

**PENENTUAN KEDALAMAN BATUAN DASAR MENGGUNAKAN INVERSI
MARQUARDT DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI
SCHLUMBERGER DI DESA KAMPUNG MANGGIS
KECAMATAN PADANG PANJANG BARAT**

Herawati¹⁾, Akmam²⁾ dan Nofi Yendri Sudiar²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP, email: herawati.fb05@gmail.com

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP, email: akmamdb@fmipa.unp.ac.id
n_sudiar@yahoo.com

Abstract

The purpose of this basic research are to describe the resistivity and the depth of basement rocks in Kampung Manggis Padang Panjang Barat. The depth of basement rocks are important to anticipate the landslide in the research area. This research use the exploration methods. The measurement use resistivity geoelectrical method with Schlumberger configuration. The techniques of analysis data use Marquardt inversion with initial damping factor 0,1 and minimum damping factor 0,001. The analysis of the data generating 2D cross section below the earth surface. The interpretation of the data generating the depth and the types of basement rocks. The result of this research show the type of basement rocks in Kampung Manggis Padang Panjang Barat is an igneous rock groups, namely Andesite. The resistivity of this andesite is 170,1–1658 Ωm. The depth of basement rocks below the earth surface varies, which generally more than 8 m deepness around Kampung Manggis Padang Panjang Barat area.

Keywords – Basement Rocks, resistivity, Schlumberger, Marquardt inversion.

PENDAHULUAN

Kota Padang Panjang secara topografi dikelilingi oleh tiga gunung yaitu Gunung Marapi, Gunung Singgalang dan Gunung Tandiket. Daerah ini juga dilalui oleh sesar Bukit Jarat sepanjang 12,5 km dan merupakan kawasan yang berada pada dataran tinggi bergelombang, dimana sekitar 79,83 % dari keseluruhan wilayahnya merupakan kawasan miring, curam dan perbukitan dengan kemiringan di atas 15°, sedangkan selebihnya merupakan kawasan yang relatif landai. Kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya peristiwa getaran dan gerakan tanah di Kota Padang Panjang.

Desa Kampung Manggis Kecamatan Padang Panjang Barat merupakan salah satu daerah yang berpenduduk padat. Pada daerah tersebut juga terdapat bangunan penting seperti mesjid, sekolah dan perkantoran. Pemukiman penduduk dan jalan raya yang menghubungkan desa ini dengan daerah lainnya terletak di tepi lereng. Perbukitan tersebut memiliki tingkat kemiringan yang relatif curam. Pembebanan yang berlebihan di atas perbukitan dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah.

Perencanaan pembangunan yang cukup matang diperlukan untuk mencegah timbulnya kerusakan akibat terjadinya gerakan tanah. Oleh karena itu diperlukan informasi mengenai kedalaman dan jenis batuan dasar untuk perencanaan kedalaman pondasi bangunan. Pondasi bangunan yang dibuat pada batuan dasar (*basement rocks*) mempunyai kekuatan menahan beban yang lebih baik sehingga dapat mengurangi resiko kerusakan akibat getaran maupun gerakan tanah.

Batuhan dasar merupakan landasan dari berbagai jenis batuan. Batuan dasar merupakan jenis batuan Metamorf atau batuan Beku yang ditutupi oleh batuan Sedimen^[1]. Batuan Beku dan Metamorf tersebut mengalami proses sedimentasi membentuk jenis batuan baru, yaitu batuan Sedimen. Hal ini mengindikasikan batuan dasar lebih dahulu terbentuk dibandingkan batuan Sedimen.

Batuhan merupakan bagian terluar dari litosfer yang disebut kerak bumi. Batuan tersusun atas berbagai jenis mineral. Mineral merupakan bahan padat anorganik yang terdiri dari unsur-unsur kimia dalam perbandingan tertentu^[2].

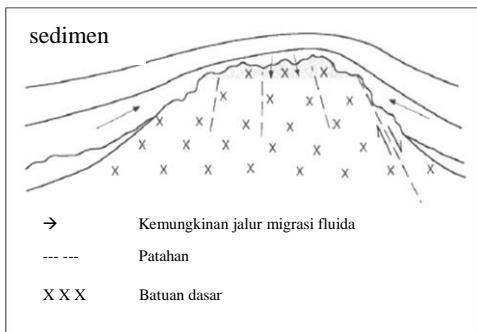
Tabel 1. Konsentrasi Unsur-Unsur Utama pada Kerak Bumi (Litofers)

No	Unsur	Rumus Kimia	Berat (%)
1	Oksigen	O	46,60
2	Silikon	Si	27,72
3	Alumunium	Al	8,13
4	Besi	Fe	5,00
5	Kalsium	Ca	3,63
6	Sodium	Na	2,83
7	Potassium	K	2,59
8	Magnesium	Mg	2,09
9	Lainnya	Ti, H, P, Mn, S, dan C.	0,88

Tabel 1 memperlihatkan bahwa unsur-unsur kimia yang dominan menyusun litosfer adalah Oksigen (O₂) dan Silikon (Si). Senyawa yang terdiri dari

unsur Oksigen dan Silikon disebut kuarsa. Kuarsa merupakan mineral Silikat, yaitu mineral utama penyusun magma di dalam bumi. Komposisi Silikat pada magma menyebabkan berbagai jenis batuan pada kerak bumi juga mengandung mineral Silikat^[3].

