

ESTIMASI KEDALAMAN BATUAN DASAR MENGGUNAKAN METODE INVERSI *ROBUST 2-D* DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI *DIPOLE DIPOLE* DI BUKIT APIT PUHUN KECAMATAN GUGUK PANJANG KOTA BUKITTINGGI

Bavitra¹⁾, Akmam²⁾, Harman Amir²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

bavitra_panai@yahoo.com

ABSTRACT

Bukit Apit Puhun Bukittinggi area is located at Sianok fault zone. This area was potentially occur tectonic activity such as earthquakes. Tectonic activity could disturb the stability of the bedrock. The aim of this research was to determine the resistivity and to depth of basement bedrock in Bukit Apit Puhun Bukittinggi area. This research used Robust 2D inversion Geoelectrical data with Dipole-dipole configuration. The Data of this research were taken five track using ARES (Automatic Resistivitymeter). The data were processed and interpreted with using Robust 2D inversion. The result of this research showed that type of basement bedrock in Bukit Apit Puhun Guguk Panjang was an igneous groups, namely Andesite. Resistivity of Andesite bedrock were varies on the each track. The resistivity of Andesite was 352 Ωm – 7598 Ωm . Depth of Andesite bedrock were varies, which generally more than 30 meters deepness at Bukit Apit Puhun Bukittinggi area.

Keywords : *Basement Rocks, Resistivity, Dipole-dipole, Robust Inversion*

PENDAHULUAN

Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi merupakan daerah yang terletak di jalur patahan Ngarai Sianok yang mempunyai tingkat resiko tinggi terjadi bencana gempabumi. Sumber gempabumi di Ngarai Sianok adalah patahan yang berada disepanjang daerah Ngarai Sianok. Patahan merupakan zona rekahan kerak bumi dimana bagian bumi di kedua sisi rekahan tersebut bergerak satu dengan yang lainnya. Patahan inilah nantinya akan menimbulkan sumber gempabumi^[1]. Gempabumi yang dasyat akan mengakibatkan berubahnya susunan lapisan bumi^[2]. Gempabumi diperkirakan dapat menyebabkan berubahnya struktur batuan termasuk batuan dasar.

Batuan dasar memiliki peranan penting dalam perencanaan pembangunan infrastruktur pada suatu daerah. Jenis dan kedalaman batuan dasar di bawah permukaan bumi dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam membangun suatu infrastruktur. Keberadaan batuan dasar dapat dijadikan pedoman dalam konstruksi jalan raya dan bangunan^[3]. Sifat batuan dasar yang memiliki tekstur keras, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan dalam pemberian beban terhadap permukaan bumi akibat pembangunan infrastruktur di atas permukaannya.

Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi merupakan salah satu daerah yang perlu diketahui informasi mengenai jenis dan kedalaman batuan dasarnya. Mengingat Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi merupakan daerah padat penduduk dan masih dalam tahap pembangunan, maka informasi tentang

keberadaan dan jenis batuan dasar sangat dibutuhkan. Informasi tersebut dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan di sekitar daerah survey.

Batuan dasar memiliki pondasi yang kuat bagi lapisan batuan yang ada diatasnya. Batuan dasar adalah batuan yang tersingkap di sekitar gunung api dan sebagai alas dari jenis batuan yang dihasilkan oleh gunung api tersebut^[4]. Batuan dasar sulit ditemukan pada daerah permukaan karena adanya proses pelapukan, sehingga singkapan batuan dasar tertutupi oleh tanah dan banyaknya vegetasi lain^[5]. Batuan dasar umumnya menjadi dasar dan landasan batuan yang ada di atasnya.

Batuan dasar memiliki porositas dan permeabilitas yang sangat rendah. Hal ini disebabkan batuan dasar memiliki nilai tahanan jenis yang cukup tinggi. Porositas adalah ukuran ruang kosong dalam suatu bahan, sedangkan permeabilitas adalah sifat suatu bahan untuk meloloskan air. Nilai porositas batuan dasar berkisar antara 0,1% – 1% dan nilai permeabilitas batuan dasar kecil dari 0,5% kecuali pada zona lapuk yaitu 5% – 10%^[6]. Nilai porositas dan permeabilitas yang rendah menyebabkan batuan kurang memiliki pori dan kurang menyerap air sehingga arus listrik sedikit mengalir melalui batuan dasar.

Rendahnya nilai porositas batuan dasar memungkinkan terjadinya porositas sekunder. Porositas sekunder yang terjadi pada batuan dasar dibagi atas 2, yaitu Porositas Tektonik dan *Dissolution Porosity*. Porositas Tektonik, yaitu berupa patahan, sesar dan sebagainya. *Dissolution Porosity* yaitu efek dari adanya pelarutan pada

wilayah pelapukan^[7]. Porositas sekunder terbentuk sesudah batuan sedimen terendapkan.

Batuan dasar dapat ditemukan di permukaan bumi sampai kedalaman tertentu. Batuan dasar merupakan batuan yang paling tua diantara batuan yang ada disekitar wilayahnya. Batuan dasar dapat berupa batuan beku, batuan sedimen maupun metamorf. Batuan beku adalah batuan yang terbentuk dari pembekuan magma cair dari dalam bumi^[8]. Batuan sedimen adalah batuan yang terjadi karena pengendapan materi yang dialirkan oleh air, udara dan es sehingga terjadi perubahan fisik dan kimiawi. Batuan Metamorf merupakan batuan sedimen yang telah mengalami transformasi (perubahan bentuk) akibat adanya pengaruh perubahan suhu, tekanan, cairan atau gas aktif^[8]. Batuan dasar yang dimiliki setiap daerah berbeda satu sama lainnya tergantung pada sejarah Geologi daerah tersebut.

