

Pendugaan Air Tanah di Lahan Perkebunan Kelapa Sawit Berdasarkan Nilai Resistivitas

Estimation of Groundwater in Oil Palm Plantation Land Based on Resistivity Values

Zulfian^{1*}

¹Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia, 78124

Email: *zulfiantabrani@physics.untan.ac.id

Abstrak – Pendugaan air tanah berdasarkan nilai resistivitas di lahan perkebunan kelapa sawit telah berhasil dilakukan. Metode yang digunakan untuk pendugaan ini adalah metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger. Jumlah lintasan yang digunakan sebanyak 2 lintasan dengan panjang masing-masing 195 meter. Dari hasil inversi, nilai resistivitas lintasan L1 dan L2 sebesar 10,3-607 Ωm . Dari nilai resistivitas tersebut lapisan tanah di kedua lintasan diduga pasir, pasir lempungan, dan lapukan granodiorit. Lapisan pasir diduga sebagai lapisan akuifer yang terdapat air tanah dengan nilai resistivitas 10,3-33,2 Ωm . Air tanah ini diduga berada pada kedalaman 1,25-39,4 m untuk lintasan L1, sedangkan pada lintasan L2 terdapat pada kedalaman 3-24 m. Aliran air tanah mengikuti topografi lintasan masing-masing. Adanya informasi terkait air tanah ini dapat digunakan untuk keperluan perkembangan kelapa sawit maupun sebagai alternatif sumur bor.

Kata kunci: Air tanah; geolistrik; kelapa sawit; model; resistivitas.

Abstract – Groundwater estimation based on resistivity values in oil palm plantations has been successfully carried out. The method used for this estimation is the Wenner-Schlumberger configuration geoelectric method. The number of lines used is two lines with a length of 195 meters each. From the inversion results, the resistivity values of lines L1 and L2 are 10.3-607 Ωm . From these resistivity values, the soil layers in both paths are suspected of sand, clay sand, and granodiorite weathering. The sand layer is alleged to be an aquifer layer containing groundwater with a resistivity value of 10.3-33.2 Ωm . This groundwater is suspected to be at a depth of 1.25-39.4 m for line L1, while in line L2, it is at a depth of 3-24 m. The flow of groundwater follows the topography of each line. The information related to this groundwater can be used for oil palm development or as an alternative to drilled wells.

Keywords: Groundwater; geoelectric; model; oil palm; resistivity.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat telah mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa dekade terakhir, didorong oleh permintaan global yang tinggi terhadap minyak sawit. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kalimantan Barat, luas lahan perkebunan kelapa sawit di provinsi ini mencapai lebih dari satu juta hektar pada tahun 2020, meningkat pesat dibandingkan dekade sebelumnya [1]. Perkembangan ini didukung oleh investasi besar dari perusahaan-perusahaan besar dan kecil, serta program pemerintah yang mendorong ekspansi industri kelapa sawit sebagai bagian dari strategi pembangunan ekonomi regional.

Air tanah memiliki peran krusial dalam mendukung keberlanjutan lahan perkebunan kelapa sawit. Sebagai sumber utama irigasi, air tanah memastikan tanaman kelapa sawit mendapatkan pasokan air yang cukup, terutama selama musim kemarau ketika curah hujan berkurang. Ketersediaan air tanah yang stabil juga membantu menjaga kelembaban tanah, yang penting untuk pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi [2]. Selain itu, penggunaan air tanah yang bijaksana dapat mencegah kerusakan ekosistem sekitar dan mengurangi risiko kekeringan yang dapat merugikan produksi kelapa sawit. Dengan demikian, pengelolaan air tanah yang tepat sangat penting untuk mendukung produktivitas perkebunan kelapa sawit. Selain itu, kontrol air yang baik juga berkontribusi pada konservasi air tanah, memastikan bahwa sumber daya air tetap tersedia dalam jangka panjang untuk kebutuhan perkebunan. Dengan demikian, sinergi antara

pengelolaan air tanah dan kontrol air yang tepat sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan lahan perkebunan kelapa sawit.