Batuhan dasar memiliki beberapa karakteristik yang menjadi pembeda dengan batuan lainnya. Batuan dasar ditutupi oleh lapisan sedimen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik Batuan Dasar

Berdasarkan Gambar 1, lapisan sedimen yang menutupi batuan dasar memberikan peluang adanya sedikit fluida pada batuan dasar. Batuan dasar mempunyai nilai porositas dan permeabilitas yang sangat kecil^[4]. Nilai porositas batuan dasar adalah 0,1–1% dan nilai permeabilitas kecil dari 0,5%, kecuali pada zona lapuk yaitu berkisar antara 5-10%^[5].

Kedalaman dan jenis batuan dasar dapat diestimasi menggunakan salah satu metode Geofisika, yaitu metode Geolistrik Tahanan Jenis. Pengukuran Geolistrik meliputi pengukuran potensial dan pengukuran arus secara alamiah maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi^[6]. Aliran arus di bawah permukaan bumi akan menentukan sifat kelistrikan batuan. Sifat kelistrikan dari batuan tergantung pada nilai tahanan jenis^[7]. Tahanan jenis batuan di bawah permukaan bumi dapat dihitung dari hasil pengukuran arus listrik dan beda potensial. Hasil pengukuran beda potensial dan arus pada setiap spasi elektroda yang berbeda dapat menunjukkan variasi nilai tahanan jenis lapisan dibawah titik ukur. Tahanan jenis dilambangkan dengan (ρ) dengan satuan ohmmeter (Ωm).

Aliran arus listrik di permukaan bumi dinyatakan dengan mengasumsikan bahwa bumi sebagai medium homogen isotropis. Arus yang dialirkan akan mengalir ke segala arah, namun udara mempunyai tahanan jenis yang sangat besar, sehingga arus tidak dapat mengalir ke udara. Hal ini menyebabkan sebaran aliran arus hanya ke bawah permukaan dengan ekipotensial berbentuk setengah bola.

Nilai tahanan jenis yang terukur pada metoda Geolistrik bukanlah tahanan jenis yang sesungguhnya, melainkan tahanan jenis semu (*apparent resistivity*)^[8]. Konsep tahanan jenis semu menganggap medium dua lapis dengan resistivitas berbeda (ρ_1 dan ρ_2) sebagai medium satu lapis homogen yang memiliki satu nilai resistivitas yaitu resistivitas semu ρ_a , seperti Persamaan (1).

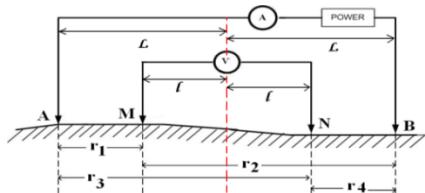
$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dimana

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

ΔV dan I menyatakan beda potensial dan arus listrik yang terukur, sementara K menyatakan faktor geometri. Nilai K bergantung pada konfigurasi yang digunakan saat pengukuran.

Penelitian ini menggunakan konfigurasi *Schlumberger*. Konfigurasi *Schlumberger* merupakan konfigurasi pada metoda Geolistrik Tahanan Jenis yang menggunakan empat buah elektroda, yaitu dua elektroda potensial dan dua elektroda arus yang disusun dalam satu garis lurus, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi *Schlumberger*^[7]

Jarak masing-masing elektroda pada Gambar 2 dapat disederhanakan menjadi:

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

dengan:

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

Jarak masing-masing elektroda disubsitusikan ke persamaan (2), sehingga diperoleh harga K untuk konfigurasi *Schlumberger*, sebagai berikut^[9]:

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

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

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

Konfigurasi ini mempunyai keunggulan dalam kemampuan penetrasi arus yang lebih dalam yaitu 1/5 dari panjang lintasan dan kemampuan untuk mendeteksi lapisan *non homogenitas* batuan di bawah permukaan^[7]. Konfigurasi *Schlumberger* banyak digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan batuan dasar di bawah permukaan.

Data hasil pengukuran diolah menggunakan metode inversi. Inversi dalam dunia Geofisika merupakan teknik untuk mencari sebuah model yang memberikan respon yang sama dengan nilai yang sebenarnya terukur^[10]. Fungsi pemodelan untuk konfigurasi *Schlumberger* pada metoda Geolistrik dirumuskan pada Persamaan (7)^[9]:

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

dimana ρ_a adalah tahanan jenis semu (Ωm) sebagai fungsi dari resistivitas dan kedalaman (ρ_k, h_k) tiap lapisan $k=1, \dots, n$, dan n merupakan jumlah lapisan. S adalah jarak elektroda arus $AB/2$, J_1 adalah fungsi Bessel orde 1 dan $T(\lambda)$ merupakan fungsi transformasi resistivitas yang dinyatakan seperti Persamaan (8).

