a$  yang ditunjukkan pada Persamaan (1).

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

dimana

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

$I$  dan  $\Delta V$  menyatakan arus listrik yang terukur dan beda potensial, sementara  $K$  menyatakan faktor geometri. Nilai  $K$  bergantung pada konfigurasi yang digunakan saat pengukuran, seperti *Schlumberger*. Konfigurasi *Schlumberger* memiliki penetresi arus cukup dalam yaitu 1/5 dari jarak spasi elektroda arus yang digunakan<sup>[12]</sup>. Konfigurasi *Schlumberger* memiliki beberapa keunggulan dari konfigurasi lain, diantaranya penetresi kedalaman konfigurasi *Schlumberger* lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi *Wenner*<sup>[13]</sup>. Konfigurasi *Schlumberger* lebih baik untuk mendapatkan ketelitian vertikal dibandingkan konfigurasi *Dipole-dipole*<sup>[14]</sup>. Konfigurasi *Schlumberger* menggunakan 4 buah elektroda dengan 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial yang disusun dalam satu garis lurus, seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Konfigurasi *Schlumberger*<sup>[14]</sup>

Jarak masing-masing elektroda pada Gambar 4 dapat disederhanakan menjadi:

$$\begin{aligned} r_1 &= (L-l) & r_3 &= (L+l) \\ r_2 &= (L+l) & r_4 &= (L-l) \end{aligned} \quad (3)$$

dengan:

$$L = AB/2 \text{ dan } l = MN/2 \quad (4)$$

Harga masing-masing jarak elektroda disubsitusikan ke Persamaan (2) sehingga diperoleh harga  $K$  konfigurasi *Schlumberger* sebagai berikut:

$$K = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \quad (5)$$

Berdasarkan harga  $K$  yang diperoleh pada Persamaan (5), maka dapat dihitung harga tahanan jenis semu (*apparent resistivity*) untuk konfigurasi *Schlumberger* yaitu:

$$\rho_a = \frac{\pi(L^2 - l^2) \Delta V}{2l I} \quad (6)$$

Data lapangan yang diperoleh saat pengukuran merupakan nilai tahanan jenis semu. Data tersebut diinterpretasi dengan metode inversi *Smoothness-Constraint Least Squares*. Metode inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* merupakan metode inversi yang dapat meminimalkan perbedaan antara data lapangan dan model yang diprediksi melalui permodelan 2 Dimensi (2D) dan cenderung menghasilkan suatu model dengan variasi-variasi nilai tahanan jenis yang *smooth*. Fungsi permodelan untuk konfigurasi *Schlumberger* pada metoda Geolistrik dirumuskan pada Persamaan (7)<sup>[15]</sup>

$$\rho_a(s) = s^2 \int_0^\infty T(\lambda) J_1(\lambda) \lambda d\lambda \quad (7)$$

dimana  $s = AB/2$  dan  $\lambda = 1/s$ ,  $\rho_a$  adalah tahanan jenis semu ( $\Omega m$ ) sebagai fungsi dari resistivitas dan kedalaman ( $\rho_k, h_k$ ) tiap lapisan  $k=1, \dots, n$ , dan  $n$  merupakan jumlah lapisan.  $J_1$  adalah fungsi Bessel orde 1 dan  $T(\lambda)$  merupakan fungsi transformasi resistivitas yang dinyatakan seperti Persamaan (8)

$$T(\lambda) = \int_0^\infty \frac{1}{s} \rho_a(s) J_1(\lambda s) ds \quad (8)$$

Perumusan metode inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* dinyatakan pada Persamaan (9)<sup>[16]</sup>.

$$(J^T J + \lambda F) \Delta q_k = J^T g - \lambda F q_k \quad (9)$$

dengan  $F = \alpha_x C_x^T C_x + \alpha_y C_y^T C_y + \alpha_z C_z^T C_z$  dan  $C_x, C_y$  dan  $C_z$  adalah matriks *smoothing*, masing-masing pada arah x, y dan z.  $\alpha_x, \alpha_y$  dan  $\alpha_z$  merupakan penahan relatif yang diberikan pada filter-filter *smoothness*, masing-masing pada arah x, y dan z<sup>[16]</sup>.  $J$  merupakan matrik Jacobian dari turunan parsial,  $F q_k$  adalah vektor yang mengandung logaritma dari nilai tahanan jenis model,  $\lambda$  adalah faktor damping,  $\Delta q_k$  adalah vektor perubahan parameter model yang dihitung dan  $g$  vektor *discrepancy*.