Air tanah merupakan sumber daya yang vital dan diperlukan oleh tanaman. Air tanah tersimpan di dalam formasi geologis yang mampu menyimpan dan menghantarkan air dalam jumlah besar yang disebut dengan lapisan akuifer. Akuifer terdiri dari bahan berpori seperti kerikil, karbonat, pasir, dan batuan yang memungkinkan air meresap dan tersimpan di dalamnya. Pentingnya air tanah yang disimpan dalam akuifer tidak bisa diremehkan karena menyediakan pasokan air yang berkelanjutan untuk keperluan domestik, pertanian, dan industri, terutama di daerah yang minim sumber air permukaan. Menurut laporan United States Geological Survey (USGS), akuifer memainkan peran penting dalam siklus hidrologi, di mana air tanah dapat bergerak secara perlahan dan stabil, memastikan ketersediaan air meskipun dalam periode kekeringan [3]. Pengelolaan akuifer yang bijak, termasuk pengisian ulang alami dan buatan serta perlindungan dari kontaminasi, sangat penting untuk menjaga kelestarian sumber daya air tanah ini.

Metode geolistrik resistivitas telah berhasil digunakan untuk mengidentifikasi air tanah oleh peneliti dalam beberapa tahun ini [4–5, 6–17]. Metode ini memiliki sensitivitas yang baik terkait sifat kelistrikan suatu medium. Air tanah memiliki nilai resistivitas yang kecil [18] daripada nilai resistivitas batuan atau tanah sehingga metode geolistrik dapat digunakan untuk eksplorasi air tanah. Nilai resistivitas air tanah 1–100 Ωm [18]. Air tanah di bawah permukaan tanah berada pada lapisan akuifer. Lapisan akuifer air tanah biasanya berupa batugamping [17], pasir [19–21], dan kerikil [21]. Lapisan akuifer ini memiliki porositas dan permeabilitas yang baik sehingga dapat menampung dan meloloskan air tanah. Air yang terdapat pada ruang pori tanah dapat membuat nilai resistivitas tanah bernilai kecil karena air merupakan salah satu konduktor yang baik.

Dari pemaparan latar belakang yang telah disampaikan, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi air tanah dan keberadaannya di daerah perkebunan kelapa sawit menggunakan metode geolistrik resistivitas. Penerapan metode geolistrik diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam identifikasi tersebut. Metode ini dipilih karena memiliki sifat sensitivitas yang baik untuk mendeteksi lapisan tanah yang mengandung air. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan perkebunan kelapa sawit dan mendukung produktivitas kelapa sawit.

2. Landasan Teori

2.1. Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas merupakan metode geofisika yang dapat digunakan untuk menduga lapisan bawah permukaan berdasarkan sifat kelistrikan batuan. Sifat fisis yang menjadi parameter dalam mengidentifikasi lapisan bawah permukaan adalah resistivitas. Metode ini menggunakan empat buah elektroda yang ditancapkan di permukaan tanah. Keempat elektroda tersebut terdiri dari dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial. Susunan elektroda untuk metode geolistrik resistivitas secara umum disajikan oleh Gambar 1a. Elektroda arus pada metode ini berfungsi untuk mengalirkan arus ke dalam tanah. Elektroda ini disimbolkan dengan elektroda C1 dan C2. Arus yang mengalir ke dalam tanah terukur oleh alat geolistrik dan beda potensial antara titik P1 dan P2 juga terukur oleh alat geolistrik. Beda potensial antara titik P1 dan P2 diberikan oleh Persamaan (1),

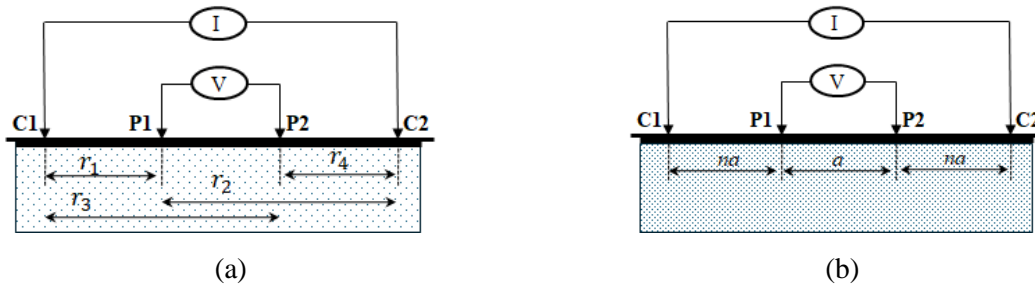
$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (1)$$

dengan ΔV menyatakan beda potensial (V), I adalah arus listrik (A), ρ menyatakan resistivitas bahan (Ωm), dan r merupakan jarak antar elektroda (m).