$$T(\lambda) = \int_0^\infty \rho_a S(S) J_1(\lambda S) \frac{dS}{S} \quad (8)$$

$T(\lambda)$ adalah fungsi dari transformasi resistivitas semu, atau singkatnya disebut transformasi resistivitas. $T(\lambda)$ adalah fungsi yang tergantung pada parameter-parameter lapisan seperti resistivitas dan ketebalan. $T(\lambda)$ merupakan fungsi yang sama dengan fungsi $A(\lambda)$ pada Persamaan (9).

$$V(r, z) = \int_0^\infty \{A(\lambda)e^{-\lambda z} + B(\lambda)e^{\lambda z}\} J_0[\lambda r] d\lambda \quad (9)$$

Berdasarkan Persamaan (9), $V(r, z)$ merupakan potensial yang ditimbulkan oleh sebuah titik sumber di permukaan dan dapat dianggap sebagai jumlah dari potensial karena adanya bidang-bidang batas.

Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan metode inversi *Marquardt*. Persamaan metode inversi *Marquardt* dinyatakan oleh Persamaan (10)^[10].

$$(J^T J + \lambda I) \Delta q_i = J^T g \quad (10)$$

dimana I adalah matriks identitas dan λ adalah *damping factor* atau *Marquardt*. Persamaan ini biasa dikenal dengan inversi *Marquardt*^[11] atau metoda metode *Damped Least-Squares*^[10]. Metoda ini meminimalkan perbedaan antara nilai data terukur dan respon model (g) serta vektor perubahan model (Δq), sehingga nilai *error* yang dihasilkan lebih kecil^[10].

Istilah redaman atau *damping* untuk estimasi parameter model sebagaimana dinyatakan pada persamaan (11) berhubungan dengan proses meredam ketidakstabilan yang mungkin timbul akibat keterbatasan data pada inversi yang termasuk *underdetermined*^[12]. Persamaan damping faktor dinyatakan oleh Persamaan (11)^[12].

$$m = [G^T G + \varepsilon^2 I]^{-1} G^T d \quad (11)$$

Metode inversi *Marquardt* memiliki 2 jenis nilai faktor damping, yaitu *initial damping factor* dan *minimum damping factor*. Nilai *initial damping factor* ditetapkan untuk menghindari ketidakstabilan dalam proses inversi pada iterasi pertama. Sedangkan nilai *minimum damping factor* dipilih untuk menghindari penurunan nilai damping faktor setiap proses iterasi^[12].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang mendeskripsikan kedalaman dan jenis batuan dasar di Desa Kampung Manggis Kecamatan Padang Panjang Barat. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah kuat arus listrik (I) beda potensial (V), dan spasi elektroda, sedangkan parameter yang dihitung yaitu tahanan jenis (ρ).

Pengukuran dilakukan menggunakan 4 lintasan. Lintasan 1 sejajar dengan lintasan 2 dan lintasan 3 sejajar dengan lintasan 4 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pengukuran pada setiap Lintasan menggunakan *Ares main unit*.



Gambar 3. Desain Lintasan Pengukuran^[13]

Data hasil pengukuran yang tersimpan pada *Ares main unit* diunduh dengan cara menghubungkan *Ares multielectroda* dengan komputer *windows XP*. Data yang telah diunduh kemudian diolah menggunakan *software Res2dinv versi 3.59*. *Software Res2dinv* merupakan suatu program komputer yang dapat menentukan

penampang model *resistivity* 2 dimensi (2D) untuk bawah permukaan berdasarkan nilai tahanan jenis semu. Sumbu x menyatakan posisi elektroda dan sumbu y menyatakan kedalaman lapisan bawah permukaan. Penampang tersebut terdiri dari beberapa warna yang menunjukkan variasi nilai tahanan jenis.

Teknik pengolahan dan analisa data pada penelitian ini dilakukan dengan metoda inversi *Marquardt*. Nilai *initial damping factor* yang dipilih adalah 0,1, sedangkan nilai *minimum damping factor* yang dipilih adalah 0,001. Nilai tersebut dipilih berdasarkan standar deviasi data terukur. Data yang memiliki sedikit *noise* diolah menggunakan nilai faktor redaman 0,1. Nilai standar deviasi (*misfit*) pada data terukur diperoleh kecil dari 1%.

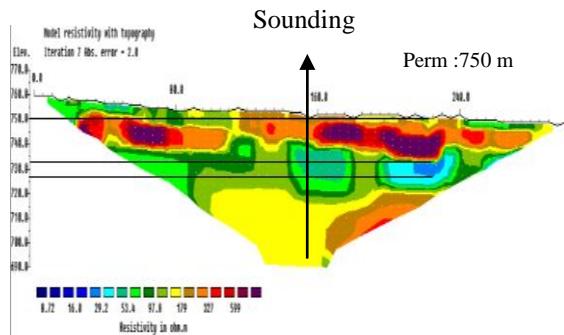
Nilai damping faktor akan menurun setengah setelah setiap kali proses iterasi^[10]. Hal tersebut dapat dihindari dengan cara menetapkan nilai *minimum damping factor*. Nilai *minimum damping factor* yang dipilih, yaitu 0,001. Berdasarkan Persamaan (11), jika nilai *minimum damping factor* yang dipilih sangat kecil dan mendekati nol, maka faktor redaman tidak berpengaruh pada analisis data, sebaliknya jika nilai *minimum damping factor* dipilih lebih besar, maka kesalahan prediksi data (*misfit*) akan lebih dominan, sehingga dipilih nilai *minimum damping factor* 0,001. Data yang telah diolah kemudian diinterpretasikan dengan cara membandingkan nilai tahanan jenis yang diperoleh dari data olahan dengan tabel tahanan jenis berdasarkan referensi dan dibandingkan juga dengan kondisi geologi daerah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Lintasan 1

