

Uji Posisi Sumur Bor Terhadap Akuifer Menggunakan Metode Audio Magnetotelluric (ADMT)

Dio Carpry Gunawan Silalahi¹, I Nengah Simpen^{2*}, I Ketut Putra³, Ni Putu Yuni Nurmallasari⁴, Ida Bagus Made Suryatika⁵, I Gde Antha Kasmawan⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.

Received: 09 September 2023

Revised: 27 December 2023

Accepted: 30 December 2023

Corresponding Author:

I Nengah Simpen

simpen.nengah@yahoo.com

© 2023 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v7i3.21468>

Abstract: Research has been carried out regarding the position test of the drilled well against the aquifer at the Jimbaran Unud Campus on May 12, 2023. The borehole test was carried out using the Audio Magnetotelluric (ADMT) method. To ensure that the water needs of all students at Udayana are met, it is necessary to conduct research on drilled wells at Udayana whether they are suitable for aquifer positions (groundwater). The purpose of this study was to determine the suitability of the position of the drilled well to the aquifer in the ground behind the UNUD Rectorate Building. Based on the interpretation of the results of the research conducted in this paper, the aquifer position sought on line 1 is at a distance of 0-9 m and 21-50 m at a depth of 100-200 m below the ground surface, while on line 2 it is at a distance of 7-50 m at a depth of 100-140 m. Because the position of the Udayana drilled well is at 22.2 m on line 1 and 26.7 m on line 2 with a depth of 74 m, the Udayana drilled well is not yet in the aquifer position sought in this study.

Keywords Groundwater; drilled well; aquifers; audio magnetotulleric (ADMT); resistivity.

Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan pokok yang sangat penting bagi umat manusia karena air merupakan senyawa yang dapat melangsungkan kehidupan dan meningkatkan kesejahteraan manusia. Pembangunan di bidang sumber daya air seperti sumur bor pada dasarnya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air kepada seluruh masyarakat yang bersangkutan (Efendy & Syamsul, 2019). Perkembangan jumlah penduduk yang tinggi dan pembangunan infrastruktur berkelanjutan meningkatkan kebutuhan manusia akan air bersih (Akhirul et al 2020). Air bersih dapat diperoleh dari PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) sedangkan air tanah diperoleh dari sumur bor. Permasalahan sumber air tanah terdiri dari empat hal, yakni kuantitas tidak mencukupi, kualitas buruk, distribusi ruang yang tidak merata, dan ketersediaannya tidak selalu terjamin (Cahyadi, 2012). Luasnya masalah ini sebenarnya tergantung pada karakteristik daerah, seperti kondisi

perairan, ekologi lanskap, keseimbangan air dan aktivitas manusia. Oleh karena itu, analisis potensi secara kualitas dan kuantitas dalam ruang dan waktu menjadi sangat penting (Cahyadi et al, 2017). Ketersediaan air merupakan faktor terpenting bagi keberlangsungan industri dan rumah tangga. Kekurangan air bersih bisa berisiko tinggi memunculkan penyakit dan menurunkan produktivitas masyarakat di rumah tangga, sekolah, universitas, dll. Oleh karena itu diperlukan kebijakan dan tindakan yang terintegrasi untuk mengatasi masalah kekurangan air (Gaib et al, 2016).

Universitas Udayana (disingkat UNUD) adalah sebuah universitas negeri yang terletak di Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali, Indonesia. Untuk menjamin keberlangsungan pembelajaran yang baik, maka pengeboran air penting dilakukan untuk menunjang kebutuhan air bersih di lingkungan Universitas Udayana. Untuk memastikan kebutuhan air seluruh

How to Cite:

Silalahi, D. C. G., Simpen, I. N., Putra, I. K., Nurmallasari, N. P. Y., Suryatika, I. B. M., & Kasmawan, I. G. A. (2023). Uji Posisi Sumur Bor Terhadap Akuifer Menggunakan Metode Audio Magnetotelluric (ADMT). *Kappa Journal*, 7(3), 458-467. <https://doi.org/10.29408/kpj.v7i3.21468>

mahasiswa di Udayana terpenuhi, maka perlu dilakukan penelitian pada sumur bor di Udayana apakah sudah sesuai pada posisi akuifer (air tanah). Penelitian ini dilakukan pada posisi 8.798989 LS dan 115.172323BT, pada ketinggian 73 m dari permukaan laut.