Salah satu konfigurasi dalam metode geolistrik resistivitas adalah konfigurasi Wenner-Schlumberger. Konfigurasi ini memiliki sensitivitas vertikal yang baik [22]. Susunan elektroda untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger disajikan oleh Gambar 1b. Dari Gambar 1 dan merujuk Persamaan (1), nilai resistivitas semu konfigurasi Wenner-Schlumberger ditulis menjadi Persamaan (2).

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

ρ_a menyatakan resistivitas semu dalam Ωm dan n adalah rasio antara jarak elektroda C1-P1 dengan jarak elektroda P1-P2, a adalah spasi elektroda terkecil (m) atau antara elektroda P1-P2.



Gambar 1. Susunan elektroda: (a) metode geolistrik resistivitas secara umum, dan (b) konfigurasi Wenner-Schlumberger.

2.2. Resistivitas batuan

Resistivitas batuan adalah kemampuan suatu batuan untuk menghambat arus listrik. Nilai resistivitas batuan yang kecil menunjukkan bahwa batuan tersebut mudah menghantarkan listrik. Begitu sebaliknya, jika batuan memiliki nilai resistivitas yang besar, maka batuan tersebut sulit menghantarkan listrik. Nilai resistivitas batuan disajikan oleh Tabel 1. Nilai resistivitas batuan ini menjadi rujukan dalam interpretasi lapisan bawah permukaan tanah pada penelitian ini.

Tabel 1. Resistivitas batuan dan tanah.

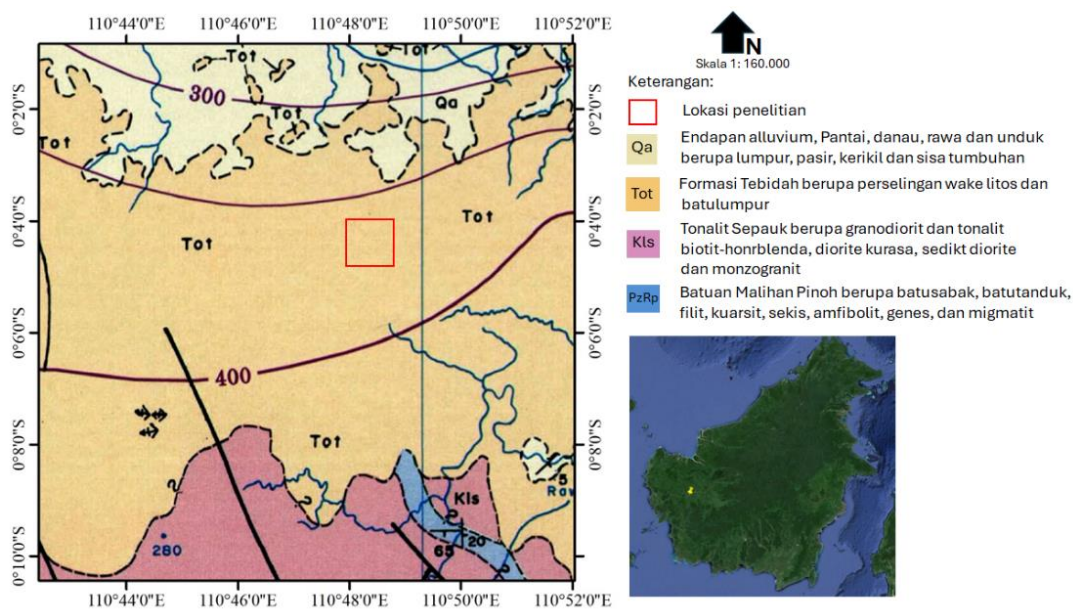
No	Nama batuan/ tanah	Nilai resistivitas (Ωm)
1	Pasir	1-1000 ^a
2	Lempung	1-100 ^a
3	Air tanah	1-100 ^a
4	Pasir lempungan	30-215 ^b
5	Granodiorit	660-790 ^c

^a dari ref [23], ^b ref [24], dan ^c ref [25].