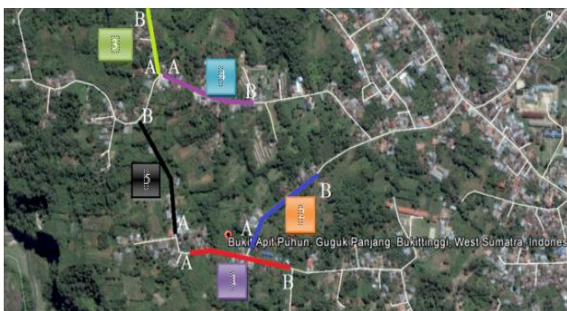
Penelitian dilaksanakan di Bukit Apit Puhun, Kecamatan Guguk Panjang, Kota Bukittinggi. Kota Bukittinggi dan sekitarnya didominasi oleh kelompok batuan beku yang berasal dari aktivitas gunung api. Kawasan Kota Bukittinggi pada bagian barat di sepanjang Ngarai Sianok terdapat batu pasir breksian dan di bagian utara dan tengah terdapat batu pasir tufaan. Batu pasir tufaan merupakan jenis batuan yang mudah menyerap air.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat deskriptif. Penelitian ini mendeskripsikan fenomena alam, yaitu menentukan kedalaman lapisan *aquifer* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi dengan

Metode Inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Schlumberger*. Parameter yang diukur adalah kuat arus listrik ( $I$ ), beda potensial ( $V$ ) dan spasi elektroda, parameter yang dihitung yaitu tahanan jenis ( $\rho$ ).

Prosedur penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap persiapan, tahap perencanaan dan tahap pelaksanaan. Pada tahap persiapan dilakukan kajian pustaka mengenai teori-teori yang mendukung penelitian, survey ke daerah pengukuran dalam menentukan Lintasan dan mengetahui kondisi Geologi daerah pengukuran, serta menyiapkan alat dan bahan sebelum melakukan penelitian. Pada tahap perencanaan dilakukan rancangan Lintasan pengukuran, menentukan konfigurasi yang digunakan, banyak dan panjang Lintasan serta mempersiapkan segala yang dibutuhkan. Pengukuran dilakukan pada 5 Lintasan yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Foto Desain Lintasan Pengukuran

Pada Gambar 5 pemilihan lokasi Lintasan 3 diambil terpisah karena terletak disekitar kolam yang diasumsikan air yang terdapat pada kolam tersebut meresap ke bawah permukaan sehingga terbentuk lapisan *aquifer*. Titik A merupakan titik awal pengukuran, titik B merupakan titik akhir pengukuran. Koordinat dan ketinggian pada masing-masing Lintasan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koordinat dan ketinggian

No	Lintasan	Panjang Lintasan (m)	Koordinat		Ketinggian (mdpl)
			Lintang	Bujur	
1	1	280	00°17'55,9"LS - 00°17'50,5"LS	100°25'15,6"BT - 100°21'21,06"BT	936-953
2	2	315	00°17'43,6"LS - 00°17'50,3"LS	100°21'18,4"BT - 100°21'11,5"BT	923-931
3	3	315	00°17'11,4"LS - 00°28'05,7"LS	100°21'12,8"BT - 100°21'47,9"BT	932-935
4	4	315	00°17'20,2"LS - 00°17'55,9"LS	100°21'29,0"BT - 100°21'33,7"BT	930-936
5	5	315	00°17'39,7"LS - 00°17'49,2"LS	100°21'01,8"BT - 100°21'05,1"BT	939-957

Pada tahap pelaksanaan dilakukan pengambilan data menggunakan *ARES (Automatic Resistivity)* yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Foto Alat *ARES*

*ARES* merupakan salah satu instrument yang digunakan dalam pengukuran sifat kelistrikan material di bawah permukaan bumi menggunakan metode Geolistrik. Sumber arus yang digunakan berupa arus DC yang bersumber dari aki. Pengukur dengan *ARES* menggunakan 8 gulung kabel elektroda. 1 gulung kabel elektroda terdiri dari 8 elektroda, sehingga jumlah elektroda yang digunakan adalah 64 elektroda secara bersamaan.