Air tanah adalah air yang menempati ruang pada lapisan geologi dengan jumlah yang cukup. Pada tahun-tahun terakhir ini pengambilan air tanah dilakukan dengan menggunakan teknik yang canggih. Salah satu cara pengambilan air tanah adalah dengan mengebor sumur - sumur dalam yang memiliki kedalaman tanah sampai 200 meter atau lebih, serta memasang pompa-pompa turbin sebagai pemompa air tanah. (Bisri, 2012).

Air tanah merupakan salah satu komponen dalam siklus hidrologi yang terjadi di bumi. Air tanah terbentuk dari air hujan yang meresap ke dalam tanah di daerah resapan air tanah dan mengalir melalui media lapisan batuan yang berperan sebagai lapisan pembawa air di bawah permukaan tanah menuju ke daerah keluaran. Air yang berkumpul di bawah permukaan tanah ini disebut akuifer (Kirsch, 2006).

Ada beberapa pengertian akuifer berdasarkan pendapat para ahli. Todd (1955) menyatakan bahwa akuifer berasal dari bahasa latin yaitu *aqui* dari kata *aqua* yang berarti air dan kata *ferre* yang berarti membawa, jadi akuifer adalah lapisan pembawa air. Herlambang (1996) menyatakan bahwa akuifer adalah lapisan tanah yang mengandung air, di mana air ini bergerak di dalam tanah karena adanya ruang antar butiran tanah. Berdasarkan kedua pendapat, maka dapat disimpulkan bahwa akuifer adalah lapisan bawah tanah yang mengandung air dan dapat mengalirkan air. Hal ini disebabkan karena lapisan tersebut bersifat permeabel yang mampu mengalirkan air baik karena adanya rongga - rongga pada lapisan atau sifat batuan tersebut.

Sebagai lapisan kulit bumi, akuifer membentang sangat luas, membentuk semacam reservoir bawah tanah. Tergantung pada sifat dan posisi dalam siklus air, akuifer bertindak sebagai media penyimpanan dan aliran. Aliran air bawah tanah dapat di bagi menjadi akuifer bebas (*unconfined aquifer*), akuifer terkekang (*confined aquifer*) dan Akuifer terangkat (Kodoatie & Sjarief, 2008).

Metode Audio Magnetotelluric (ADMT) merupakan suatu metode dalam Geofisika yang bekerja berdasarkan gelombang elektromagnetik domain frekuensi (Umbara et al, 2014). Peralatan ADMT merupakan suatu instrumen yang dikembangkan dan dirancang oleh perusahaan AIDU bersama dengan Guilin Institute of Hydrogeological Exploration and Research. Berdasarkan penelitian, desain dan eksplorasi selama lebih dari 40 tahun, metode penghitungan data

yang kompleks dapat direalisasikan melalui ponsel atau komputer tablet untuk menghitung inversi.