Lintasan 1 memiliki panjang lintasan 300 m dengan spasi elektroda 5 m. Hasil pengolahan data lintasan 1 menunjukkan sebaran nilai tahanan jenis medium di bawah permukaan area pengukuran, yaitu berupa penampang model 2D seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penampang model 2D Lintasan 1

Titik *sounding* pada lintasan 1 terdapat pada koordinat $00^{\circ}28'20,3''$ LS dan $100^{\circ}23'30,6''$ BT. Gambar 4 menunjukkan rentangan nilai tahanan jenis (ρ) dari 4,36–798,6 Ωm . Persentase kesalahan yang didapatkan sebesar 2,0 % pada iterasi ke 7.

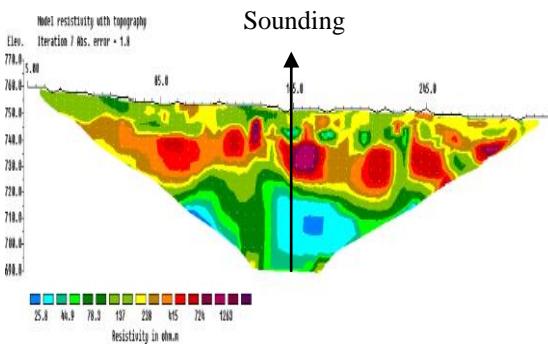
Garis-garis pada Gambar 4 merupakan cara untuk menentukan kedalaman batuan. Kedalaman batuan didapatkan dengan cara menghitung selisih ketinggian permukaan dan ketebalan lapisan batuan. Sedangkan warna-warna menunjukkan lapisan batuan penyusun bawah permukaan berdasarkan nilai tahanan jenis. Warna biru tua sampai warna biru dengan rentangan nilai tahanan jenis 4,36-20,10 Ωm diinterpretasikan sebagai *Alluvium* dan *Sands*. Lapisan ini terletak pada kedalaman 16–23 m. Lapisan *Alluvium* dan *Sands* ditutupi oleh lapisan berwarna biru muda yang diinterpretasikan sebagai *Pasir Lempungan* (*Consolidated shales*) dengan rentangan nilai tahanan jenis berkisar antara 20,20 - 40,00 Ωm dan terdapat pada kedalaman 16–26 m.

Lapisan berwarna hijau muda memiliki rentangan nilai tahanan jenis 40,10-70,10 Ωm dan diinterpretasikan sebagai *Sandstone*. *Sandstone* terdapat di permukaan sampai kedalaman 10 m dan pada kedalaman 16–35 m. *Sandstone* memiliki rentangan nilai tahanan jenis $1-6,4 \times 10^8 \Omega\text{m}$ ^[9]. Lapisan berwarna hijau tua dengan nilai tahanan jenis 70,20-170,00 Ωm diinterpretasikan sebagai *Limestone*. *Limestone* terdapat di permukaan sampai kedalaman 9 m dan pada kedalaman 15–39 m.

Lapisan berwarna kuning sampai merah tua dengan rentangan nilai tahanan jenis 170,10-798,6 Ωm diduga sebagai *Andesite*. Lapisan ini terdapat di permukaan sampai kedalaman 19 m dan pada kedalaman lebih dari 35 m. *Andesite* pada kedalaman lebih dari 35 m diduga sebagai lapisan batuan dasar karena ditutupi oleh jenis batuan sedimen yang terletak di atasnya.

Lintasan 2

Lintasan 2 sejajar dengan lintasan 1, sehingga panjang lintasan dan jarak elektroda dibuat sama dengan lintasan 1. Panjang lintasan 2 adalah 300 m dengan spasi elektroda 5 m. Hasil pengolahan data lintasan 2 menggunakan *software Res2dinv* menunjukkan sebaran nilai tahanan jenis bawah permukaan, yaitu berupa penampang model 2D seperti terlihat pada Gambar 5. Titik *sounding* pada lintasan 2 terdapat pada koordinat $00^{\circ}28'80,0''$ LS dan $100^{\circ}23'12,0''$ BT. Gambar 5 menunjukkan rentangan nilai tahanan jenis pada lintasan 2 dimulai dari 12,9–1684 Ωm . Persentase kesalahan 1,8 % pada iterasi ke 7.