Pemasangan kabel elektroda sesuai dengan spasi atau jarak elektroda yaitu 5 m. Kabel tersebut dihubungkan ke *ARES* menggunakan *T-piece* melalui 2 ujung yaitu kutub positif dan kutub negatif dan dihubungkan ke sumber arus DC yang bersumber dari aki dan mengaktifkannya. Arus tersebut diinjeksikan melalui kabel elektroda arus ke bawah permukaan bumi, sehingga dihasilkan perbedaan potensial.

Data yang didapatkan pada saat pengukuran tersimpan pada *ARES Main Unit*. Data diolah menggunakan Persamaan (6) sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu. Nilai tahanan jenis semu diinterpretasi menggunakan metode inversi pada Persamaan (9). Metode inversi yang digunakan adalah metode inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* dengan bantuan *software Res2dinv*.

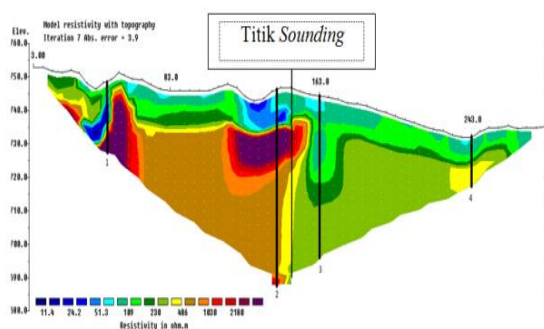
Inversi data dengan *Smoothness-Constraint Least Squares* untuk memperoleh penampang model 2D bawah permukaan bumi berdasarkan nilai tahanan jenis di sepanjang Lintasan pengukuran. Sumbu y menunjukkan kedalaman lapisan bawah permukaan bumi dan sumbu x menunjukkan posisi elektroda secara horizontal. Penampang tersebut terdiri dari beberapa warna yang menunjukkan nilai tahanan jenis. Warna yang sama menunjukkan nilai tahanan jenis dan arti yang sama. Data yang telah diinterpretasi kemudian diestimasi dengan membandingkan nilai tahanan jenis sebenarnya dengan tabel tahanan jenis berdasarkan referensi dan dibandingkan dengan kondisi Geologi daerah penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### Lintasan 1

Lintasan 1 memiliki panjang Lintasan 280 m, dimulai pada koordinat  $00^{\circ} 17' 55,9''$  LS dan  $100^{\circ} 25' 15,6''$  BT dengan ketinggian 936 mdpl sampai koordinat  $00^{\circ} 17' 50,5''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 21,06''$  BT dengan ketinggian 953 mdpl. Hasil pengolahan data Lintasan 1 menunjukkan sebaran nilai tahanan jenis material di bawah permukaan area pengukuran, yaitu berupa penampang model 2D seperti terlihat pada Gambar 7.



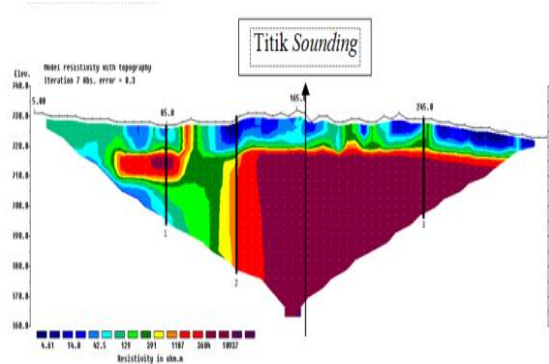
Gambar 7. Penampang Model 2D Lintasan 1

Gambar 7 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan dengan kedalaman maksimum mencapai 56 m. Lintasan 1 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari  $8,55 \Omega\text{m}$  –  $4600 \Omega\text{m}$  dengan persentase kesalahan 3,9 % pada iterasi ke 7, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil pengukuran pada Lintasan 1 mencapai 96,1 %.