Beberapa kelebihan dari peralatan ADMT adalah simpel, akurat, cerdas, efektif dan efisien, dan mutakhir. Simpel artinya cukup berdiri di satu titik untuk mengukur sampai kedalaman 10 m, 20 m 30 m, 100 m, 200 m, 300 m, dan 800 m, 3000 m tergantung model alat yang digunakan, mudah dioperasikan, berbasis android, koneksi via bluetooth, deteksi via Wireless. Akurat artinya alat studi resistivitas berbasis gelombang elektromagnetik domain frekuensi menggunakan Aidu Prospecting Software yg mampu memunculkan beberapa konfigurasi dgn memodifikasi sumber medan (lebih 20 HAK PATEN, ISO-9001, CE EROPA). Cerdas artinya dengan berbagai konfigurasi memudahkan dalam menganalisa, merekonsiliasi dan menginterpretasi hasil pengukuran. Efektif dan efisien artinya operator cukup satu orang, bisa digunakan disegala medan baik lapisan atas berupa beton, jalan aspal, berbatu, berair dan lain-lain karena menggunakan sensor magnetik tanpa harus menancapkan elektroda serta tanpa harus membentangkan kabel, sehingga dapat dipakai pada berbagai topografi medan. Mutakhir artinya data pengukuran dapat disimpan di cloud server, dan bisa diunduh oleh perangkat telepon yg berbeda, sehingga pengukuran di Site dan di Draw (Section) di Head Office (Tamrintamim, 2020)

Metode ADMT merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan medan elektromagnetik (EM) alami sebagai sumber gelombang atau energi untuk mengetahui struktur tahanan-jenis bawah permukaan. Metode yang merupakan metode pengukuran pasif dengan mengukur medan listrik (E) dan medan magnet (H) dalam domain frekuensi dipermukaan bumi. Metode ADMT mampu untuk menyelidiki bawah permukaan dari kedalaman beberapa puluh meter hingga ribuan meter di bawah permukaan bumi.

Berdasarkan (Grandis et al., 2002) sumber sinyal medan elektromagnetik alamiah yang digunakan dibagi menjadi dua berdasarkan besar frekuensi, yaitu:

- Sinyal EM frekuensi rendah (< 1 Hz) bersumber dari fenomena solar wind atau interaksi antara angin matahari dengan magnet bumi.
- Sinyal EM frekuensi tinggi (> 1 Hz) bersumber dari aktivitas meteorology seperti petir.

Metode ADMT secara garis besar memanfaatkan medan elektromagnetik yang mempunyai kolerasi dari hukum Maxwell. Fenomena gelombang elektromagnetik ini dapat diturunkan dari persamaan Maxwell:

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{E} &= -\frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0\end{aligned}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{E}\sigma + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

keterangan:

E: intensitas medan listrik (Volt/meter)

B: induksi medan magnetic (Tesla atau Weber/meter²)

H: intensitas medan magnetik (Ampere/meter)

J: rapat arus listrik (Ampere/m³)

D: perpindahan dielektrik (Coulomb/meter²)

ρ : rapat muatan listrik (Coulomb/m³)

Berdasarkan pada sifat penjaran medan elektromagnetik pada anomali konduktif, kedalaman penetrasi bergantung pada frekuensi yang digunakan serta resistivitas material bawah permukaan. Medan elektromagnetik dengan frekuensi tinggi memiliki daya tembus yang lebih kecil dibanding dengan elektromagnetik yang berfrekuensi rendah. Dapat dikatakan bahwa semakin kecil frekuensi yang digunakan, maka daya penetrasi gelombang elektromagnetik akan semakin dalam. Jangkauan gelombang elektromagnetik menembus material sehingga memiliki intensitas sebesar $1/e$ dari intensitas semula disebut *skin depth*. *Skin depth* merupakan jarak (δ) sepanjang kuat medan listrik teratenuasi oleh $1/e$ dari kuat medan listrik awal (Kadir,2011). *Skin depth* merupakan jarak (δ) sepanjang kuat medan listrik teratenuasi oleh $1/e$ dari kuat medan listrik awal. Selama $e^{\sqrt{\frac{i\omega\mu\sigma}{2}}z} = e^{-1}$ maka *skin depth* dapat dituliskan:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \approx 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{f}}(\text{m})$$

Dapat dilihat bahwa pengaruh resistivitas lebih rendah menyebabkan daya penetrasi yang lebih rendah. Besaran-besaran medan inilah yang diukur dalam metode ADMT sehingga didapatkan resistivitas material (ρ).