Gambar 5. Penampang Model 2D Lintasan 2

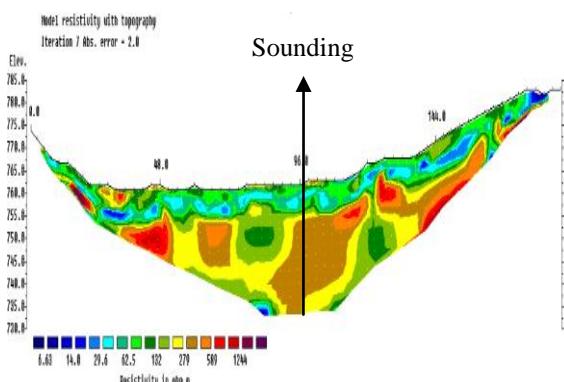
Lapisan berwarna biru muda diinterpretasikan sebagai *Consolidated shales* dengan rentangan nilai tahanan jenis, yaitu 12,90-40,00 Ωm pada kedalaman 35–57 m. Nilai tahanan jenis *Consolidated shales* adalah $20-2x10^3 \Omega\text{m}^{[9]}$.

Lapisan berwarna hijau muda dengan rentangan nilai tahanan jenis 40,10-70,10 Ω m diinterpretasikan sebagai *Sandstone*. *Sandstone* terdapat pada kedalaman lebih dari 27 m. Lapisan berwarna hijau tua memiliki rentangan nilai tahanan jenis, yaitu 70,20-170,00 Ω m. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai *Limestone*. *Limestone* terdapat di permukaan sampai kedalaman 15 m dan pada kedalaman lebih dari 25 m.

Lapisan berwarna kuning sampai merah tua dengan rentangan nilai tahanan jenis 170,10-1684 Ω m diinterpretasikan sebagai *Andesite*. *Andesite* terdapat di permukaan sampai kedalaman 30 m. *Andesite* pada Lintasan ini bukan merupakan jenis batuan dasar, karena pada kedalaman yang lebih dalam ditemukan jenis batuan sedimen berupa batupasir, pasir lempungan, dan batugamping.

Lintasan 3

Lintasan 3 memiliki panjang 192 m dan spasial elektroda 3 m, dengan titik sounding $00^{\circ}28'08,6''$ LS dan $100^{\circ}23'46,2''$ BT. Hasil pengolahan data lintasan 3 memperlihatkan penampang model 2D seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Penampang Model 2D Lintasan 3

Berdasarkan Gambar 6 diketahui lintasan 3 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 3,31–1658,6 Ω m. Persentase kesalahan 2,0 % pada iterasi ke 7. Lapisan berwarna biru tua dengan nilai tahanan jenis 3,31–14,80 Ω m terdapat di permukaan sampai kedalaman 2 m dan pada kedalaman lebih dari 26 m. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai *Clay*. Berdasarkan Tabel nilai tahanan jenis batuan, diketahui nilai tahanan jenis *Clay* adalah 1–100 Ω m^[9].

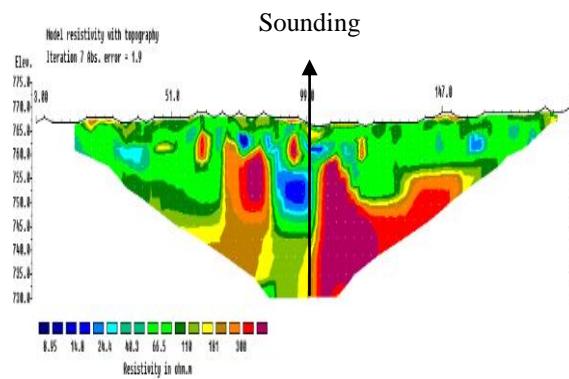
Lapisan berwarna biru diinterpretasikan sebagai *Alluvium* dan *Sands* dengan nilai rentangan tahanan jenis 14,90-20,10 Ωm . Lapisan ini dapat ditemukan pada kedalaman 5–8 m. *Alluvium* dan *Sands* memiliki rentangan nilai tahanan jenis 10–800 $\Omega\text{m}^{[9]}$. Lapisan selanjutnya diinterpretasikan sebagai lapisan *Consolidated shales* pada kedalaman 2–6 m.

Lapisan berikutnya memiliki nilai tahanan jenis 40,10-70,10 Ωm . Lapisan ini terdapat di permukaan sampai kedalaman 8 m. Lapisan ini diduga merupakan *Sandstone*. Lapisan berwana hijau tua yang terdapat pada kedalaman 4–17 m dan lebih dari 12 m diinterpretasikan sebagai lapisan *Limestone* dengan nilai tahanan jenis 70,10-170,00 Ωm . Nilai tahanan jenis *Limestone* berkisar antara $50 - 10^7 \Omega\text{m}^{[9]}$.

Lapisan yang memiliki nilai tahanan jenis 170,10-1658,6 Ωm diduga merupakan lapisan batuan dasar. Batuan dasar tersebut merupakan kelompok batuan beku, yaitu *Andesite*. Batuan ini terdapat di permukaan sampai kedalaman 5 m dan pada kedalaman lebih dari 8 m.