Nilai tahanan jenis untuk batuan bervariasi. Secara umum berdasarkan harga tahanan jenis dalam menghantarkan arus listrik, batuan dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu : konduktor baik dengan harga tahanan jenis ($10^{-8} \Omega m < \rho < 1 \Omega m$), semi konduktor memiliki harga tahanan jenis ($1 \Omega m < \rho < 10^7 \Omega m$), dan isolator ($\rho > 10^7 \Omega m$). Batuan beku jenis *Andesite* memiliki nilai tahanan jenis $170 - 4,5 \times 10^4$ ^[9]. Batuan beku dan batuan metamorf memiliki konduktivitas lebih kecil dibandingkan batuan sedimen.

Keberadaan dan jenis batuan dasar penyusun lapisan bawah permukaan bumi dapat diestimasi menggunakan metode Geolistrik Tahanan yang dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik kedalam permukaan bumi dan mengukur beda potensial yang ditimbulkan di permukaan bumi^[10]. Tahanan jenis lapisan batuan bawah permukaan bumi dihitung dengan menggunakan hukum Ohm, maka nilai tahanan jenis dapat diidentifikasi batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi.

Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium. Secara umum tahanan jenis bumi tidak homogen, berarti bahwa yang terhitung dengan Persamaan (1) di bawah adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity*, ρ_a)^[11]. Tahanan jenis semu dilambangkan dengan ρ_a sehingga Persamaan (1) dapat ditulis menjadi:

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

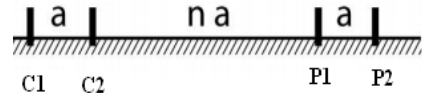
dimana

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

dimana K merupakan faktor Geometri dari susunan elektroda, yang nilainya berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda-elektroda.

Potensial pada titik permukaan dipengaruhi oleh elektroda arus^[11]. Persamaan (1) disimpulkan bahwa tahanan jenis semu dipengaruhi oleh besarnya beda potensial akibat aliran arus listrik dari dalam permukaan bumi.

Konfigurasi *Dipole-dipole* merupakan salah satu konfigurasi dalam eksplorasi Geolistrik dimana jarak antara elektroda arus dengan jarak antara elektroda potensial sama. Susunan elektroda pada konfigurasi *Dipole-dipole* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Susunan Elektroda pada Konfigurasi *Dipole-dipole*^[12]

Gambar 1 menunjukkan susunan pemasangan elektroda potensial pada pengukuran dengan metode Geolistrik. Besar jarak r_1 , r_2 , r_3 , dan r_4 dari Gambar 1 adalah:

$$\begin{aligned} r_1 &= na + a = a(n + 1); \quad r_2 = na \\ r_3 &= 2a + na = a(n + 2); \quad r_4 = na + a = a(n + 1) \end{aligned} \quad (3)$$

Persamaan (3) disubstitusikan ke Persamaan faktor Geometri pada Persamaan (2) sehingga diperoleh faktor Geometri K untuk konfigurasi *Dipole-dipole* yaitu:

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

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

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

dimana a merupakan jarak antara dua elektroda arus atau jarak antara dua elektroda potensial, sementara na merupakan jarak antara elektroda arus kedua (C_2) dengan elektroda potensial pertama (P_1).

Data lapangan yang diperoleh saat pengukuran mengandung informasi mengenai sifat-sifat fisis batuan. Informasi batuan yang diperoleh dari data lapangan diinterpretasi menggunakan metode inversi, salah satunya inversi *Robust*. Inversi digunakan untuk mentransformasi data pengukuran kedalam bentuk interpretasi parameter fisika yang lebih mudah. Inversi *Robust* sangat baik digunakan dalam interpretasi daerah antar batas antar lapisan bawah permukaan bumi yang berbeda^[13]. Namun inversi ini kurang sensitif terhadap *error* pengukuran yang besar dibandingkan dengan metode *Least Squares*^[14]. Nilai *error* tersebut dapat diperkecil dengan *damping factor* yang tepat dalam pengolahan data, sehingga hasilnya lebih mendekati data yang sebenarnya.

Potensial pada model bumi berlapis dinyatakan dengan persamaan (6)^[15].

$$U(r) = \frac{I}{2\pi} \int_0^\infty T(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda \quad (6)$$

$U(r)$ adalah fungsi beda potensial terhadap lapisan perlapisan bawah permukaan bumi. Besarnya tahanan jenis semu akibat injeksi arus dapat dinyatakan dalam Persamaan (7)^[16].

$$\rho_a(s) = s^2 \int_0^\infty T(\lambda) J_0(\lambda r) \lambda d\lambda \quad (7)$$

dimana S adalah jarak elektroda arus. Fungsi transformasi tahanan jenis dinyatakan seperti Persamaan (8).

$$T(\lambda) = \int_0^\infty \frac{1}{s} \rho_a(s) J_0(\lambda r) ds \quad (8)$$

dimana $T(\lambda)$ adalah fungsi transformasi dari tahanan jenis semu, juga merupakan fungsi yang bergantung pada parameter-parameter lapisan (tahanan jenis dan ketebalan). $J_0(\lambda r)$ merupakan fungsi Bessel orde nol. Inversi *Robust* dinyatakan oleh Persamaan (9)^[17].