Seperti telah dijelaskan di atas bahwa hasil pengukuran ADMT adalah resistivitas batuan (ρ). Air merupakan benda konduktif, maka apabila batuan mengandung air, maka nilai resistivitasnya akan menurun. Resistivitas batuan juga dipegaruhi oleh keadaan lingkungannya.

Pemakaian ADMT dalam menafsirkan akuifer didapat dengan melakukan beberapa kali (minimal enam kali) pengukuran pada suatu lintasan. Hasil pengukurannya kemudian dianalisa dengan program AIDU sehingga menghasilkan kontur resistivitas. Kontur resistivitas inilah yang dianalisa.

Metode

1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di belakang Gedung Rektorat Universitas Udayana Jl. Raya Kampus Unud,

Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Provinsi Bali.



Gambar 1. Tempat penelitian

2. Sumber Data

Data diambil langsung di lapangan dengan cara melakukan pengukuran memakai alat Audio Magnetotellurik (ADMT) untuk mendapatkan gambaran penyebaran akuifer yang ada di kawasan belakang Gedung Rektorat Universitas Udayana.

3 Alat Pengolahan Data

Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data adalah:

- Set alat Audio Magnetotellurik (ADMT) yang terdiri dari alat ADMT type ADMT 300 HT2, untuk melakukan pengukuran.
- Laptop/hp android, untuk perekaman dan analisis data.
- HT, untuk komunikasi saat pengambilan data
- GPS, untuk menentukan titik koordinat pengukuran
- Meteran panjang 50 m, untuk menentukan posisi pengukuran
- Program AIDU, untuk pengolahan data

3. Langkah-langkah Pengambilan Data

Secara umum langkah-langkah pengambilan data primer memakai set alat ADMT 300 HT dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Tentukan target yang akan diukur, dalam hal ini akuifer.
- Perkirakan arah alirannya.
- Buat lintasan pengukuran dalam arah melintang terhadap arah aliran target (akuifer), tentukan juga panjang lintasan, misalkan 50 m, sesuaikan dengan kondisi di lapangan.
- Tentukan titik-titik pengukuran, jarak antar titik misalkan 5 m, sesuaikan dengan kondisi di lapangan. Agar bisa dibuat kontur, pengukuran minimal 6 titik pengukuran
- Persiapan melakukan pengukuran pada titik-titik yang telah ditentukan:
 - Hidupkan alat ADMT dan laptop (Hp Android)
 - Hidupkan Bluetooth masing-masing (alat ADMT dan Hp Android)
 - Buka program AIDU untuk memulai pengukuran.
 - Pasangkan alat ADMT dengan Hp Android lewat Bluetooth

- Seting Hp android yang meliputi: nama file penyimpanan data, jarak masing - masing titik pengukuran, jangkauan kedalaman pengukuran 200 m
- f. Mulai melakukan pengukuran.
- Tempatkan alat ADMT pada titik pengukuran
 - Pada Hp Android setelah pilih menu "New Measurement" Klik menu "Measure" dan tunggu hingga selesai mengambil data
 - Klik "confirm", kemudian lanjutkan dengan menggeser alat ADMT ke titik pengukuran berikutnya. Demikian seterusnya sampai titik terakhir pengukuran