Lintasan 4

Panjang lintasan 4 adalah 192 m dan spasi elektroda yang digunakan 3 m dengan titik sounding $00^{\circ}27'58,0''$ LS dan $100^{\circ}23'32,0''$ BT. Hasil pengolahan data lintasan 4 menggunakan *software Res2dinv* seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penampang Model 2D Lintasan 4

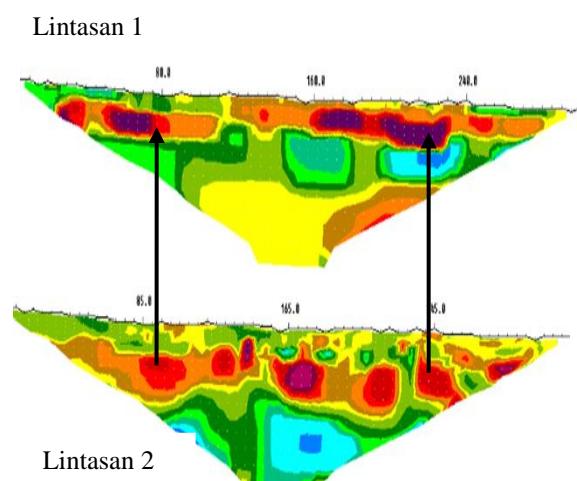
Persentase kesalahan lintasan 4 pada iterasi ke 7, yaitu 1,9 %. Lintasan 4 memiliki rentangan nilai tahanan jenis dari 4,45–400 Ω m.

Berdasarkan Gambar 7 diketahui lapisan dengan nilai tahanan jenis 4,4–14,80 Ω m diduga merupakan lapisan *Clay*. Lapisan ini terletak pada kedalaman 3–7 m. Lapisan berikutnya dengan nilai tahanan jenis 14,90–20,10 Ω m terdapat pada kedalaman 13–18 m. Lapisan ini diduga merupakan *Alluvium* dan *Sands*. Lapisan berwarna biru muda terdapat pada kedalaman 6–10 m dan 11–10 m diduga merupakan lapisan *Consolidated shales*.

Lapisan dengan nilai tahanan jenis 40,10–70,10 Ω m terdapat di permukaan sampai kedalaman 23 m dan pada kedalaman lebih dari 36 m. Lapisan ini diduga merupakan *Sandstone*. Lapisan berikutnya diinterpretasikan sebagai *Limestone* dengan nilai tahanan jenis 70,20–170,00 Ω m. Lapisan ini terdapat di permukaan sampai kedalaman 4 m dan kedalaman lebih dari 13 m.

Lapisan terakhir berwarna kuning sampai merah tua terdapat di permukaan sampai kedalaman 2 m dan kedalaman lebih dari 8 m. Lapisan tersebut diduga merupakan batuan dasar jenis *Andesite*. Batuan *Andesite* cukup mendominasi Lintasan 4 terutama *Andesite* yang terletak pada kedalaman lebih dari 8 m yang diduga merupakan lapisan batuan dasar.

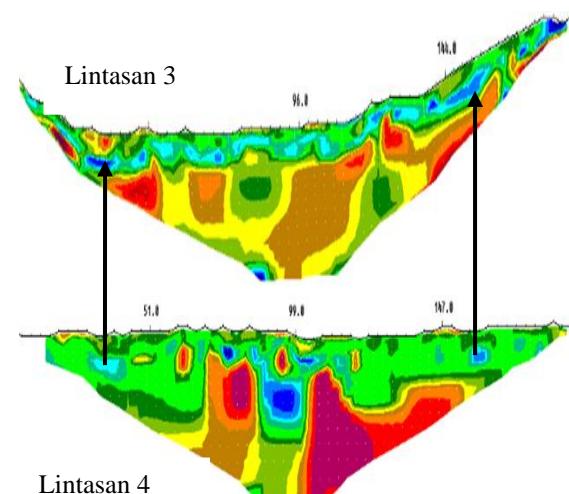
Berdasarkan penampang 2D masing-masing lintasan, maka dapat diduga jenis batuan yang terdapat disekitar area pengukuran. Pendugaan jenis batuan dasar di daerah pengukuran dapat dilakukan dengan memanfaatkan lintasan pengukuran yang dibuat sejajar. Penampang 2D lintasan 1 sejajar dengan lintasan 2 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Penampang 2D Lintasan 1
Sejajar Lintasan 2

Lintasan 1 sejajar lintasan 2 dengan panjang lintasan masing-masing 300 m dan spasi elektroda 5 m. Kedua lintasan berjarak sekitar 1 km. Pada Gambar 8 memperlihatkan batuan penyusun kedua lintasan hampir sama. Batuan penyusun kedua lintasan ini terdiri dari Pasir Lempungan (*Consolidated shales*), Batupasir (*Sandstone*), Batugamping (*Limestone*) dan *Andesite*. Namun pada lintasan 2 tidak terdapat *Clay* dan *Alluvium* dan *Sand*. Daerah lintasan 2 terletak jauh dari sungai yang dapat mengendapkan batuan dan membentuk *Alluvium* dan *sands*. Daerah ini lebih kering dibandingkan lintasan pengukuran yang lainnya.

