

**IDENTIFIKASI KEBERADAAN AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE
GEOLISTRIK RESITIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DAERAH
PANDAWA, JORONG TAROK, KECAMATAN 2 x 11 KAYU TANAM**



FANDI AULIA SYOFYAN

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

November 2017

PERSETUJUAN PEMBIMBING

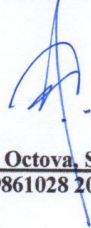
**IDENTIFIKASI KEBERADAAN AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE
GEOLISTRIK RESITIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DAERAH
PANDAWA, JORONG TAROK, KECAMATAN 2 x 11 KAYU TANAM**

FANDI AULIA SYOFYAN

Artikel ini disusun berdasarkan skripsi Fandi Aulia Syofyan untuk persyaratan Wisuda periode
Maret 2018 dan telah direvisi dan disetujui oleh kedua pembimbing.

Padang, November 2017

Pembimbing I



Adree Octova, S.Si, M.T
NIP. 19861028 201212 1 003

Pembimbing II



Yoszi M. Anaperta, S.T, M.T
NIP. 19790304 200801 2 010

IDENTIFIKASI KEBERADAAN AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESITIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DAERAH PANDAWA, JORONG TAROK, KECAMATAN 2 x 11 KAYU TANAM

Fandi Aulia Syofyan¹, Adree Octova², Yoszi Mingsi Anaperta³
Teknik Pertambangan
FT Universitas Negeri Padang
Email : fandisyofyan@gmail.com

Pandawa, Jorong Tarok District 2 x 11 Kayu Tanam is one of the difficult areas of water in Padang Pariaman Regency. One of the causes of the difficulty to meet the water needs is due to unknown groundwater source distribution. The distribution of groundwater in Pandawa is important to know, to know the location of the water source and its subsurface shape, therefore has been conducted research that aims to know the distribution, depth, and type of ground water aquifers in the Pandawa area. This research is a descriptive basic research. Measurements were made using MAE X-612 EM Resistivitymeter as the main instrument. Data is taken using Schlumberger configuration on 3 paths. The results of data analysis are interpreted using Smoothness-Constraint Least Squares Inversion with the help of Res2dinv Software and Voxler 4.0 Software. The result of interpretation of data is the value of rock type resistance and rock depth of research area. The data estimation is done by comparing the actual type of resistance value with the species resistance table and the geology of the research area, so that the water distribution and depth of soil from the soil surface can be obtained. The results of this study indicate that the distribution of groundwater on the parallel track of Trajectory 1 and 2 tends to lead from the North to the South. Groundwater is encountered in the range from 7 - 20 m with a range of resistance values of 6.87 Ω m - 32.6 Ω m.

Keywords: Ground Water, Geolistrik Method, Resistivity, Schlumberger configuration

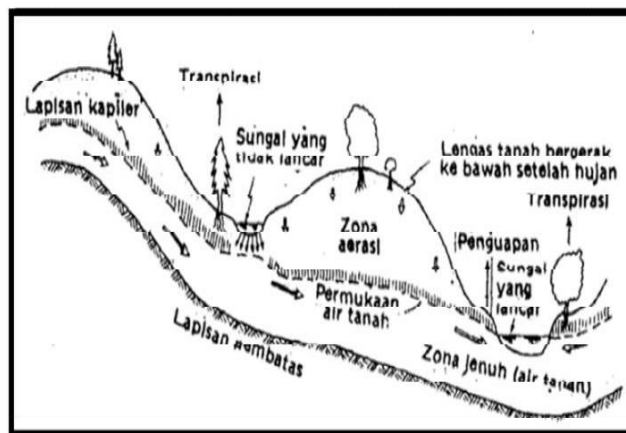
Pendahuluan

Air merupakan salah satu aspek terpenting dalam kehidupan, hal ini dikarenakan seluruh makhluk hidup membutuhkan air untuk mempertahankan hidup. Pada kenyataannya ketersediaan air semakin berkurang terutama pada musim kemarau, banyak daerah di dunia termasuk Indonesia mengalami kekeringan dan kesulitan mendapatkan air. Seperti halnya di daerah Pandawa, pada musim kemarau