$$(J^T J + \lambda F_R) \Delta q = J^T R_d g - \lambda F_R q \quad (9)$$

dimana R_d adalah matriks untuk mempertajam batasan antar lapisan, J merupakan matrik Jacobian dari turunan parsial, λ adalah faktor damping, Δq adalah vektor perubahan parameter model dan g vektor *dispersi*. Vektor *dispersi* g merupakan perbedaan antara nilai-nilai tahanan jenis yang diukur dan yang dihitung. Besarnya vektor ini sering diberikan sebagai nilai RMS (*root mean-square*). Vektor perturbasi Δq adalah perubahan nilai tahanan jenis model yang dihitung.

Inversi *Robust Constraint* dapat membatasi dan meminimalkan perubahan mutlak pada nilai tahanan jenis dan dapat meminimalkan efek *outlier* dalam data pada model inversi. Inversi ini menghasilkan model antar muka yang tajam di antara daerah yang berbeda dengan nilai tahanan jenis yang berbeda.

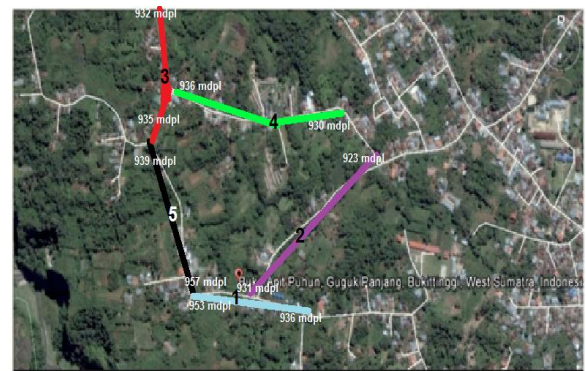
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang bersifat deskriptif. Penelitian ini dilaksanakan di Bukit Apit Puhun kecamatan Guguk Panjang kota Bukittinggi. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah kuat arus listrik (I), beda potensial (V) dan spasi jarak elektroda. Parameter yang dihitung pada penelitian ini adalah kedalaman batuan dasar dan tahanan jenis semu (ρ_a).

Prosedur penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap persiapan, perencanaan, dan pengambilan data. Pada tahap persiapan dilakukan kajian kepustakaan, survey daerah pengukuran dan mengetahui struktur Geologi daerah pengukuran, serta menyiapkan instrumentasi yang digunakan

sebelum melakukan penelitian. Beberapa instrumentasi yang digunakan dalam penelitian ini seperti : Satu set ARES (*Automatic Resistivitymeter*), kabel elektroda, Elektroda pancang, palu, karet, sarung tangan, kabel *T – piece*, aki 12 V, meteran, GPS (*Global Positioning System*), satu unit laptop (*Komputer Windows XP SPI*), payung, es batu.

Tahapan perencanaan dirancang desain pengukuran, menentukan jenis konfigurasi yang digunakan, banyak lintasan pengukuran, panjang Lintasan dan mempersiapkan segala hal yang dibutuhkan saat dilakukan pengukuran. Pengukuran dilakukan menggunakan lima Lintasan yang tersebar di beberapa titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Lintasan Pengukuran. Sumber : (Google map)

Pada Gambar 2 pemilihan Lintasan 3 yang terpencil atau agak menyebar dengan keempat Lintasan yang lain disebabkan pada Lintasan ini masih sedikit dibangun infrastruktur jalan dan bangunan, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang keberadaan dan jenis batuan dasar. Informasi tersebut dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam membangun infrastruktur pada daerah kosong disekitar Lintasan ini. Koordinat dan ketinggian pada masing-masing Lintasan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Koordinat dan Ketinggian

Lintasan	Panjang Lintasan (m)	Koordinat		Ketinggian
		Lintang	Bujur	
1	280	00° 17' 55,9" LS - 00° 17' 50,5" LS	100° 25' 15,6" BT - 100° 21' 21,06" BT	936 mdpl - 953 mdpl
2	315	00° 17' 43,6" LS - 00° 17' 50,3" LS	100° 21' 18,4" BT - 100° 21' 11,5" BT	923 mdpl - 931 mdpl
3	315	00° 17' 11,4" LS - 00° 28' 05,7" LS	100° 21' 12,8" BT - 100° 21' 47,9" BT	932 mdpl - 935 mdpl
4	315	00° 17' 20,2" LS - 00° 17' 55,9" LS	100° 21' 29,0" BT - 100° 21' 33,7" BT	930 mdpl - 936 mdpl
5	315	00° 17' 39,7" LS - 00° 17' 49,2" LS	100° 21' 01,8" BT - 100° 21' 05,1" BT	939 mdpl - 957 mdpl

Tahap pengambilan data dilakukan pengukuran atau pengambilan data sesuai dengan rancangan pengukuran yang telah dibuat. Sebelum melakukan pengambilan data ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, seperti keadaan cuaca, kondisi sumber arus listrik AKI 12 volt yang digunakan pada saat pengambilan data. Kondisi cuaca perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap proses pengambilan data dan data yang didapatkan. Kondisi AKI yang baik dapat memperlancar proses pengambilan data, sehingga proses pengambilan data tidak terhambat pada proses pengambilan data berlangsung.