Lintasan 3 sejajar dengan lintasan 4. Panjang lintasan masing-masing 192 m dan spasi elektroda 3 m. Kedua lintasan juga berjarak sekitar 1 km. Penampang 2D kedua lintasan ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Penampang 2D Lintasan 3
Sejajar Lintasan 4

Berdasarkan Gambar 9 diketahui jenis batuan penyusun kedua lintasan sama. Jenis batuan tersebut terdiri dari *Clay*, *Alluvium* dan *Sands*, Pasir Lempungan (*Consolidated shales*), Batupasir (*Sandstone*), Batugamping (*Limestone*) dan *Andesite*. Hal tersebut sesuai dengan kondisi geologi daerah penelitian, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua lintasan tersusun atas jenis batuan yang sama.

2. Pembahasan

Interpretasi data menghasilkan penampang 2D bawah permukaan berupa warna yang memiliki rentangan nilai tahanan jenis tertentu. Interpretasi data pada keempat lintasan telah diwakili oleh warna-warna yang memiliki nilai tahanan jenis yang sama. Rentangan nilai tahanan jenis yang sama juga mewakili jenis batuan yang sama.

Berdasarkan penampang 2D batuan bawah permukaan pada Lintasan 1 dapat diduga terdapat

beberapa lapisan batuan pada lintasan tersebut. Daerah disekitar lintasan ini disusun oleh dua kelompok batuan utama, yaitu batuan beku, berupa *Andesite* dan batuan sedimen berupa lapisan *Alluvium* dan *Sands*, Pasir Lempungan (*Consolidated shales*), Batupasir (*Sandstone*), dan *Limestone*. Batuan yang ditemukan pada daerah ini sudah sesuai dengan kondisi Geologi daerah penelitian.

Batuan dasar pada daerah pengukuran merupakan jenis batuan *Andesite* yang dapat ditemukan pada kedalaman lebih dari 8 m. Batuan *Andesite* memiliki nilai tahanan jenis $1,7 \times 10^2 - 4,5 \times 10^4 \Omega\text{m}$ ^[9]. Batuan jenis *Andesite* pada Lintasan 1 memiliki nilai tahanan jenis yang cukup besar, yaitu $170,10 - 798,6 \Omega\text{m}$. Lapisan ini terdapat di permukaan sampai kedalaman 19 m dan pada kedalaman lebih dari 35 m. *Andesite* yang terletak pada kedalaman lebih dari 35 m diduga merupakan jenis batuan dasar. *Andesite* pada Lintasan 1 dapat dimanfaatkan sebagai acuan posisi meletakkan pondasi bangunan atau infrastruktur yang akan dibangun pada Lintasan 1. Batuan *Andesite* yang bersifat kompak diduga dapat menahan bangunan yang diletakkan di atas permukaannya, sehingga daerah Lintasan 1 tidak beresiko terhadap peristiwa gerakan tanah, seperti longsor yang diakibatkan pembebatan yang berlebihan.

Lintasan 2 disusun oleh kelompok batuan Beku dan Sedimen. Namun pada daerah ini tidak ditemukan *Clay* dan *Alluvium* dan *Sands*. Pada permukaan daerah ini lebih didominasi oleh *Andesite* dan *Limestone*. Kelompok batuan Sedimen pada daerah ini diduga berasal dari pelapukan *Andesite*. Lintasan 2 diduga tidak memiliki batuan dasar, karena semakin dalam nilai tahanan jenis batuan pada lintasan ini cenderung semakin menurun dan diinterpretasikan sebagai lapisan Sedimen. Pembangunan infrastruktur yang berlebihan diduga dapat menyebabkan terjadinya longsor akibat daya ikat batuan tidak kuat untuk menahan beban di atasnya. Namun, untuk pembangunan infrastruktur yang tidak begitu berat seperti perumahan dan sekolah dapat memanfaatkan lapisan batuan *Andesite* dan *Limestone* yang berada disekitar permukaan lintasan ini, sehingga pondasi yang dibutuhkan tidak begitu dalam.

Formasi batuan pada lintasan 3 tidak jauh berbeda dengan lintasan 1. Permukaan lintasan 3 lebih didominasi oleh lapisan *Clay*, *sandstone* dan diikuti oleh *Alluvium* dan *Sands*. Daerah ini terletak dekat sungai. Aliran air sungai dapat membentuk lapisan *Alluvium* dan *Sands*. Batuan pada lintasan 3 semakin kompak pada kedalaman yang lebih dalam. Lintasan ini juga disusun oleh batuan *Andesite*. Rentangan nilai tahanan jenis *Andesite* pada lintasan ini, yaitu $170,10 - 1658,6 \Omega\text{m}$. Lapisan ini diduga merupakan lapisan batuan dasar. Batuan ini dapat ditemukan pada kedalaman lebih dari 8 m.

Berdasarkan struktur lapisan batuan pada penampang 2D, lintasan 3 merupakan lokasi yang paling baik dalam pemberian beban akibat pembangunan infrastruktur di atasnya. Hal ini disebabkan oleh sebaran batuan *Andesite* yang merata pada lintasan ini.