penduduk kesulitan untuk mendapatkan air bersih, jika pada musim hujan penduduk masih dapat menampung air hujan untuk digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih, sedangkan pada musim kemarau penduduk harus pergi ke sumber mata air yang jauh dari tempat tinggal. Seiring dengan bertambahnya penduduk dan pengembangan wilayah kebutuhan akan air semakin meningkat baik untuk keperluan

kehidupan sehari-hari manusia, peternakan maupun pertanian. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di daerah Pandawa, pencarian air tanah telah dilakukan oleh masyarakat setempat dengan membuat sumur galian hingga kedalaman hingga 12 meter. Namun pada sumur-sumur tersebut belum ditemukan air tanah bahkan ketika dimusim penghujan. Air tanah merupakan air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah.

Proses terbentuknya air tanah dan system pergerakan air tanah seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model sistem pergerakan air

tanah^[14]

Gambar 1 memperlihatkan model sistem pergerakan air tanah. Air yang meresap kedalam tanah ada yang tertahan oleh partikel penyusun tanah, ada yang diserap oleh tumbuhan, dan ada yang terus meresap ke bawah (tanah). Air yang meresap kedalam tanah bergabung membentuk suatu formasi geologi yang disebut dengan akuifer.

Untuk mengetahui sebaran air tanah maka perlu diketahui keadaan bawah permukaan. Salah satu cara untuk bisa mengetahui kondisi bawah permukaan tersebut adalah melakukan pengukuran geofisika dengan metode geolistrik (Naryanto, 2008: 38). Metode geolistrik merupakan salah satu metode yang cukup banyak digunakan dalam dunia eksplorasi khususnya eksplorasi air tanah. Metode geolistrik resistivitas atau tahanan jenis merupakan jenis metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari

sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan untuk mengetahui nilai tahanan jenisnya. Tahanan jenis merupakan sifat fisika yang menunjukkan kemampuan material dalam menghambat aliran arus listrik. Tahanan jenis pada setiap batuan berbeda – beda.

Pendugaan air tanah dapat dikorelasikan dari beberapa harga tahanan jenis batuan seperti ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Batuan	Tahanan Jenis (Ωm)
Pasir lempungan	30-215
Lempung (basah)	1-100
Tanah berpasir (kering)	80-1050
Tanah (40% lempung)	8
Tanah (20% lempung)	33
Lempung (kering)	50-150
Pasir tufaan	20-100

Tabel 1. Beberapa harga tahanan jenis batuan

Tabel 1 menunjukkan beberapa variasi nilai tahanan jenis pada batuan yang mempengaruhi air tanah. Lempung (kering) memiliki nilai tahanan jenis lebih besar

dibandingkan Lempung (basah). Tabel 2 memperlihatkan nilai tahanan jenis berbagai macam air.

Tabel 2. Nilai tahanan jenis berbagai macam mineral

Mineral	Tahanan Jenis (Ωm)
Precipitation	30 – 1000
Surface waters, in areas of igneous rock	30 – 500
Surface waters, in areas of sedimentary rock	10 – 100
Groundwater, in areas of igneous rock	30 – 150
Groundwater, in areas of sedimentary rock	1 – 100
Sea water	0,2
Drinking water (max. salt content 0,25 %)	>1,8
Water for irrigation and stock watering (max. salt content 0,25 %)	>0,65

(Rosli, 2012: 317)

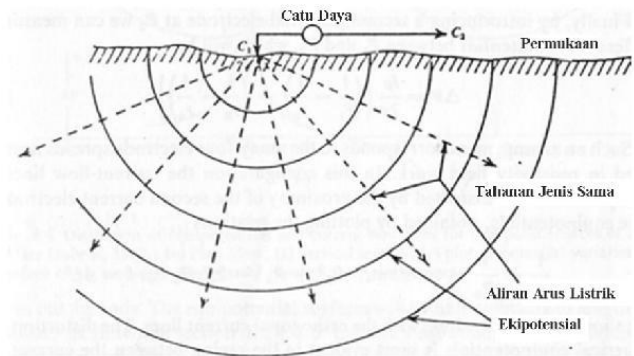
Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa air tanah yang terdapat pada batuan beku memiliki nilai tahanan jenis yang lebih tinggi dibandingkan nilai tahanan jenis air tanah pada batuan sedimen. Kandungan air yang banyak dengan mudah mengantarkan listrik, sehingga tahanan jenisnya semakin kecil. Kondisi material bawah tanah sangat mempengaruhi aliran dan jumlah air tanah.