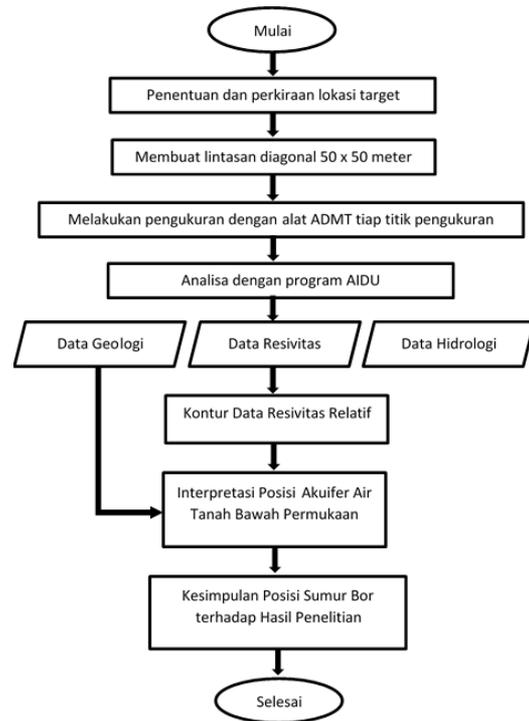
4 Analisis Data

Data yang terukur dianalisis dengan program AIDU sehingga keluar data kontur resistivitas. Langkah-langkah analisis data pada HP Android sebagai berikut:

- a. Setelah selesai proses pengambilan data, langkah selanjutnya adalah menganalisa data dengan program AIDU. Pilih menu "Draw".
- b. Pilih menu "Isoline graph"
- c. Tunggu beberapa saat sehingga muncul kontur resistivitas hasil pengukuran. Kontur resistivitas ini yang dianalisis sehingga didapatkan potensi air tanah.
- d. Interpretasi data hasil pengukuran juga didasari pada data geologi dan data hidrologi daerah pengambilan data.

5. Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah kerja pada penelitian ini secara singkat digambarkan dalam bentuk diagram seperti pada Gambar 2



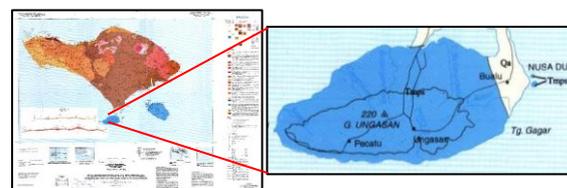
Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Data on the validity of learning devices was obtained from 3 expert validators originating from. The validation results and suggestions from the validator are then used as a basis for improving the learning tools that have been developed.

Hasil dan Pembahasan

1. Keadaan Geologi Daerah Pengambilan Data

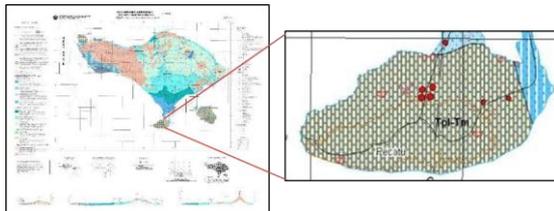
Berdasarkan Peta Geologi Lembar Jawa Timur (Purbo, 1998) keadaan geologi daerah pengambilan data merupakan Formasi Selatan (Tmps). Pada Formasi Selatan batuan sebagian besar berupa batu gamping keras. Formasi Selatan terdapat kandungan fosil berumur Miosen yang terdiri dari *Lepidocyclus*, *Cycloclypeus* Sp, *Operculina* Sp.



Gambar 3 Peta Geologi Bali-Kuta Selatan (Hadiwidjojo, 1971)

2. Keadaan Hidrogeologi Daerah Pengambilan Data

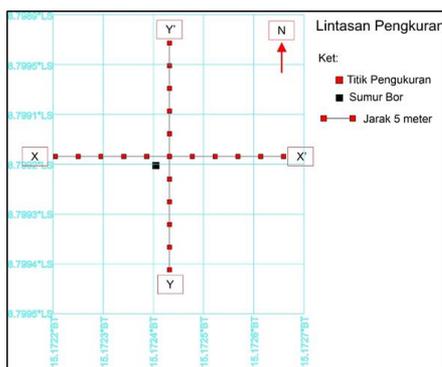
Secara hidrogeologi daerah pengambilan data merupakan daerah Cekungan Air Tanah Nusa Dua. Umumnya akuifer pada Cekungan Air Tanah Nusa Dua merupakan aliran melalui ruang antar butir yang memiliki produktifitas sedang dan penyebaran luas (Sudadi, 2016). Keadaan Hidrogeologi Daerah Pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Peta Hidrogeologi Bali - Kuta Selatan (Sudadi, 1986)