Berikut ini langkah kerja dilakukan saat pengukuran.

- Menentukan Lintasan pengukuran.
- Menentukan spasi elektroda yang dipasang pada Lintasan pengukuran.
- Mengukur Lintasan pengukuran sesuai dengan panjang Lintasan dan spasi elektroda yang telah ditentukan.
- Menghubung kabel *T-piece* dengan ARES *multielektrode*.
- Mengaktifkan ARES *Multielektrode*.
- Memilih metode pengukuran yang tersedia beserta konfigurasi, dalam hal ini metoda Geolistrik tahanan jenis (*resistivity*) dan konfigurasi *Dipole-dipole*.
- Melakukan pengukuran.
- Data yang diperoleh langsung tersimpan pada ARES *Main unit*.

Data yang didapatkan pada saat melakukan pengukuran tersimpan pada ARES *Main Unit*. Data yang diperoleh diinterpretasikan menggunakan metode inversi. Metode inversi yang digunakan adalah metode inversi *Robust Constraint*. Inversi *Robust Constraint* mampu meminimalkan perubahan mutlak pada nilai tahanan jenis. Inversi ini menghasilkan model antar muka yang tajam diantara daerah yang berbeda dengan nilai tahanan jenis yang berbeda. Metode inversi dilakukan dengan bantuan program *Res2dinv*. *Res2dinv* merupakan suatu program komputer yang dapat menentukan penampang model 2D bawah permukaan bumi berdasarkan nilai tahanan jenis semu di sepanjang Lintasan pengukuran. Sumbu *y* menunjukkan kedalaman lapisan bawah permukaan bumi dan sumbu *x* menunjukkan posisi elektroda secara horizontal.

Data yang telah diolah, kemudian dianalisa dengan cara melihat setiap lapisan yang tergambar pada layar komputer, dimana setiap warna memperlihatkan nilai tahanan jenisnya masing-masing. Setiap jenis perlapisan dibedakan atas warna-warna yang memiliki nilai tahanan jenis tertentu. Warna yang sama menunjukkan nilai tahanan jenis yang sama. Nilai tahanan jenis yang

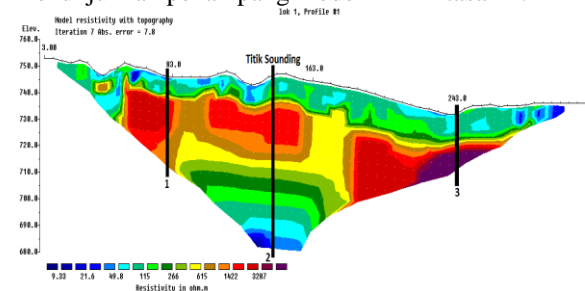
diperoleh dari hasil pengolahan data diestimasi dengan membandingkan dengan nilai tahanan jenis dari sumber referensi yang didapatkan dan kondisi Geologi daerah tempat penelitian, sehingga diperoleh suatu kesimpulan lapisan batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi beserta nilai tahanan jenis dan kedalamannya yang sesuai dengan kondisi Geologi daerah pengukuran.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Lintasan 1

Lintasan 1 memiliki panjang Lintasan 280 m, dimulai pada koordinat dari $00^{\circ} 17' 55,9''$ 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 dengan spasi elektroda 5 meter. Gambar 3 menunjukkan penampang model 2D Lintasan 1.



Gambar 3. Penampang Model 2D Lintasan 1 dengan Inversi *Robust Constraint*

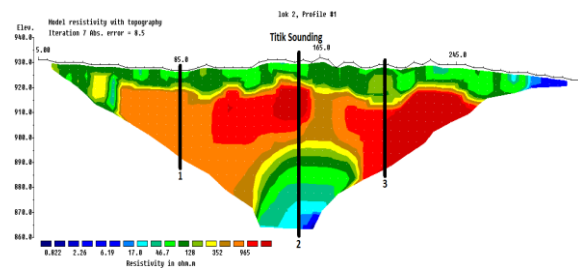
Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 1 dengan kedalaman yang dicapai adalah 55,35 m. Lintasan 1 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari $4,665 \Omega\text{m} - 4287 \Omega\text{m}$ dengan persentase kesalahan 7,8 % pada iterasi ke 7. Lintasan 1 memiliki standar deviasi 0,1 % dan 15,7 %. Lintasan 1 memiliki standar deviasi 15,7 % menunjukkan data yang sedikit kurang homogen. Namun standar deviasi pada penelitian ini termasuk pada tingkat kepercayaan tinggi dikarenakan nilai standar deviasi hasil penelitian yang kecil.

Pada Lintasan 1 batuan dasar diidentifikasi menggunakan 3 titik pengukuran sesuai penampang model 2D yang terdapat pada Gambar 3. Titik pengukuran merupakan posisi elektroda yang menjadi acuan dalam menentukan jenis batuan penyusun bawah permukaan pada setiap Lintasan pengukuran. Titik 1 berada pada posisi elektroda 80,5 m. Pada titik ini terdapat lapisan batuan dasar jenis *Andesite* dengan nilai tahanan jenis $440,5 \Omega\text{m} - 7598 \Omega\text{m}$ diduga terdapat pada kedalaman lebih dari 8,5 m. *Andesite* memiliki tahanan jenis berkisar antara $170 - 4,5 \times 10^4$ [9]. Titik 2

berada pada posisi elektroda 140 m tepatnya pada titik *sounding*. Pada titik ini tidak terdapat batuan dasar, karena pada kedalaman lebih diduga terdapat jenis batuan sedimen lainnya. Titik 3 yang berada pada posisi elektroda 230 m. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* dengan nilai tahanan jenis 440,5 Ωm – 7598 Ωm terdapat pada kedalaman lebih dari 13,4 m.