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi penelitian

Penelitian berada di lahan perkebunan kelapa sawit di Desa Tinting Boyok Kabupaten Sekadau, Provinsi Kalimantan Barat. Daerah penelitian berada pada formasi geologi Formasi Tebidah (Gambar 2). Formasi ini berupa perselingan wake litos dan batulumpur [26]. Daerah penelitian berupa daerah perbukitan.

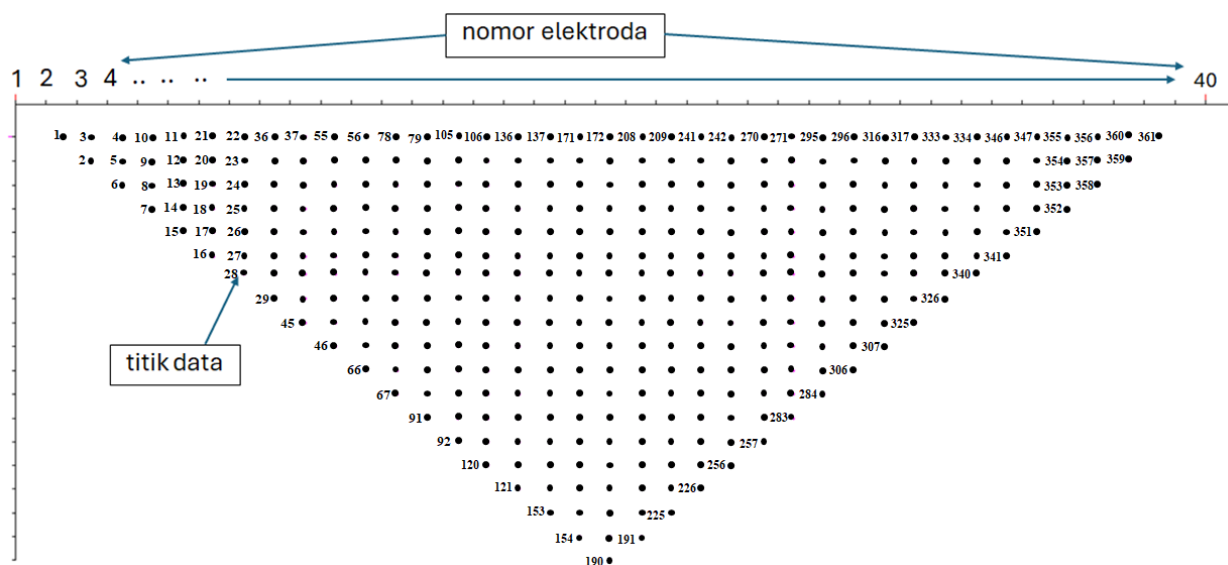


Gambar 2. Lokasi penelitian dan geologinya [26].

3.2. Akuisisi Data Lapangan

Alat yang digunakan untuk mengambil data geolistrik adalah Automatic Resistivity Meter (ARES). Alat ini memiliki spesifikasi arus maksimum yang dapat mengalir sebesar 5 A dan daya maksimum bisa mencapai 850 W. Alat ini secara otomatis merekam hasil pengukuran berupa arus listrik, beda potensial dan nilai resistivitas semu. Alat ini memiliki transmisi pembacaan arus 0,1 s [27].