Pada Lintasan 1 ditemukan lapisan *Sandstone* pada titik 3 dan titik 4 dengan rentangan tahanan jenis dari  $80,15 - 358 \Omega\text{m}$ . Pada titik 3 ditemukan lapisan *Sandstone* pada kedalaman 9,4 – 10 m dan 21,5 – 46 m. Pada titik 4 lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 6 – 12 m. Lapisan *Sandstone* yang ditemukan pada kedua titik tersebut belum bersifat sebagai *aquifer*, karena air yang berada pada batuan tersebut terus meresap ke bawah permukaan. Hal ini diperkuat dengan tidak ditemukannya sumur disekitar Lintasan 1.

#### Lintasan 2

Lintasan 2 dengan panjang Lintasan 315 m, dimulai pada koordinat  $00^{\circ} 17' 43,6''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 18,4''$  BT dengan ketinggian 923 mdpl sampai koordinat  $00^{\circ} 17' 50,3''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 11,5''$  BT pada ketinggian 931 mdpl. Hasil pengolahan data Lintasan berupa penampang model 2D seperti terlihat pada Gambar 8.



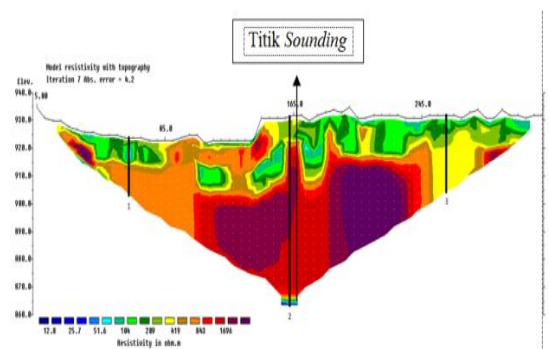
Gambar 8. Penampang Model 2D Lintasan 2

Gambar 8 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 2 dengan kedalaman maksimum mencapai 63 m. Lintasan ini memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari  $3,45 \Omega\text{m}$  –  $25603 \Omega\text{m}$  dengan persentase kesalahan 8,3 % pada iterasi ke 7, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan data pengukuran pada Lintasan 2 mencapai 91,7 %.

Pada Lintasan 2 ditemukan lapisan *Sandstone* pada titik 1 dan titik 3 dengan rentangan tahanan jenis dari  $85,75 - 391 \Omega\text{m}$ . Pada titik 1 ditemukan lapisan *Sandstone* pada kedalaman 20 – 25 m. Pada titik 3 lapisan *Sandstone* berada dekat permukaan sampai kedalaman 9,2 m. Lapisan *Sandstone* yang ditemukan pada kedua titik tersebut memiliki sebaran yang sangat sedikit. Lapisan atas dari lapisan *Sandstone* pada titik 1 merupakan lapisan *impermeable* yang sulit untuk meloloskan air, dengan demikian air yang berada pada lapisan *Sandstone* sangat sedikit. Lapisan *Sandstone* yang terdapat pada Lintasan 2 bukan merupakan *aquifer*, melainkan lapisan muka air tanah. Air yang berada pada lapisan tersebut terus meresap ke bawah permukaan, hal ini diperkuat dengan tidak ditemukannya sumur disekitar Lintasan 2.

#### Lintasan 3

Lintasan 3 memiliki panjang 315 m, dimulai pada koordinat  $00^{\circ} 17' 11,4''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 12,8''$  BT dengan ketinggian 932 mdpl sampai koordinat  $00^{\circ} 28' 05,7''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 47,9''$  BT dengan ketinggian 935 mdpl. Hasil pengolahan data Lintasan 3 berupa penampang model 2D seperti terlihat pada Gambar 9.