2. Lintasan 2

Lintasan 2 memiliki 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 dengan ketinggian 931 mdpl dengan spasi elektroda 5 meter. Gambar 4 menunjukkan penampang 2D Lintasan 2.



Gambar 4. Penampang Model 2D Lintasan 2 dengan Inversi *Robust Constraint*

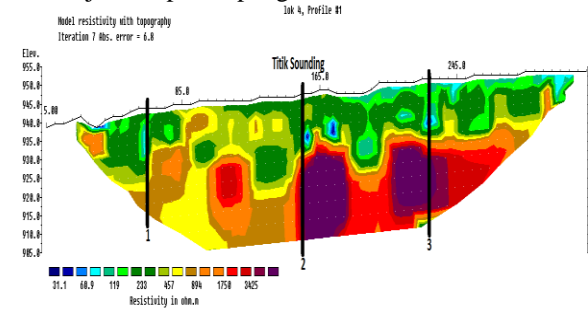
Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 2 dengan kedalaman yang dicapai adalah 63,5 m. Lintasan 2 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 0,41 Ωm – 1277 Ωm dengan persentase kesalahan 8,5 % pada iterasi ke 7. Lintasan 2 memiliki standar deviasi 0,1 % dan 8,1 %.

Batuan dasar pada Lintasan 2 diidentifikasi dengan menggunakan 3 titik. Titik 1 berada pada posisi elektroda 85 m. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* dengan nilai tahanan jenis 352 Ωm - 2645 Ωm . Batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 9,9 m. *Andesite* memiliki tahanan jenis berkisar antara $170 - 4,5 \times 10^4$ [9]. Titik 2 berada pada posisi elektroda 157,5 m tepatnya pada titik *sounding*. Pada titik ini tidak terdapat batuan dasar, karena pada kedalaman lebih diduga terdapat jenis batuan sedimen lainnya. Titik 3 yang berada pada posisi elektroda 237,5 m. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 13,6 m dengan nilai tahanan jenis 352 Ωm - 2645 Ωm .

3. 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 dengan spasi elektroda 5 meter. Gambar 5 menunjukkan penampang 2D Lintasan 3.



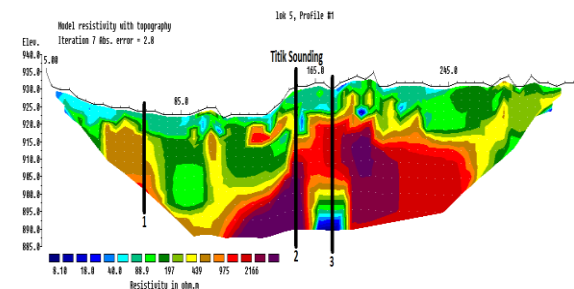
Gambar 5. Penampang Model 2D Lintasan 3 dengan Inversi *Robust Constraint*

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 3 dengan kedalaman yang dicapai adalah 41,5 m. Lintasan 3 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 13,5 Ωm – 6966 Ωm dengan persentase kesalahan 6,9 % pada iterasi ke 7. Lintasan 3 memiliki standar deviasi 0,1 % dan 5,8 %.

Batuan dasar pada Lintasan 3 diidentifikasi dengan menggunakan 3 titik. Titik 1 berada pada posisi elektroda 64 m. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* dengan nilai tahanan jenis 345 Ωm – 6809 Ωm . *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 14 m. *Andesite* memiliki tahanan jenis berkisar antara $170 - 4,5 \times 10^4$ [9]. Titik 2 berada pada posisi elektroda 157,5 m tepatnya pada titik *sounding*. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 14,1 m. Titik 3 yang berada pada posisi elektroda 227,5 m. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 13,5 m 345 Ωm – 6809 Ωm . Batuan dasar pada Lintasan umumnya terdapat pada kedalaman lebih dari 14 m.

4. 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 dengan spasi elektroda 5 meter. Gambar 6 menunjukkan penampang 2D Lintasan 4.



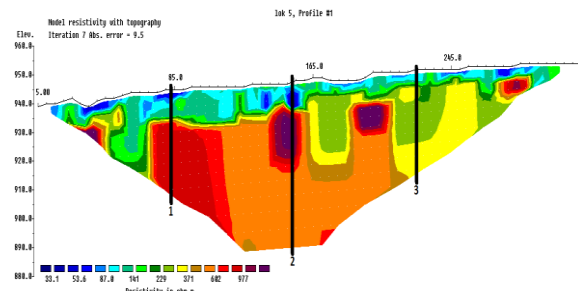
Gambar 6. Penampang Model 2D Lintasan 4 dengan Inversi *Robust Constraint*

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 4 dengan kedalaman yang dicapai adalah 43 m. Lintasan 4 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari $4,05 \Omega\text{m}$ – $3176 \Omega\text{m}$ dengan persentase kesalahan 2,8 % pada iterasi ke 7. Lintasan 4 memiliki standar deviasi 0,1 % dan 4,6 %. Pada Lintasan 4 identifikasi batuan dasar menggunakan 2 titik pengukuran yang berdekatan antara titik 2 dan 3. Titik 2 dan 3 dirancang berdekatan pada penampang model 2D Lintasan 4 dikarenakan pada titik 3 diduga terdapat jenis material titik yang berbeda dengan titik 2 dilihat dari kontras warna dan nilai tahanan jenis.