3. Lintasan Pengukuran Pada Daerah Pengambilan Data

Permukaan tanah pada daerah pengambilan data relatif datar, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, telah dibuat dua buah lintasan pengukuran saling tegak lurus yaitu Lintasan 1 (X-X') dan Lintasan 2 (Y-Y'). Panjang masing-masing lintasan adalah 50 m dan jarak masing-masing titik pengukuran adalah 5 m. Lintasan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Lintasan Pengukuran

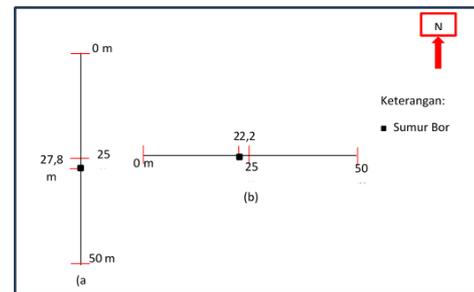
4. Data Resistivitas

Hasil penelitian berupa data besaran resistivitas yang ditampilkan melalui program AIDU. Hasil data resistivitas ditampilkan berdasarkan kedalaman pada tiap titik pengukuran. Pengukuran dimulai dari jarak 0 sampai 50 m dengan rentang 5 m, dimana kedalaman yang diukur dimulai dari 10 sampai 200 m dengan rentang 10 m di bawah permukaan tanah.

5. Posisi Sumur Bor Udayana

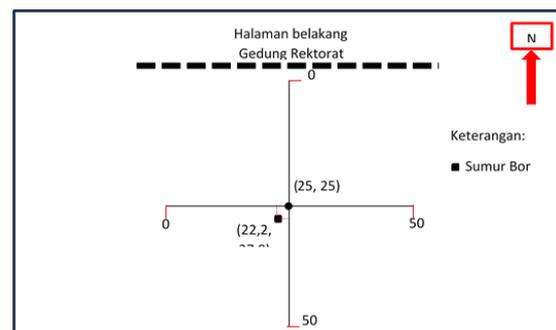
Sumur bor yang di uji pada penelitian ini terletak di belakang Gedung Rektorat Universitas Udayana. Posisi Sumur bor berada pada jarak 22,2 m terhadap

lintasan 1 seperti pada Gambar 6(a). Posisi Sumur Bor berada pada jarak 27,8 m terhadap lintasan 2 adalah. Posisi Sumur Bor dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Lintasan 1(a) dan Lintasan 2(b)

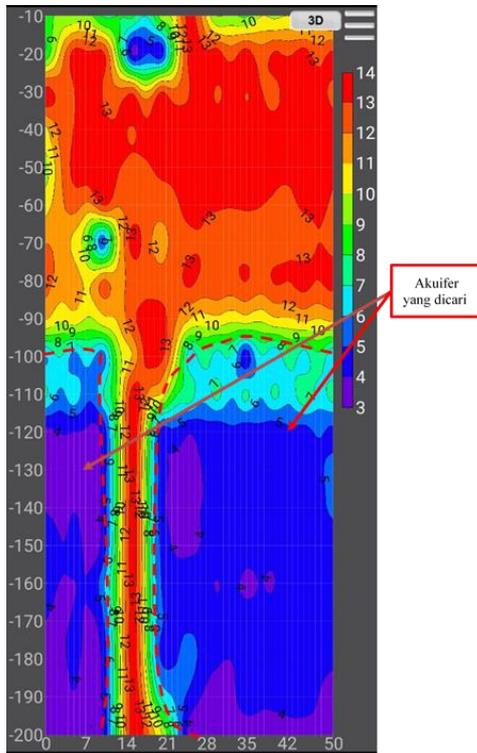
Pada penelitian ini Lintasan 1 (Horizontal) dan Lintasan 2 (Vertikal) saling tegak lurus. Titik temu berada di jarak 25 m pada Lintasan 1 dan Lintasan 2. Posisi Sumur Bor terhadap kedua Lintasan dapat dilihat pada Gambar 7.