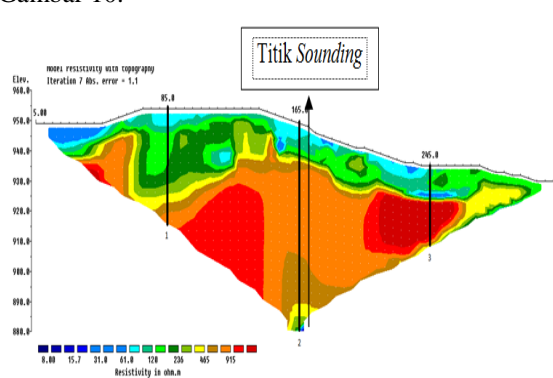
Gambar 9. Penampang Model 2D Lintasan 3

Gambar 9 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 3 dengan kedalaman maksimum mencapai 63 m. Lintasan 3 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 9,6  $\Omega\text{m}$  – 3402  $\Omega\text{m}$  dengan persentase kesalahan 4,2 % pada iterasi ke 7, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan data pengukuran pada Lintasan 3 mencapai 95,8 %.

Pada Lintasan 3 ditemukan lapisan *Sandstone* pada titik 1, 2 dan titik 3 dengan rentangan tahanan jenis dari 77,8 – 314  $\Omega\text{m}$ . Pada titik 1 ditemukan lapisan *Sandstone* dekat permukaan sampai kedalaman 5 m. Pada titik 2 lapisan *Sandstone* berada dekat permukaan sampai kedalaman 7 m. Pada titik 3 lapisan *Sandstone* ditemukan dekat permukaan sampai kedalaman 9 m. Lapisan *Sandstone* yang ditemukan pada ketiga titik tersebut bukan merupakan *aquifer*. Air yang berada pada batuan tersebut merupakan resapan dari air permukaan, karena disekitar Lintasan tersebut terdapat kolam. Air yang terdapat pada Lapisan tersebut meresap terus ke bawah permukaan sehingga tidak terbentuk *aquifer*, hal ini diperkuat dengan tidak ditemukannya sumur disekitar Lintasan 3.

#### Lintasan 4

Lintasan 4 memiliki panjang 315 m pada koordinat  $00^{\circ} 17' 20,2''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 29,0''$  BT dengan ketinggian 930 mdpl sampai koordinat  $00^{\circ} 17' 55,9''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 33,7''$  BT dengan ketinggian 949 mdpl. Hasil pengolahan data Lintasan 4 menunjukkan sebaran nilai tahanan jenis material di bawah permukaan area pengukuran, yaitu berupa penampang model 2D seperti terlihat pada Gambar 10.



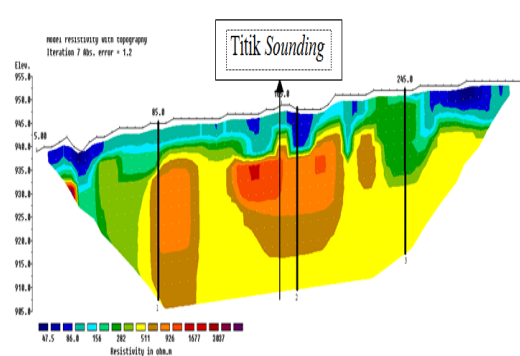
Gambar 10. Penampang Model 2D Lintasan 4

Gambar 10 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 4 dengan kedalaman maksimum mencapai 63 m. Lintasan 4 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 6  $\Omega\text{m}$  – 1815  $\Omega\text{m}$  dengan persentase kesalahan 1,12 % pada iterasi ke 7, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan data pengukuran pada Lintasan 4 mencapai 98,8 %.

Pada Lintasan 4 ditemukan lapisan *Sandstone* pada titik 1, 2 dan titik 3 dengan rentangan tahanan jenis dari 46 – 350  $\Omega\text{m}$ . Pada titik 1 ditemukan lapisan *Sandstone* pada kedalaman 9 - 24 m. Pada titik 2 lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 9,2 – 13,25 m dan 61 – 62 m. Pada titik 3 lapisan *Sandstone* berada dari kedalaman 8 – 9,3 m. Air yang terdapat pada lapisan *Sandstone* bukan bersifat sebagai *aquifer*, melainkan lapisan muka air tanah (*water table*). Air yang terdapat pada lapisan *Sandstone* terus meresap ke lapisan berikutnya, sehingga tidak terbentuk lapisan *aquifer*. Keadaan ini diperkuat dengan tidak ditemukannya sumur disekitar Lintasan 4.