Batuan yang dapat dijadikan sebagai sumber air tanah adalah batuan yang mengandung ruang – ruang antar butir atau batuan yang mempunyai porositas dan permeabilitas yang tinggi, serta terdapat lapisan batuan *impermeable* (Harry, 2002: 27). Metode Geolistrik merupakan salah satu metode Geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi.

Pada metoda geolistrik tahanan jenis, tahanan jenis batuan di bawah permukaan bumi dipelajari dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus. Beda potensial yang dihasilkan diukur melalui dua buah elektroda lainnya. Berdasarkan uraian tersebut dapat diketahui prinsip kerja dari metoda geolistrik tahanan jenis adalah dengan cara menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus sehingga menimbulkan beda potensial pada elektroda potensial.

Metode Geolistrik tahanan jenis mengasumsikan bumi sebagai medium

homogen isotropis, ketika arus dialirkan dalam bumi, arus listrik akan mengalir ke segala arah dan membentuk bidang equipotensial setengah bola. Aliran arus listrik di dalam bumi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik arus pada permukaan dari medium homogen isotropis (Telford et al, 1976: 635)

Secara umum resistivitas bumi tidak homogeny, berarti resistivitas yang terhitung adalah resistivitas semu (*apparent resistivity*). Nilai resistivitas semu dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

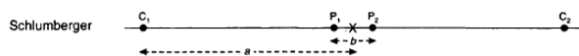
$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Dimana

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

ρ_a merupakan tahanan jenis semu, ΔV adalah beda potensial, I adalah arus dan K adalah factor geometri dari susunan elektroda. Nilai K berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda-elektroda .

Terdapat beberapa macam susunan/konfigurasi elektroda untuk akuisisi data pada resistivitas. Penggunaan konfigurasi – konfigurasi tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing masing bergantung pada keperluan pengguna. Konfigurasi *Schlumberger* memiliki kemampuan untuk mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan dan jangkauannya paling dalam. Adapun susunan konfigurasi schlumberger terlihat pada gambar 3



Gambar 3. Konfigurasi elektroda *schlum - berger* pada akuisisi data

Faktor konfigurasi (k) konfigurasi schlumberger dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$k = \frac{\pi a^2}{b} \left[1 - \frac{b^2}{4a^2} \right], a \geq 5 b \quad (\text{Reynolds, 1997})$$

Interpretasi nilai tahanan jenis semu didapat saat pengukuran dilakukan dengan metode inversi *Smoothness-Constraint Least Squares*. Proses Inversi merupakan proses pengolahan data lapangan melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi nilai fisis bawah permukaan bumi. Metode inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* merupakan metode inversi yang dapat meminimalkan perbedaan antara data lapangan dan model yang diprediksi melalui permodelan 2D. Hasil inversi merupakan model distribusi tahanan jenis material bawah permukaan bumi yang dapat disebut *resistivity pseudosection* atau inverse model *resistivity section* dan model distribusi *chargeability* material bawah permukaan bumi yang dapat disebut *chargeability pseudosection* atau inverse model *chargeability section*.

Metode penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang bersifat deskriptif yang dilakukan di daerah Pandawa, Kecamatan 2x11 Kayu Tanam menggunakan alat *resistivitymeter* MAE X-612 EM. Penelitian ini dilakukan dalam 2 Bulan. Penelitian ini dilakukan dalam 4 beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap Persiapan

Tahap ini penulis melakukan kajian kepustakaan mengenai teori- teori yang mendukung penelitian, survei ke daerah pengukuran atau lokasi pengambilan data untuk menentukan lintasan pengukuran yang akan dilakukan dan mempersiapkan semua alat yang dibutuhkan pada saat pengukuran nantinya.