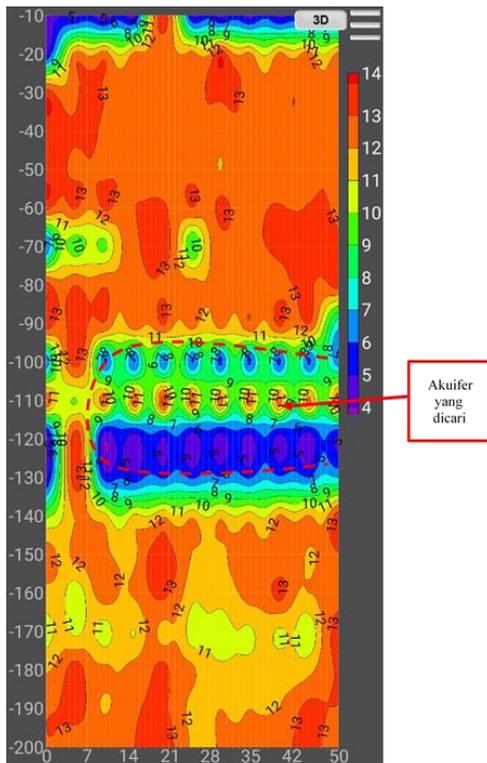
Gambar 7 Posisi Sumur Bor Udayana

6. Interpretasi Kontur Resistivitas Relatif

Posisi akuifer dapat ditafsirkan berdasarkan kontur warna yang dimulai dari warna hijau sampai ke ungu dengan kata lain air dapat ditemukan mulai dari nilai resistivitas 8 (hijau) sampai ke 3(ungu). Akuifer yang di cari dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



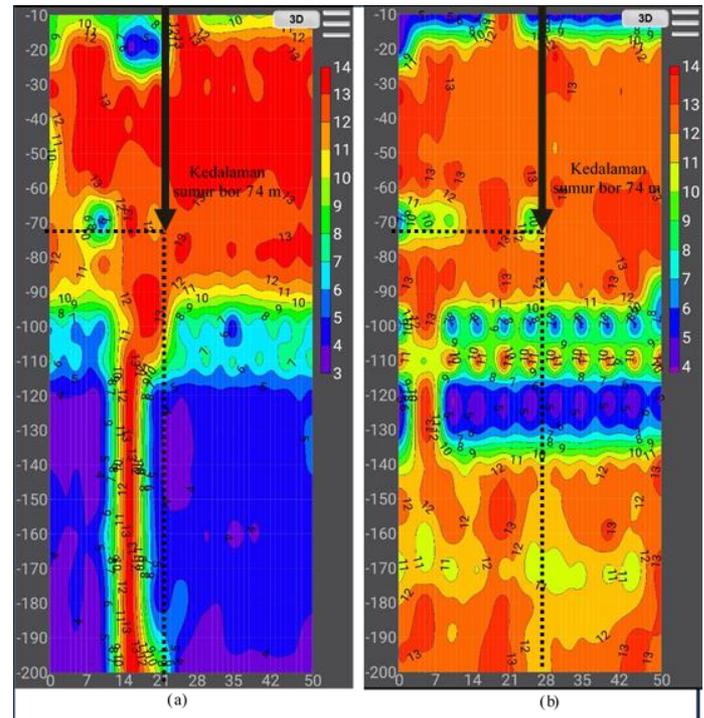
Gambar 8 Interpretasi Kontur Resistivitas Lintasan 1



Gambar 9 Interpretasi Kontur Resistivitas Lintasan 2

7. Posisi Sumur Bor Terhadap Akuifer

Posisi sumur bor pada penelitian ini berada pada jarak 22,2 m terhadap Lintasan 1 dan 27,8 m terhadap Lintasan 2. Sumur bor memiliki kedalaman sampai 74 m berdasarkan pengukuran tukang sumur secara langsung. Posisi sumur bor terhadap akuifer dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10 Posisi Sumur Bor Terhadap Akuifer Lintasan 1(a) dan Lintasan 2(b)

Berdasarkan Gambar 4.9 kedalaman sumur bor berada jauh dari akuifer yang di dapat dari hasil penelitian ini. Jika menambah kedalaman sumur bor lebih dari 20 m dari kedalaman aslinya, maka bisa dipastikan sumber air tanah melimpah berdasarkan hasil penelitian ini.