Lapisan batuan pada lintasan 4 sama dengan lapisan batuan pada lintasan 3. Perbedaannya terletak pada kedalaman batuan-batuhan tersebut. Batuan dasar jenis *Andesite* diduga terdapat pada kedalaman lebih dari 8 m. Hal ini disebabkan oleh batuan *Andesite* pada kedalaman ini cukup mendominasi pada lintasan 4 dan memiliki nilai tahanan jenis yang cukup tinggi. Berdasarkan hal tersebut diduga lintasan 4 juga merupakan lintasan yang baik dalam pemberian beban akibat pembangunan infrastruktur di atasnya. Formasi batuan pada lintasan 4 juga semakin kompak pada kedalaman yang lebih dalam.

Informasi mengenai jenis dan kedalaman batuan yang diduga sebagai batuan dasar pada setiap lintasan dapat dimanfaatkan sebagai perencanaan kedalaman pondasi bangunan. Nilai tahanan jenis, kedalaman dan jenis batuan dasar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis dan Kedalaman Batuan Dasar

N o	Linta san ke-	Tahanan jenis (Ωm)	Jenis	Kedala- man	Error
1	1	170,10-798,6	Andesit	> 35 m	2,0%
2	2	170,10-1684	-	-	1,8%
3	3	170,10-1658	Andesit	> 8 m	2,0%
4	4	170,10-400	Andesit	> 8 m	1,9%

Hasil penelitian berupa jenis dan kedalaman batuan dasar juga didukung oleh beberapa hasil penelitian relevan yang dapat memperkuat hasil penelitian. Penelitian tersebut juga menemukan jenis batuan *Andesite* pada setiap lintasan pengukuran^[13]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa jenis batuan yang didapatkan sama dengan jenis batuan yang penulis temukan pada penelitian ini. Penelitian selanjutnya juga dilakukan di lokasi yang sama dengan konfigurasi Wenner. Hasil penelitian tersebut juga menemukan batuan dasar jenis Andesite pada lintasan 1 dan 3^[14]. Hasil penelitian tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang penulis dapatkan. Berdasarkan jenis-jenis batuan yang diperoleh dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan kota Padang Panjang, khususnya Kecamatan Padang Barat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa batuan dasar dengan rentangan nilai tahanan jenis $170,10-1658 \Omega\text{m}$ dapat ditemukan pada lintasan 1, lintasan 3 dan lintasan 4. Batuan tersebut diinterpretasikan sebagai batuan *Andesite*. Batuan dasar jenis *Andesite* pada lintasan 1 dapat ditemukan pada kedalaman lebih dari 35 m. Pada Lintasan 3 dan lintasan 4 batuan dasar dapat ditemukan pada kedalaman lebih dari 8 m. Nilai *error* yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan pengolahan data menggunakan metoda inversi lainnya, yaitu pada Lintasan 1 sekitar 2%, Lintasan 2 sekitar 1,8%, Lintasan 3 sekitar 2% dan Lintasan 4 sekitar 1,9%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. Akmam, M.Si dan Bapak Nofi Yendri Sudiar, S.Si, M.Si yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya dalam menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada DP2M DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2013 atas nama ketua kelompok Lismalini, S.Si. Terima kasih juga kepada rekan-rekan yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Landes, K.K. *et al*. 1960. "Petroleum Resources In Basement Rocks". *AAPG Bull.* 1960, 44, 1682-169.
- [2]. Djauhari, Noor. 2012. "Pengantar Geologi". Fakultas Teknik: Universitas Pakuan. Hlmn 65.
- [3]. Hamblin Kenneth. 2003. "Earth's Dynamic System". Penerbit: Prentice Hall. ISBN/ASIN: 0131420666. ISBN-13: 9780131420663.
- [4]. Sircar, A. 2004. "Hydrocarbon Production from Fractured Basement Formations". *Jurnal. Current Science*. Vol. 87. No.2. Hlm 147-148
- [5]. Gutmanis, Jon. 2012. "Hydrocarbon Production From Fractured Basement Formation". *Jurnal. Geoscience Limited Versi 10*. Hlm. 1-43.
- [6]. Lilik, Hendrajaya. Idam Arif. 1990. "Geolistrik Tahanan Jenis". Bandung: Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA ITB
- [7]. Reynolds, J M. (1997). "An Introduction to Applied and Environmental Geophysich". New York: John Wiley and Sons.
- [8]. 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.
- [9]. Telford, W.M. *et al* (1976). "Applied Geophysics". USA: Cambridge University Press.
- [10]. Loke, M.H. 2013. "Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys". Diunduh dari: www.geometrics.com
- [11]. Supriyanto S, 2007. "Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi". Depok: Universitas Indonesia.
- [12]. Hendra Grandis .2009. "Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika". Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- [13]. 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.
- [14]. Kurniawan, Basra. (2014). "Estimasi Kedalaman Batuan Dasar di Desa Kampung Manggis Kecamatan Padang Panjang Barat Menggunakan Metode Inversi Robust 2D Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner". *Skripsi tidak diterbitkan*. FMIPA UNP.