2. Tahap Perencanaan

Pada tahap ini penulis merancang desain pengukuran yang akan dilakukan. Posisi lintasan pengukuran berdasarkan letak sumur Lintasan pengukuran terdiri dari 3

lintasan. Lintasan 1 dimulai dari koordinat $00^{\circ} 30' 44.8''$ LS dan $100^{\circ} 18' 00.8''$ BT menuju ke arah barat dengan koordinat $00^{\circ} 30' 44,7''$ LS dan $100^{\circ} 17' 58,5''$ BT. Lintasan 2 dimulai dari koordinat $00^{\circ} 30' 40.1''$ LS dan $100^{\circ} 18' 59,3''$ BT menuju ke arah Utara dengan koordinat $00^{\circ} 30' 40,9''$ LS dan $100^{\circ} 18' 04,2''$ BT.

Lintasan 3 memotong lintasan 1 dan 2. Lintasan 3 dimulai dari koordinat $00^{\circ} 30' 33,4''$ LS dan $100^{\circ} 17' 58,5''$ BT menuju ke arah timur dengan koordinat $00^{\circ} 30' 45,9''$ LS dan $100^{\circ} 17' 58,3''$ BT.. Desain pengukuran yang akan dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut:



Gambar. 4 Desain pengukuran di daerah Pandawa. Kecamatan 2 x 11 Kayu Tanam.

3. Tahap Pelaksanaan

Tahap ini akan dilakukan pengukuran atau pengambilan data sesuai dengan rancangan pengukuran yang telah dibuat. Berikut ini langkah kerja yang akan dilakukan saat pengukuran :

- a. Mengukur lintasan pengukuran sesuai dengan panjang lintasan dan spasi elektroda yang telah ditentukan.
- b. Menanam elektroda pada setiap spasi elektroda yang telah ditentukan.
- c. Menghubungkan kabel elektroda pada lintasan tadi dan aki dengan *Resistivimeter*.
- d. Mengaktifkan *Resistivimeter*.
- e. Mengkalibrasi alat *Resistivimeter*.
- f. Memilih metoda pengukuran yang dalam hal ini metoda geolistrik multielektroda dan konfigurasi *schlumberger*.
- g. Melakukan pengukuran.
- h. Data yang diperoleh langsung tersimpan pada *Resistivimeter Main unit*.

4. Teknik Pengolahan dan Interpretasi Data

Parameter yang diukur pada metoda geolistrik resistivitas *rho apparent* atau tahanan jenis semu (ρ_a), *rho apparent* yang didapat selanjutnya diolah menggunakan metoda inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* dengan menggunakan software geofisika untuk mendapatkan nilai tahanan menggunakan perangkat lunak. Hasil dari pengolahan data dengan menggunakan *Res2DInv* berupa penampang *pseudosection* 2D yang memberikan informasi nilai tahanan jenis batuan bawah permukaan tanah daerah penelitian. Nilai tahanan jenis yang diperoleh diestimasi dengan cara membandingkan nilai tahanan jenis sebenarnya dengan geologi daerah penelitian dan tabel tahanan jenis. Hasil akhir dari penelitian ini diketahui sebaran dan kedalaman air tanah. Hasil penampang bawah permukaan ditampilkan dalam bentuk 3D *Software* yang digunakan dalam pemodelan bentuk 3D adalah *software Voxler 4.0*.

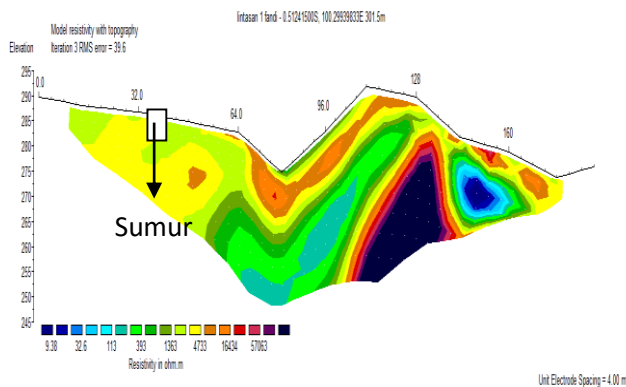
Hasil dan pembahasan

1. Hasil Penelitian

Data yang diperoleh dari pengukuran Geolistrik menggunakan Resistivitymeter MAE X612-EM, terdiri dari beda potensial (V), kuat arus listrik (I), tahanan jenis semu (ρ_a) dan tahanan batuan (ρ). Pengambilan data dilakukan dengan tiga Lintasan pengukuran. Panjang masing – masing lintasan pengukuran adalah 188 m dengan spasi elektroda 4 m. Data yang diperoleh dari masing-masing lintasan sebanyak 450 data.