Pada penelitian ini, lintasan dibuat sebanyak 2 buah lintasan. Lintasan berada di lahan perkebunan sawit. Kedua lintasan dibuat sepanjang 195 meter dengan spasi elektroda 5 meter. Panjang lintasan ini dibuat untuk memperoleh kedalaman air tanah yang kurang dari 40 m. Spasi elektroda 5 meter dibuat agar bisa mendeteksi air tanah minimal untuk kedalaman 1,25 m. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Wenner-Schlumberger. Pada penelitian ini, jumlah elektroda yang ditancapkan ke dalam tanah berjumlah 40 buah elektroda. Setiap elektroda yang tertancap tersebut dihubungkan dengan kabel penghubung ke *main unit* ARES. Jika elektroda sudah terhubung semuanya dan dicek secara otomatis, ARES akan menginjeksikan arus ke dalam tanah dan merekam arus yang mengalir di dalam tanah dan beda potensial antara titik P1 dan P2 untuk setiap data pengukuran. Data yang terukur pada penelitian ini berjumlah 361 data dan titik data serta urutan pengambilan datanya untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger disajikan oleh Gambar 3. Angka 1 pada data menunjukkan urutan pertama pengambilan data geolistrik hingga data ke 361 diukur terakhir. Setiap pengambilan setiap data untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger, elektroda dipindahkan merujuk Gambar 1b.



Gambar 3. Stacking chart data geolistrik dengan panjang lintasan 195 m dan spasi elektroda 5 m.

Alat ARES akan menghitung secara otomatis nilai resistivitas dan ditampilkan pada layar main unit ARES. Perhitungan nilai resistivitas semu ini merujuk kepada Persamaan (2). Data elevasi setiap elektroda juga dicatat dan ditentukan dari beda tinggi antar elektroda. Penentuan beda tinggi ini menggunakan waterpass. Data elevasi ini digunakan untuk menggambarkan topografi lintasan yang dibuat dan untuk menganalisis aliran air tanah.

3.3. Pemodelan dan Interpretasi Data

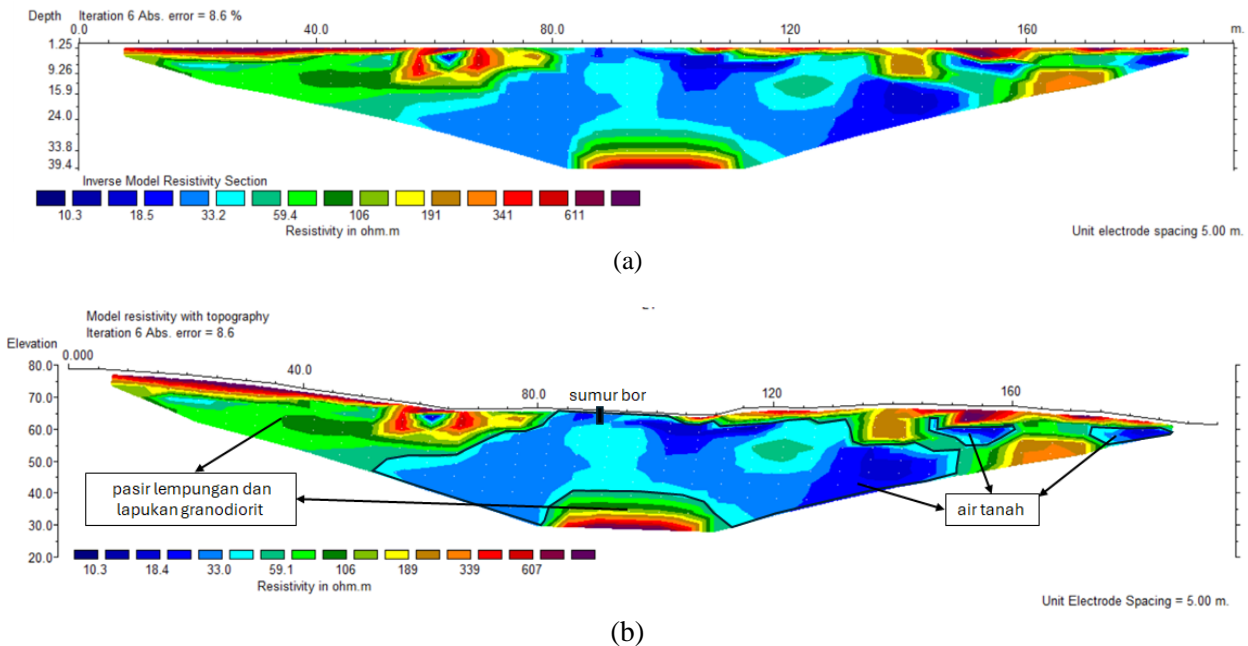
Pemodelan yang dilakukan berupa pemodelan kebelakang (*inverse modelling*). Metode inversi yang digunakan adalah metode Gauss Newton. Kelebihan dari metode ini adalah memperoleh nilai yang konvergen dengan cepat [28]. Dari proses inversi ini diperoleh model 2D berupa penampang resistivitas. Untuk memperoleh model yang terbaik, pada pemodelan ini dilakukan proses iterasi hingga eror yang diperoleh data kalkulasi mendekati data observasi. Dalam pemodelan ini, data observasi berupa nilai resistivitas semu.