Batuan dasar pada Lintasan 4 diidentifikasi dengan menggunakan 3 titik. Titik 1 berada pada posisi elektroda 62,5 m. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 9,46 m dengan nilai tahanan jenis $439 \Omega\text{m}$ - $4811 \Omega\text{m}$. Titik 2 berada pada posisi elektroda 157,5 m tepatnya pada titik *sounding*. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 7,46 m dengan nilai tahanan jenis $439 \Omega\text{m}$ - $4811 \Omega\text{m}$. Titik 3 yang berada pada posisi elektroda 170 m. Lapisan *Andesite* terdapat pada kedalaman 12,9 m sampai 30,8 m dengan ketebalan 17,9 m. Batuan *Andesite* pada titik bukan termasuk kedalam batuan dasar, karena pada lapisan yang lebih dalam ditemukan jenis batuan seperti, seperti *Sandstone* dan *Limestone*.

5. 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 dengan spasi elektroda 5 meter. Gambar 7 menunjukkan penampang 2D Lintasan 5.



Gambar 7. Penampang Model 2D Lintasan 5 dengan Inversi *Robust Constraint*.

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 5 dengan kedalaman yang dicapai adalah 43 m. Lintasan 5 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari $16,5 \Omega\text{m}$ – $1585 \Omega\text{m}$ dengan persentase kesalahan 9,5 % pada iterasi ke 7. Lintasan 5 memiliki standar deviasi 0,1 % dan 0,2 %.

Terdapat 3 titik untuk mengidentifikasi jenis batuan pada Lintasan 5. Titik 1 berada pada posisi elektroda 85 m. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 8,4 m dengan nilai tahanan jenis $486,5 \Omega\text{m}$ - $1585 \Omega\text{m}$. Titik 2 berada pada posisi elektroda 157,5 m tepatnya pada titik *sounding*. Lapisan terakhir diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada kedalaman lebih dari 8,9 m. Titik 3 yang berada pada posisi elektroda 220 m. Pada titik 3 tidak terdapat batuan dasar, karena pada kedalaman lebih diduga terdapat jenis batuan sedimen.

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil interpretasi data pengukuran Geolistrik tahanan jenis tentang estimasi kedalaman batuan dasar menggunakan metoda inversi *Robust Constraint* konfigurasi *Dipole-dipole* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang kota Bukittinggi diidentifikasi terdapat empat jenis batuan, yaitu *Clay*, *Sandstone*, *Limestone*, dan batuan dasar jenis *Andesite*. *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone* termasuk kedalam jenis batuan sedimen. *Andesite* termasuk kedalam jenis batuan beku, dapat pada Tabel^[9].

Identifikasi jenis batuan dasar pada kelima Lintasan pengukuran didapatkan berdasarkan harga nilai tahanan jenis dari hasil pengukuran dan Tabel tahanan jenis. Kedalaman batuan dasar didapatkan berdasarkan identifikasi dari penampang model 2D pada masing-masing Lintasan pengukuran. Pada penampang model 2D terdapat variasi warna yang menunjukkan harga tahanan jenis untuk mengidentifikasi jenis batuan. Pada penampang model 2D dapat dihitung kedalaman batuan dasar sesuai batasan warna yang telah diidentifikasi.

Lintasan 1 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari $4,665 \Omega\text{m}$ – $7598 \Omega\text{m}$ dengan persentase kesalahan 7,8 % pada iterasi ke 7. Persentase kesalahan 7,8 % menunjukkan keabsahan data hasil pengukuran sebesar 92,2 %. Berdasarkan hasil interpretasi data pengukuran, daerah dekat permukaan bumi disusun oleh lapisan batuan *Clay* dan *Sandstone*. Lapisan berikutnya didominasi oleh *Limestone*, dan *Andesite*. Lapisan batuan *Andesite* yang paling dekat dengan permukaan bumi terdapat pada titik 1 berada pada jarak 80,5 m pada kedalaman lebih dari 8,5 m. Titik 2 pada jarak 243 m tepatnya pada titik *sounding* terdapat batuan *Andesite* pada kedalaman 9,9 - 34,16 m dengan ketebalan 24,26 m. Titik 3 pada jarak 243 m terdapat batuan *Andesite* pada kedalaman lebih dari 23,4 m. Titik 1 dan 3 pada Lintasan 1 diduga adanya batuan dasar jenis *Andesite*.

Lintasan 2 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari $0,41 \Omega\text{m}$ – $6809 \Omega\text{m}$ dengan persentase kesalahan 8,5 % pada iterasi ke 7. Persentase

kesalahan 8,5 % menunjukkan keabsahan data hasil pengukuran sebesar 91,5 %. Lapisan batuan *Andesite* yang paling dekat dengan permukaan bumi terdapat pada titik 1 berada pada jarak 85 m dengan kedalaman lebih dari 9,9. Titik 2 pada jarak 157,5 m tepatnya pada titik *sounding* pada kedalaman 7,6 m sampai 27,5 m dengan ketebalan 19,9 m. Titik 3 pada jarak 237,5 m pada kedalaman lebih dari 13,6 m. Titik 1 dan 3 pada Lintasan 2 diduga terdapat batuan dasar jenis *Andesite*.