a. Lintasan 1

Penampang model 2D *resistivity* Lintasan 1 menggunakan inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:

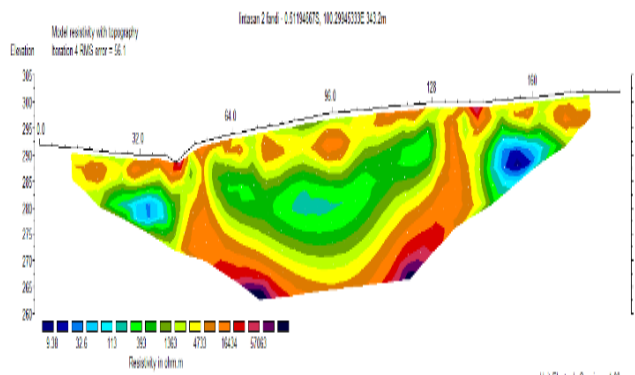


Gambar 5. Penampang Model 2D *Resistivity* Lintasan 1

Gambar 5 menunjukkan penampang model 2D *resistivity* Lintasan 1. Kedalaman maksimum yang dapat dideteksi yaitu 31,5 m. Distribusi nilai *resistivity* berkisar antara 9,36 – 12.300.271 Ω m. Lintasan 1 melewati sebuah sumur warga dengan kedalaman sumur hingga 8 meter, batuan pengisi pada sumur merupakan batuan tuf dan pasir kerikil. Lapisan berwarna biru tua sampai berwarna biru diinterpretasikan sebagai lapisan air tanah dengan rentang nilai tahanan jenis, yaitu 9,38 Ω m – 32,6 Ω m.

Lintasan 2

Penampang model 2D *resistivity* Lintasan 1 menggunakan inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut :

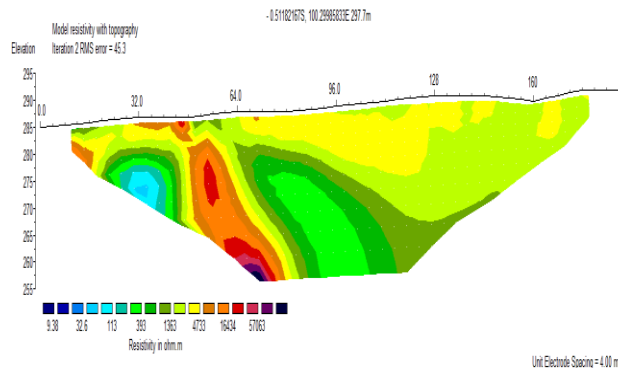


Gambar 6. Penampang Model 2D *Resistivity* Lintasan 1

Gambar 6 menunjukkan penampang model 2D resistivity Lintasan 2. Kedalaman maksimum yang dapat dideteksi yaitu 31,52 m. Distribusi nilai resistivity berkisar antara 6,87 – 270.465,6 Ωm . Lapisan berwarna biru tua sampai berwarna biru diinterpretasikan sebagai lapisan air tanah dengan rentangan nilai tahanan jenis, yaitu 6,87 Ωm – 32,6 Ωm . Kedalaman maksimum air tanah terdapat pada kedalaman 22 m dan kedalaman minimum pada 7 m.

Lintasan 3

Penampang model 2D resistivity Lintasan 3 menggunakan inversi Smoothness-Constraint Least Squares dengan bantuan software Res2dinv dapat dilihat pada Gambar 7.

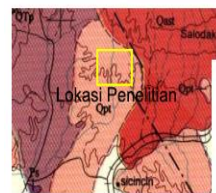


Gambar 7. Penampang Model 2D Resistivity Lintasan 3

Gambar 7 menunjukkan penampang model 2D Resistivity Lintasan 3 yang diperoleh dari hasil iterasi ke 2. Kedalaman maksimum yang dapat dideteksi yaitu 31,5 m. Distribusi nilai resistivity berkisar antara 53,78 – 211.870,1 Ωm .