#### Lintasan 5

Lintasan 5 memiliki panjang 315 m pada koordinat  $00^{\circ} 17' 39,7''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 01,8''$  BT dengan ketinggian 939 mdpl sampai koordinat  $00^{\circ} 17' 49,2''$  LS dan  $100^{\circ} 21' 05,1''$  BT dengan ketinggian 957 mdpl. Hasil pengolahan data Lintasan 5 menunjukkan sebaran nilai tahanan jenis material di bawah permukaan area pengukuran, yaitu berupa penampang model 2D seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Penampang Model 2D Lintasan 5

Gambar 11 memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 5 dengan kedalaman maksimum mencapai 37,4 m. Kedalaman Lintasan 5 sangat dangkal disebabkan karena hari hujan deras saat pengambilan data serta terdapat batang kayu besar dekat titik *sounding* yang menyebabkan *noise*. Lintasan 5 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 36,75  $\Omega\text{m}$  – 5574  $\Omega\text{m}$  dengan persentase kesalahan 1,20 % pada iterasi ke 7, hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan data pengukuran pada Lintasan 5 mencapai 98,8 %.

Pada Lintasan 5 ditemukan lapisan *Sandstone* pada titik 1, 2 dan titik 3 dengan rentangan tahanan jenis dari 156 – 396,5  $\Omega\text{m}$ . Pada titik 1 ditemukan lapisan *Sandstone* pada kedalaman 4,2 – 9 m. Pada titik 2 lapisan *Sandstone* berada dari kedalaman 7,45 - 10 m. Pada titik 3 lapisan *Sandstone* berada dekat permukaan sampai kedalaman 19 m. Air yang berada pada lapisan *Sandstone* sangat sedikit dan hanya sebagai lapisan muka air tanah, karena air

tersebut terus meresap kelapisan berikutnya. Keadaan tersebut diperkuat dengan tidak ditemukannya sumur disekitar Lintasan 5.

### Pembahasan

Daerah penelitian di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi yang terletak di atas Ngarai Sianok yang didominasi oleh kelompok batuan yang dapat menyimpan dan meloloskan air. Geologi daerah penelitian membuktikan bahwa pada daerah tersebut terdapat lapisan batu pasir. Setelah dilakukan penelitian di Bukit Apit Puhun dengan metode Geolistrik tahanan jenis dan data dianalisis dengan inversi *Smoothness-Constraint Least Square* menunjukkan bahwa pada daerah penelitian di Bukit Apit Puhun, Kecamatan Guguk Panjang, Kota Bukittinggi terdapat 4 jenis material, yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone* dan *Andesit*. *Clay*, *Sandstone* dan *Limestone* termasuk kedalam jenis batuan sedimen, sedangkan *Andesit* termasuk kedalam jenis batuan beku. Material yang didapat selama penelitian tidak jauh berbeda dengan kondisi Geologi daerah penelitian yang didominasi oleh batuan sedimen, yaitu batu pasir Breksian dan batu pasir Tufaan.

Lintasan 1 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 8,55 – 4600  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* yang merupakan lapisan *aquifer* mempunyai rentangan nilai tahanan jenis dari 80,15 – 358  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* pada Lintasan 1 ditemukan pada titik  $y = 163$  m dan  $y = 243$  m. Pada titik  $y = 163$  m lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 9,40 – 20 m dan 21,5 – 46 m dengan ketebalan 10,6 m dan 24,5 m. Pada titik  $y = 243$  m lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 6 - 12 m dengan ketebalan 6 m. Lapisan *Sandstone* yang terdapat pada Lintasan 1 belum bersifat sebagai *aquifer*, karena air yang berada di dalam *aquifer* terus meresap kelapisan berikutnya, sehingga Lintasan 1 dapat dikatakan sebagai daerah resapan air. Hal ini diperkuat dengan tidak adanya galian sumur pada lokasi tersebut.