Lintasan 3 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 13,5 Ω m – 6966 Ω m dengan persentase kesalahan 6,9 % pada iterasi ke 7. Persentase kesalahan 6,9 % menunjukkan keabsahan data hasil pengukuran sebesar 93,1 %. Berdasarkan hasil interpretasi data pengukuran, daerah dekat permukaan bumi didominasi oleh lapisan batuan *Limestone*. Lapisan berikutnya didominasi oleh *Sandstone* dan *Andesite*. Lapisan batuan *Andesite* yang paling dekat dengan permukaan bumi terdapat pada titik 3 berada pada jarak 227,5 m dengan kedalaman lebih dari 13,5 m. Titik 1 pada jarak 64 m pada kedalaman lebih dari 14,1 m. Titik 2 pada jarak 157,5 m tepatnya pada titik *sounding* pada kedalaman lebih dari 14,1 m. Titik 1, 2, dan 3 pada Lintasan 3 diduga terdapat batuan dasar jenis *Andesite*.

Lintasan 4 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 4,05 Ω m – 4811 Ω m dengan persentase kesalahan 2,8 % pada iterasi ke 7. Persentase kesalahan 2,8 % menunjukkan keabsahan data hasil pengukuran sebesar 97,2 %. Berdasarkan hasil interpretasi data pengukuran, daerah dekat permukaan bumi disusun oleh lapisan batuan *Sandstone* dan *Limestone*. Lapisan berikutnya didominasi oleh *Clay* dan *Andesite*. Lapisan batuan *Andesite* yang paling dekat dengan permukaan bumi terdapat pada titik 2 tepatnya pada titik *sounding* berada pada jarak 157,5 m pada kedalaman lebih dari 7,46 m. Titik 1 pada jarak 62,5 m pada kedalaman lebih dari 9,46 m. Titik 3 berada pada jarak 170 m pada kedalaman 12,9 m sampai 30,8 m. Titik 1 dan 2 diduga terdapat batuan dasar jenis *Andesite*.

Lintasan 5 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 16,5 Ω m – 1585 Ω m dengan persentase kesalahan 9,5 % pada iterasi ke 7. Lapisan batuan *Andesite* yang paling dekat dengan permukaan bumi terdapat pada titik 1 pada jarak 85 m pada kedalaman lebih dari 8,4 m. Titik 2 pada jarak 157,5 m pada kedalaman lebih dari 8,9 m. Titik 1 dan 2 diduga terdapat batuan dasar jenis *Andesite*. Analisis identifikasi batuan dasar pada setiap Lintasan ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa rentang nilai tahanan jenis batuan pada tiap Lintasan hampir mendekati sama dengan didapatkan penetrasi kedalaman yang bervariasi. Letak batuan dasar jenis *Andesite* yang paling dangkal terdapat pada Lintasan 4 dengan kedalaman lebih dari 7,46 m di titik

pengukuran 157,5 m dengan nilai tahanan jenis 439 Ω m – 4811 Ω m dan letak batuan dasar jenis *Andesite* yang paling dalam terdapat pada Lintasan 1 dengan kedalaman lebih dari 23,4 m di titik pengukuran 170 m dengan nilai tahanan jenis 440,5 Ω m – 7598 Ω m. Keberadaan batuan dasar ini sangat berguna sebagai acuan dalam pembangunan infrastruktur di daerah tempat melakukan pengukuran.

Tabel 2. Nilai Tahanan Jenis dan Kedalaman Batuan Dasar *Andesite* pada tiap Lintasan pengukuran.

Lintasan	Titik Pengukuran (m)	Tahanan Jenis (Ω m)	Kedalaman (m)
1	80,5	440,5 – 7598	Lebih dari 7,5
	170	440,5 – 7598	Lebih dari 23,4
2	85	352 – 6809	Lebih dari 9,9
	237,5	352 – 6809	Lebih dari 13,6
3	64	345 – 6809,3	Lebih dari 14
	157,5	345 – 6809,3	Lebih dari 14,1
	227,5	345 – 6809,3	Lebih dari 13,5
4	62,5	439 – 4811	Lebih dari 9,46
	157,5	439 – 4811	Lebih dari 7,46
5	85	486,5 – 1585	Lebih dari 8,4
	157,5	486,5 – 1585	Lebih dari 8,9

Hasil Interpretasi menunjukkan bahwa batuan dasar di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi memiliki nilai tahanan jenis yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 352 Ω m - 7598 Ω m. Nilai tahanan jenis yang cukup besar disebabkan batuan dasar memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang rendah. Nilai porositas dan permeabilitas yang rendah menyebabkan arus listrik sulit mengalir kedalam batuan karena kandungan air yang dimiliki batuan dasar sangat sedikit bahkan tidak ada.