Pembahasan

Berdasarkan hasil estimasi data pengukuran geolistrik di daerah Pandawa, Jorong Tarok, Kecamatan 2 x 11 Kayu Tanam, dapat disimpulkan bahwa batuan yang terdapat di daerah penelitian ini adalah *Andesite, Tuff*, kerikil pasiran dan *soil*, seperti terlihat pada gambar 8



TUF BATUAPUNG DAN ANDESIT (BASAL) : Tuf batupung umumnya terdiri dari serabai-serabai gelas dan 5 hingga 80% fragmen-fragmen batupung putih (hampir tidak mengandung mineral-mineral mafik), berukuran garis tengah 1 hingga 20 cm, agak kompak. Setempat terdapat lapisan-lapisan pasir yang kaya akan kuarsa, juga lapisan-lapisan kerikil yang terdiri dari komponen kuarsa, batuan gumpahi dan batugamping. Setempat bongkah-bongkah obsidian dan "pitchstone" berwarna kelabu kemerahan sampai kecoklatan baik yang masih segar maupun yang sudah lapuk. Endapan tuf ini mungkin berasal dari erupsi terakhir kaldera Maninjau atau erupsi celah yang hubungannya dengan Jalur Sesar Besar Sumatera (Westerveld, 1953). Hubungan di lapangan menunjukkan bahwa Qbpt terletak di atas Qpt.

Kumpulan batuan bersusunan andesit (basal) terdiri dari aliran-aliran yang tak teruraikan, lahar, fanglomerat dan endapan koluvium yang lain, berasal dari gunungapi strato yang berbentuk kerucut dan kurang mengalami pengikisan, beumur Plistosen sampai Holosen. Biasanya berwarna kelabu gelap, dengan rakstur halus sampai kasar, dengan zona plagioklas berkomposisi An₅₄as, berdasarkan x²⁺ (010) pada sayatan tegak lurus pada (001) untuk plagioklas berwujud tinggi (Troger, 1956; hal. 111), 2 sampai 8% piroksen (baik augit maupun hipersten), 1 sampai 5% magnetit dan jarang terdapat olivin.

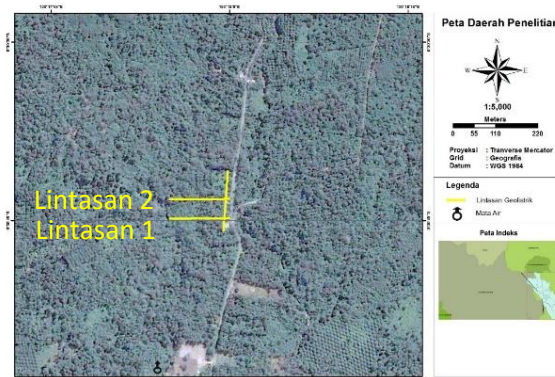
Gambar 8. Geologi daerah penelitian berdasarkan peta geologi lembar Padang, Sumatera

Berdasarkan Peta Geologi lembar Padang, Sumatera. Batuan penyusun daerah

penelitian merupakan tuf batu apung dan andesit (basalt) seperti terlihat pada gambar 9.

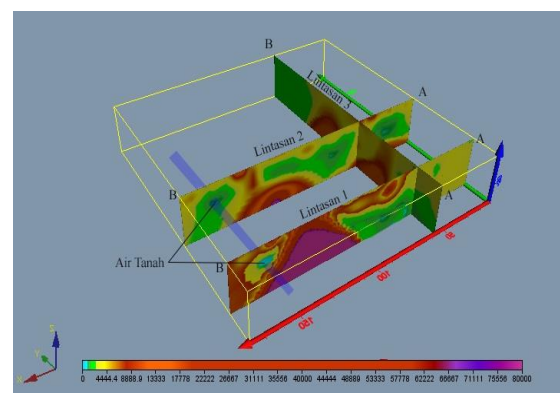
Setelah dilakukan penelitian di daerah tersebut menggunakan metode Geolistrik *resistivitas*, data dianalisis dan diinterpretasikan dengan metode inversi *Smoothness-Constraint Least Squares* dengan menggunakan software *res2divn*. Jenis batuan diinterpretasi dengan menganalisis nilai tahanan jenis dan keadaan geologi.