Lintasan 2 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 3,45 – 25603  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* yang merupakan lapisan *aquifer* pada Lintasan 2 mempunyai rentangan nilai tahanan jenis dari 85,75 – 391  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* pada Lintasan 2 ditemukan pada titik  $y = 85$  m dan  $y = 245$  m. Pada titik  $y = 85$  m lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 20 – 25 m dengan ketebalan 5 m. Sedangkan pada titik  $y = 245$  m lapisan *Sandstone* berada pada permukaan sampai kedalaman 9,20 m. Sebaran Lapisan *Sandstone* yang ditemukan pada Lintasan 2 sangat sedikit. Lapisan atas dari lapisan *Sandstone* merupakan lapisan *Clay* yang berperan sebagai lapisan *impermeable* yang sulit untuk meloloskan air. Dengan demikian lapisan *Sandstone* yang terdapat pada Lintasan 2 bukan merupakan *aquifer*. Air yang terdapat di dalam lapisan *Sandstone* tersebut merupakan muka air tanah yang

akan terus meresap kelapisan berikutnya. Hal ini juga diperkuat dengan tidak adanya sumur pada lokasi tersebut.

Lintasan 3 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 9,6 – 3402  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* yang merupakan lapisan *aquifer* pada Lintasan 3 mempunyai rentangan nilai tahanan jenis dari 77,8 – 314  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* pada Lintasan 3 ditemukan pada titik  $y = 55$  m,  $y = 163$  m dan  $y = 260$  m. Pada titik  $y = 55$  m lapisan *Sandstone* berada dekat permukaan sampai kedalaman 5 m. Pada titik  $y = 163$  m lapisan *Sandstone* berada dari permukaan sampai kedalaman 7 m. Sedangkan pada titik  $y = 260$  m lapisan *Sandstone* berada pada permukaan sampai kedalaman 9 m. Air yang berada pada lapisan *Sandstone* diduga berasal dari air permukaan, karena dekat daerah pengukuran terdapat sebuah kolam. Air pada kolam tersebut diduga meresap ke bawah permukaan. Sebaran dari lapisan *Sandstone* pada Lintasan 3 sangat sedikit, sehingga tidak dimungkinkan untuk dieksplorasi. Hal tersebut dibuktikan dengan tidak adanya sumur pada lokasi tersebut.

Lintasan 4 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 6 – 46  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* yang merupakan lapisan *aquifer* pada Lintasan 4 mempunyai rentangan nilai tahanan jenis dari 46 – 350  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* pada Lintasan 4 ditemukan pada titik  $y = 85$  m,  $y = 165$  m dan  $y = 245$  m. Pada titik  $y = 85$  m lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 9 - 24 m dengan ketebalan 15 m. Pada titik  $y = 165$  m lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 9,20 – 13,25 m dan pada kedalaman 61 – 62 m dengan ketebalan 4,05 m dan 1 m. Sedangkan pada titik  $y = 245$  m lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 8 – 9,30 m. Hasil interpretasi menunjukkan sebaran lapisan *Sandstone* pada Lintasan 4 sangat sedikit dan diasumsikan memiliki kapasitas air tanah yang sedikit dan akan terus meresap ke lapisan berikutnya, dengan demikian air yang berada di dalam lapisan *Sandstone* tidak dimungkinkan untuk dieksplorasi. Hal tersebut juga diperkuat dengan tidak adanya sumur pada lokasi tersebut.

Lintasan 5 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 36,75 – 5574  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* yang merupakan lapisan *aquifer* pada Lintasan 5 mempunyai rentangan nilai tahanan jenis dari 156 – 396,5  $\Omega$ m. Lapisan *Sandstone* pada Lintasan 5 ditemukan pada titik  $y = 85$  m,  $y = 175$  m dan  $y = 245$  m. Pada titik  $y = 85$  m lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 4,2 - 9 m. Pada titik  $y = 175$  m lapisan *Sandstone* berada pada kedalaman 7,45 - 10 m. Sedangkan pada titik  $y = 245$  m lapisan *Sandstone* berada dekat permukaan sampai kedalaman 19 m. Hasil interpretasi menunjukkan sebaran lapisan *Sandstone* pada Lintasan 5 sedikit, hal ini diperkirakan air yang berada pada lapisan tersebut sangat sedikit dan akan terus meresap ke

lapisan berikutnya. Hal tersebut diperkuat dengan tidak adanya sumur pada lokasi tersebut.