Umunya batuan dasar pada daerah penelitian ini diduga berada pada kedalaman lebih dari 13 m. Batuan dasar tersebut menjadi lapisan-lapisan batuan yang berada di atasnya. Berdasarkan jenis batuan yang terdapat di atas lapisan batuan dasar, diperkirakan bahwa batuan dasar ini semakin kompak pada kedalaman yang lebih dalam. Artinya semakin menuju permukaan dasar semakin cepat mengalami pelapukan. Hal ini dibuktikan dengan terdapat jenis batuan sedimen seperti *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone* yang berada di atas lapisan batuan dasar yaitu batuan-batuan yang berada di atas lapisan batuan dasar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Batuan dasar pada lintasan pengukuran ditemukan pada setiap lintasan pengukuran dengan tahanan jenis berbeda. Batuan dasar tersebut diinterpretasikan sebagai *Andesite*. Nilai tahanan jenis batuan *Andesite* pada lintasan 1 berkisar antara 440,5 Ωm – 7598 Ωm . Nilai tahanan jenis batuan *Andesite* pada lintasan 2 berkisar antara 352 Ωm – 6809 Ωm . Nilai tahanan jenis batuan *Andesite* pada lintasan 3 berkisar antara 345 Ωm - 6809,3 Ωm . Nilai tahanan jenis batuan *Andesite* pada lintasan 4 berkisar antara 439 Ωm - 4811 Ωm . Nilai tahanan jenis batuan *Andesite* pada lintasan 5 berkisar antara 486,5 Ωm - 1585 Ωm .
2. Kedalaman batuan dasar pada setiap lintasan berbeda. Lintasan 1 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 7,5 m titik pengukuran 80,5 m dan kedalaman lebih dari 23,4 m pada titik pengukuran 170 m. Lintasan 2 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 9,9 m titik pengukuran 85 m dan kedalaman lebih dari 13,6 m pada titik pengukuran 237,5 m. Lintasan 3 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 14 m titik pengukuran 64 m. Kedalaman lebih dari 14,1 m pada titik pengukuran 157,5 m dan kedalaman lebih dari 13,5 m pada titik pengukuran 227,5 m. Lintasan 4 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 9,46 m titik pengukuran 62,5 m dan kedalaman lebih dari 7,46 m pada titik pengukuran 157,5 m. Lintasan 5 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 8,4 m titik pengukuran 85 m dan kedalaman lebih dari 8,9 m pada titik pengukuran 157,5 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih 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]. Natawidjaja, Danny Hilman. 2008. Pedoman Analisis Bahaya dan Risiko Bencana Gempabumi. Dipersiapkan untuk BNPB/SCDR R.
- [2]. Munir, Moch. 1995. *Geologi dan Mineralogi Tanah*. Malang: Pustaka Jaya.
- [3]. Rafferty, John.P 2012. *Geological Sains*. New York: Britannica Educational Publishing.
- [4]. Samodra, Hanang. 2008. “Geologi Batuan Dasar Gunung Ciremai Jawa Barat”. *Jurnal Geologi Indonesia* 4(5). Hlm. 279-287.
- [5]. Nukdin, Ernita. 2012. ‘Geologi dan Studi Pengaruh Batuan Dasar terhadap Deposit Nikel Laterit Daerah Taringgo Kecamatan Pomalaa, kabupaten Kolaka Propinsi Sulawesi Tenggara’. *Jurnal. Ilmiah MTG*, Vol.8, No.2, Juli 2012. Hlm. 99-109.
- [6]. Gutmanis, Jon. (2010). “Hydrocarbon Production From Fractured Basement Formation”. *Jurnal. Geoscience Limited* Versi 9. Hlm. 1-40.
- [7]. Sircar, Anirbid. (2004). “Hydrocarbon Production from Fractured Basement Formations”. *Jurnal. Current Science*. Vol.87. No.2. Hlm 147-151.
- [8]. Hanifah, Kemas Ali. 2010. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada: Jakarta. Price, Monica & Kevin Walsh. 2005. *Pocket Nature Rocks and Minerals*. London: Dorling Kindersley.
- [9]. Telford, W.M. Geldart, L.P, Sheriff R.E and Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysics*. USA : Cambridge University Press.
- [10]. Nisa, Khoirun dkk. 2012. “Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Zona Intrusi Air laut di Kecamatan Genuk Semarang”. *Berkala Fisika*. Vol. 15, No.1, Januari 2012. Hlm 7-14.
- [11]. Akmam. (2004). “Existence of Spring in Batulimbak Village Simawan Kecamatan Rambatan Kabupaten Tanahdatar”. *Jurnal Prosiding Seminar PPD Forum HEDS 2004 Bidang MIPA*, ISBN 979-95726-7-3. Hlm 593-608.
- [12]. Marescot, Laurent. (2009). *Electrical Surveying*. Swiss: University of Fribourg.
- [13]. Gubbins, David. 2004. *Time Series Analysis dan Inverse Theory for Geophysicists*. New York : The Press Syndicate of the University of Cambridge.
- [14]. Guitton, Antoine. Symes, William. (2003). “Robust Inversion of Seismic Data Using the Huber Norm”. *Jurnal. Geophysics* Vol 68. No 4 July-August 2003. Hlm. 1310-1319.
- [15]. Israil et al. 2004. “Determining Sharp layer Boundaries From Straightforward Inversion of Resistivity Sounding Data”. *Jurnal. J.Ind.Geophys. Union*. Vol.8, No.2, pp. 125 – 133.
- [16]. Dobrin, Milton B, Salvit Carl H. 1998. *Introduction to Geophysical Prospecting*. Singapore : McGraw-Hill Internasional editions
- [17]. Loke, M. H. 2004. 2-D and 3-D electrical imaging surveys. G