Dari penampang model 2D tahanan jenis ditafsirkan terdapat 4 jenis batuan yaitu yaitu Andesit, tuf, lapisan Soil, dan lapisan kerikil pasiran. Beberapa jenis batuan sediment merupakan hasil pelapukan batuan Andesit. Formasi pengandung air produktif yang terdapat di daerah penelitian adalah lapisan aquifer yaitu kerikil pasiran. Dari hasil penelitian ditemukan lapisan batuan yang di duga mengandung air tanah dengan resistivitas berada antara 9 – 32,2 Ohm meter.



Gambar 10. Peta daerah penelitian

Lapisan yang mengandung air ditemukan pada lintasan 1 dan 2 pada panjang lintasan ke 160 meter dari titik mulai pengukuran, diduga dari kedua lintasan, lapisan yang mengandung air tersebut merupakan lapisan yang menerus seperti sebuah lorong air, hal ini diperkuat dengan ditemukannya sumber mata air yang keluar searah dengan arah aliran air tersebut, seperti terlihat pada gambar 11.



Gambar 11. Model 2D *Resistivity* pada ketiga Lintasan

Gambar 11 merupakan hasil pengolahan data menggunakan *software Voxler 4,0*. Data yang dimasukkan dalam Pengolahan data pada *software voxler 4,0* merupakan hasil dari inversi dari *software res2divn*. Warna – warna yang ada pada penampang mewakili nilai tahanan jenis batuan penyusun. Warna biru mempunyai tahanan jenis paling rendah dan warna ungu menunjukkan nilai tahanan jenis tertinggi. Dari gambar dapat dilihat interpretasi air tanah pada warna biru dengan resistivitas $6,87 \Omega\text{m} - 32,6 \Omega\text{m}$ yang terdapat pada lintasan 1 dan lintasan 2 yang di estimasi saling terhubung dan merupakan satu jalur air.

Kesimpulan

Berdasarkan nilai tahanan jenis dan keadaan geologi hasil penelitian diidentifikasi terdapat 4 jenis lapisan batuan bawah permukaan di daerah pandawa, jorong tarok kecamatan 2 x 11 Kayu Tanam, yaitu Batuan Soil, Tuf, Andesit, dan lapisan kerikil pasiran. Jenis

akuifer yang ditemukan di lokasi penelitian diinterpretasi sebagai jalur mata air tanah dengan rentangan nilai tahanan jenis $6,87 - 32,6$ yang ditemukan pada lintasan 1 dan 2 mengarah dari utara ke selatan. Keberadaan air tanah pada Lintasan 1 dapat ditemukan pada kedalaman $7 - 22$ m. Lintasan 2 sebaran air tanahnya dapat ditemukan pada kedalaman $7 - 20$ m.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis persembahkan buat kedua orang tua penulis yang selalu memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis. Terima kasih kepada Bapak Adree Octova, S.Si, M.T, dan Ibu Yoszi Mingsi Anaperta S.T, M.T atas saran dan masukan dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada rekan tim Ridho Yovanda, Cici Wulandari, Ahmad Ridho Permana, Randa Saputra, Safril Yadi atas kerja samanya. Terima kasih juga kepada rekan-rekan yang telah membantu selama pengambilan data