Interpretasi dilakukan merujuk kepada kondisi geologi regional dan nilai resistivitas batuan (Tabel 1). Interpretasi ini juga merujuk kepada kedalaman sumur bor yang terdapat di daerah penelitian. Kedalaman

sumur bor menandakan bahwa air tanah di lokasi penelitian telah ditemukan. Sumur bor ini terdapat pada lintasan L1.

4. Hasil Dan Pembahasan

Penampang resistivitas 2D merupakan sebaran nilai resistivitas yang terdapat di bawah permukaan hasil inversi. Nilai resistivitas yang diperoleh ini diinterpretasi berdasarkan nilai resistivitas dan geologi regional daerah penelitian.



Gambar 4. (a) Penampang resistivitas lintasan L1 tanpa data topografi dan (b) interpretasi penampang resistivitas disertai dengan data topografi.

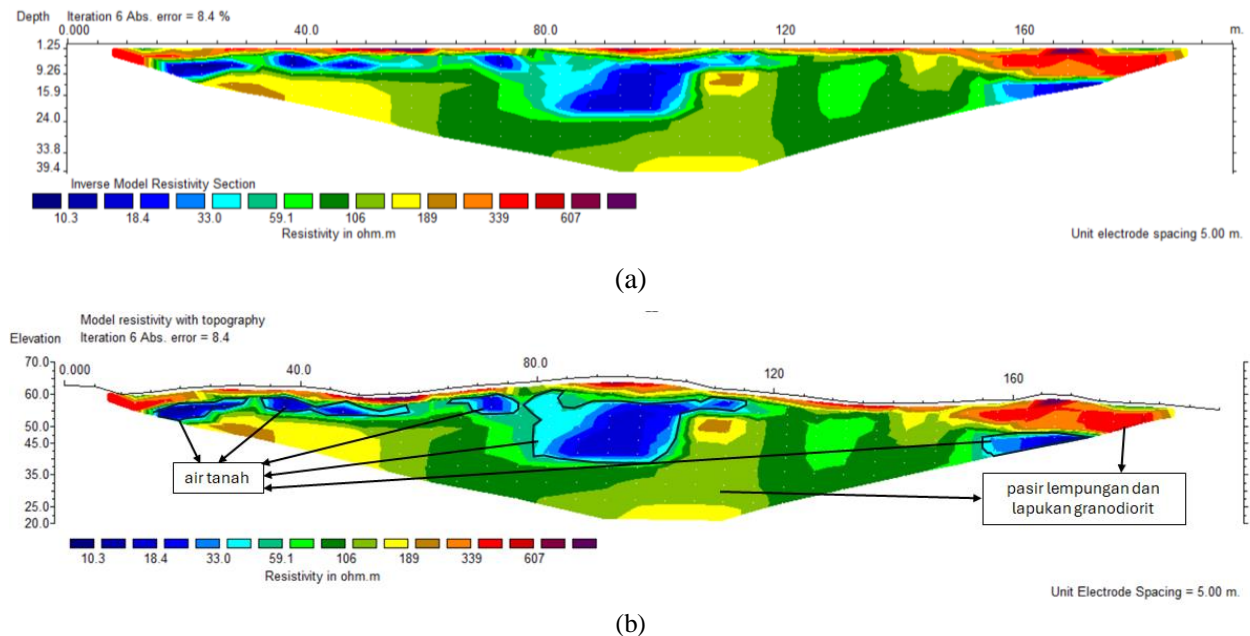
Dari proses inversi yang telah dilakukan, model yang diperoleh memperoleh error <10%. Penampang resistivitas L1 memiliki error 8,6% dengan iterasi 6 kali (Gambar 4), sedangkan lintasan L2 dilakukan iterasi sebanyak 6 kali dan memperoleh error sebesar 8,4% (Gambar 5). Model ini diyakini dapat merepresentasikan lapisan sebenarnya yang terdapat pada daerah penelitian.