Berdasarkan hasil interpretasi menunjukkan bahwa lapisan *aquifer* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi terdapat pada lapisan *Sandstone*. Lapisan *aquifer* yang ditemukan memiliki sebaran yang sedikit ditambah dengan tidak ditemukannya sumur bor di sekitar daerah pengukuran. Sebaran *aquifer* yang sedikit membuktikan bahwa pada daerah pengukuran memiliki sedikit potensi adanya *aquifer*. Potensi *aquifer* yang sedikit menyebabkan daerah Bukit Apit Puhun tidak cocok untuk mengeksploitasi *aquifer*.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi pada tiap Lintasan ditemukan nilai tahanan jenis yang bervariasi di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi. Lintasan 1 memiliki nilai tahanan jenis dari 8,55 – 4600  $\Omega$ m. Lintasan 2 rentangan nilai tahanan jenis dari 3,45 – 25603  $\Omega$ m. Lintasan 3 memiliki nilai tahanan jenis dari 9,6 – 3402  $\Omega$ m. Lintasan 4 rentangan nilai tahanan jenis dari 6 – 1815  $\Omega$ m. Sedangkan Lintasan 5 memiliki rentangan nilai tahanan jenis 156 – 396,5  $\Omega$ m. Daerah Bukit Apit Puhun merupakan daerah resapan air, sehingga kedalaman lapisan *aquifer* tidak ditemukan pada setiap Lintasan. Hal ini diperkuat dengan tidak adanya sumur disekitar Lintasan pengukuran.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang telah mendoakan penulis selama ini sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada DP2M DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2014 dengan judul Analisis Aquifer Desa Bugek Menggunakan Metode Inversi *Least Square* Getanis untuk Mengatasi Krisis Air Bersih di Kecamatan Gupan Kota Bukittinggi.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kementerian Pekerjaan Umum: <http://www1.pu.go.id/uploads/berita/ppw030210sda.html> diunduh pada 04 September 2013.
- [2]. PDAM Kota Bukittinggi: <http://padangekspress.co.id/?news=berita&id=46507> diunduh pada 04 September 2013.
- [3]. Pemerintah Kota Bukittinggi:

[http://www.bukittinggikota.go.id/index.php?class=text&file\\_id=101](http://www.bukittinggikota.go.id/index.php?class=text&file_id=101) diunduh pada 20 januari 2015.

- [4]. Todd, D.K. (1980). *Groundwater Technology*. Associate Professor of Civil Engineering California University. Jihn Wiley and Son. New York. Diunduh dari: en.bookfi.com.
- [5]. Soemarto. (1995). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- [6]. Telford, W.M. Geldart, L.P, Sheriff R.E and Keys, D.A. (1990). *Applied Geophysics*. USA: Cambridge University Press.
- [7]. Chay, Asdak. (2010). *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [8]. Kodoatie, Robert J, Sjarief Roestam. (2008). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Ed II. Yogyakarta: ANDI.
- [9]. Kovalevsky, V. S. Kruseman, G. P dan Rushton, K. R. 2004. *Groundwater studies*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP.
- [10]. Ngadimin dan Gunawan. (2001). *Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Alat Monitoring Rembesan Limbah* (Penelitian Model Fisik di Laboratorium) vol:6, edisi:1, halaman:43-53.
- [11]. Akmam. (2004). "Existence of Spring in Batulimbak Village Simawang Kecamatan Rambatan Kabupaten Tanahdatar". *Jurnal Prosiding Seminar PPD Forum HEDS 2004 Bidang MIPA, ISBN 979-95726-7-3*. Hlm 593-608.
- [12]. GF Instrument. (2011). *Short Guide for Resistivity and Induced Polarization*. Imaging. GF Instrument, s.f.o. Geophysical Equipment and Services.
- [13]. Olowofela, J.A., V.O. Jolaosho and B.S. Badmus, (2005). *Measuring the electrical resistivity of the earth using a fabricated resistivity meter*. Eur. J. Phys., 26: 501-515.
- [14]. Reynolds, J.M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Geophysicsin Hidrogeological and Wiley and Sons Ltd.
- [15]. Dobrin, Milton B, Salvit Carl H. (1988). *Introduction to Geophysical Prospecting* Singapore: McGraw-Hill International editions.
- [16]. Loke, M.H. (2004). *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Survey*. Diunduh dari [www.geotomosoft.com](http://www.geotomosoft.com) tanggal 20 September 2014.