Daftar pustaka

- [1]. Akmam dan Nofi Yendri Sudiar. 2013. *Analisis struktur batuan dengan metoda inversi smoothness-constrained least-squ MAE X612-EM Data geolistrik konfigurasi schlumberger di Universitas negeri padang kampus air tawar*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013. Hlm 1-6.
- [2]. Andius, D.P dan Setyanto. 2012. *Model Alat Uji Permeabilitas Lapangan Untuk Jenis Tanah Lempung*. Jurnal Rekayasa, Vol. 16 No 1
- [3]. Arif, Ismul H. Suhendra dan Robinson Alpabet. 2009. *Survei Sebaran Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner Di Desa Banjar Sari, Kecamatan Enggano, Kabupaten Bengkulu Utara*. Jurnal Gradien, Edisi Khusus - Januari 2009 : 22-26
- [4]. Bouwer, H. 1978. *Ground Water Hydrology*. New York:McGraw-Hill. 480 pp. Chay. A. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [5]. Chay. A. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- [6]. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2000. *Pedoman Teknis Evaluasi Potensi Air Bawah Tanah*. Padang
- [7]. Gusfan, Halik. Jojok, Widodo S. 2008. *Pendugaan Potensi Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Kampus Tegal Boto Universitas Jember*. Jember : Universitas Jember.
- [8]. Harian Haluan. 2017. “Kawasan Pendidikan Terpadu Tarok Padang Pariaman” Diperoleh 8 Mei 2017, dari www.harianhaluan.com/amp/detail/64901/kawan-pendidikan-terpadu-tarok-padang-pariaman
- [9]. Harry, Jusron. dkk. (2002). *Pelacaka Anliran Air Bawah Tanah Dengan Metode Geolistrik Di Imogiri Daerah Isitimewa Yogyakarta*. Prosiding – ISBN 979 – 8769 – 11 – 2.
- [10]. Juandi. 2008. *Analisis Air Bawah Tanah Dengan Metode Geolistrik*. *Journal of Environmental Science*.ISSN 1978 5283. Hlm. 48-54.
- [11]. Kemas, A.H. 2009. *Dasar – Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rajawali pers. Kovalevsky, V. S. Kruseman, G. P dan Rushton, K. R. 2004. *Groundwater studies*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP.
- [12]. Kovalevsky, V.S. Kruseman, G. P dan Rushton, K. R. 2004. *Groundwater Studies*. United Nations Educational, Scienfic and Cultural Organization 7, Place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP.
- [13]. Li, Chuanfeng. Wang, Yongji. Deng, Zhixiang dan Wu, Hao. 2009. *Adaptive Dynamic Inversion Robust for BTT Missile Based on Wavelet Neural Network*). *Jurnal. Proc of SPIE* Vol. 7496. Hlm 1-10.
- [14]. Linsley, Ray K. Franzini, Joseph B dan Djoko S (ed). 1989. *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta : Erlangga.
- [15]. Loke, M. H. 2004. *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Di unduh dari www.geotomosoft.com tanggal 17 Desember 2016.

- [16]. Nelson, Stephen A. 2012. *Groundwater*. Tulane University. EENS 1110
- [17]. Ogungbe A.S. Onori E.O. and Olaoye M.A. 2012. *Application of electrical resistivity techniques in the investigation of groundwater contamination: A case study of Ile – Epo Dumpsite, Lagos, Nigeria*. International Journal Of Geomatics And Geosciences. Volume 3, No 1, 2012. ISSN 0976 – 4380
- [18]. Pettijohn, F.J. (1975): Sedimentary rocks. 3rd Ed. Harper & Row, New York
Reynold, John M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. Reynold Geo-Science Ltd. UK.
- [19]. Rosli, Saad. M.N.M, Nawawi dan Edy Tonnizam Mohamad. 2012. *Groundwater Detection in Alluvium Using 2-D Electrical Resistivity Tomography (ERT)*. Vol. 17 [2012], Bund. D
- [20]. Sari, Novita. 2016. *Identifikasi Sebaran Mineral di Daerah Bukik Lantiak Kota Padang Berdasarkan Nilai Chargebility Menggunakan Metode Geolistrik Induced Polarization (IP)*. Padang : Universitas Negeri Padang.
- [21]. Sugito, Zaroh I. Indra, P J. 2010. *Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Daerah Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas, Berkala Fisika ISSN : 1410 – 9662 Vol. 13 , No 2, April 2010, hal 49 -54*
- [22]. Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [23]. Supriyanto. 2012. *Interpretasi Pola Sebaran Air Tanah Di Kawasan Perumahan Tepian Samarinda Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. Mulawarman Scientifie, Volume 11, Nomor 2, Oktober 2012 ISSN 1412- 498X. Hlm. 163-174.*
- [24]. Suryo, Debby Khairunnisa, Supriyanto dan Djayus. 2016. *Studi Sebaran Air Tanah di kelurahan Tanah Merah Kecamatan Samarinda Utara Berdasarkan Resistivitas Batuan*. Prosiding Seminar FMIPA UNMUL, 2016, halaman 1-6.
- [25]. Telford, W.M., Geldart, L.P and Sheriff, R.E. 1976. *Applied Geophysics. Second Edition*. Cambridge University Press, New York.
- [26]. Todd, D. K dan Mays, L. W. 1980. *Groundwater Hidrology*. Jhon Wiley and Sons, New York.
- [27]. Wikipedia. 2017. “Batuan Andesit” Diperoleh 10 Agustus 2017, dari https://id.m.wikipedia.org/wiki/batuan_andesit