Kesimpulan

Berdasarkan Interpretasi hasil penelitian yang dilakukan pada makalah ini posisi akuifer yang dicari pada lintasan 1 berada pada jarak 0 - 9 m dan 21 - 50 m di kedalaman 100 - 200 m di bawah permukaan tanah, sedangkan pada lintasan 2 berada pada jarak 7 - 50 m di kedalaman 100 - 140 m. Karena posisi sumur bor Udayana berada di 22,2 m pada lintasan 1 dan 26,7 m pada lintasan 2 dengan kedalaman 70 m, maka sumur bor Udayana belum berada pada posisi akuifer yang dicari pada penelitian ini.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen Program Studi Fisika, Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana yang telah memberikan bantuan, saran, komentar, dan saran pada penulisan dan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhirul, A., Witra, Y., Umar, I., & Erianjoni, E. (2020). *Dampak Negatif Pertumbuhan Penduduk Terhadap Lingkungan Dan Upaya Mengatasinya*. Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan, 1(3), 76-84.
- Bisri, M., 2012. *Air Tanah*. Malang: UPT. Penerbit Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Cahyadi, A. 2012. *Permasalahan Sumberdaya Air di Pulau Karang Sangat Kecil (Studi Kasus di Pulau Pramuka, Kabupaten Kepulauan Seribu, DKI Jakarta)*. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Semarang: Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Cahyadi, A., Marfai, M. A., Murti, S. H., Fatchurohman, H., & Malawani, M. N. (2017). *Karakteristik Akuifer Wilayah Kepesisiran Parangtritis, Kabupaten Bantul*.
- Efendy, I., & Syamsul, D. (2019). *Faktor yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih pada Rumah Tangga di Kecamatan Peudada Kabupaten Bireun*. Jurnal Biology Education, 7(2).
- Gaib, D. T. Y., Tanudjaja, L., & Hendratta, L. A. (2016). *Perencanaan peningkatan kapasitas produksi air bersih ibukota Kecamatan Nuangan*. Jurnal Sipil Statik, 4(8).
- Grandis, H. 2010. *Metode Magnetotellurik (MT)*. Institute Teknologi Bandung. https://hendragrandis.files.wordpress.com/2010/01/mt_teks1.pdf.
- Herlambang, A., 1996. *Kualitas Air Tanah Dangkal di Kabupaten Bekasi*. Bogor : Program Pascasarjana, IPB.
- Kadir, 2011. *Metode Magnetotelluric (MT) Untuk Eksplorasi Panas Bumi Daerah Lili, Sulawesi Barat Dengan Data Pendukung Metode Gravitasi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Kirsch, R. (Ed.). (2006). *Groundwater geophysics: a tool for hydrogeology*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kodoatie, Sjarief, R. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Purbo, H 1998. *Peta Geologi Lembar Bali, Nusa Tenggara*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung
- Sudadi, P. 2016. *Peta Hidrogeologi Indonesia*. Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Tamrintamim, 2020, *Admt Final 2020b*, <https://www.scribd.com/document/497654675/Admt-Final-2020b#> [Diakses tanggal 1 Mei 2023].
- Todd, D. K.1980. *Groundwater Hydrologi*. New York: Jhon Wiley And Sons Inc.
- Umbara, I. G. A. H. J., Utami, P., & Raharjo, I. B. (2014). *Penerapan Metode Magnetotellurik Dalam Penyelidikan Sistem Panas Bumi*. Pertamina Geothermal Energy, 406-419.