Lintasan L1 dan L2 berada pada Formasi Tebidah. Dari nilai resistivitas, lapisan tanah pada lintasan L1 dan L2 diduga sebagai lapisan pasir, pasir lempungan dan lapukan granodiorit. Lapisan pasir ini diduga memiliki nilai resistivitas sebesar 10,3-33,2 Ω m. Lapisan pasir lempungan diduga memiliki nilai resistivitas 59,4-106 Ω m. Lapisan ini diduga sebagai lapisan yang kurang permeabel. Berdasarkan observasi lapangan, daerah penelitian terdapat pasir dan pasir lempung yang disajikan oleh Gambar 4 dan 5. Lapisan yang lainnya adalah lapisan lapukan granodiorit. Lapisan ini diduga memiliki nilai resistivitas 189-607 Ω m.

Air tanah pada lintasan L1 dan L2 diduga berada pada lapisan pasir dengan nilai resistivitas (10,3-33,2) Ω m (Gambar 4 dan Gambar 5). Nilai resistivitas yang rendah menunjukkan bahwa lapisan pasir ini tersaturasi air. Air tanah memiliki ion-ion yang berpengaruh signifikan terhadap nilai resistivitas air tanah tersebut. Semakin banyak ion terlarut dalam air tanah, semakin rendah nilai resistivitasnya [29]. Hal ini karena ion-ion tersebut memfasilitasi pergerakan arus listrik melalui medium air tanah. Sebaliknya, air tanah dengan sedikit ion terlarut akan memiliki resistivitas yang lebih tinggi, karena kemampuan air untuk menghantarkan listrik berkurang. Daerah yang memiliki nilai resistivitas rendah menunjukkan tempat akumulasi air tanah karena di tempat tersebut terakumulasinya konsentrasi ion-ion air tanah.

Lapisan pasir diduga sebagai lapisan akuifer karena memiliki porositas dan permeabilitas yang bagus dan tergolong cukup permeabel [30]. Lapisan ini dapat meloloskan air tanah dengan baik sehingga dapat menjadi tempat akumulasinya air tanah di bawah permukaan tanah. Air tanah pada lintasan L1 diduga berada pada kedalaman (1,25-39,4) meter. Pada lintasan L1 ini, terdapat sumur bor pada jarak 90 meter dari awal lintasan. Sumur bor ini memiliki kedalaman 8 m dan sudah terdapat air tanah. Dari observasi lapangan, ketinggian muka air tanah di sumur bor ini pada saat pengambilan data lapangan adalah 0,5

meter. Warga menyampaikan pengeboran dihentikan karena sudah menemukan air tanah dan pada kedalaman tersebut bertemu dengan batu. Dari interpretasi ini, pada kedalaman tersebut diduga ada batu kerikil yang dikelilingi oleh lapisan pasir. Lapisan pasir dan kerikil ini diduga sebagai lapisan akuifer pada lintasan L1. Hasil pemodelan dan interpretasi yang dilakukan cocok dengan hasil sumur bor. Lapisan yang berisi air tanah ini diduga mulai terdapat dari jarak (50-185) meter. Nilai resistivitas ini menjadi rujukan untuk mengidentifikasi air tanah pada lintasan L2. Air tanah pada lintasan L2 terdapat pada kedalaman (3-24) meter yang diduga mulai terdeteksi dari jarak (20-180) meter (Gambar 5). Aliran air tanah ini dikontrol oleh topografi pada lintasan L1 dan L2. Pada kedua lintasan, terlihat aliran air tanah mengikuti topografi lintasan L1 maupun L2. Hal ini disebabkan karena daerah penelitian berupa daerah perbukitan. Air tanah ini diduga berada pada lapisan akuifer bebas.



Gambar 5. (a) Penampang resistivitas lintasan L2 tanpa data topografi dan (b) interpretasi penampang resistivitas disertai dengan data topografi.

Air tanah yang terdapat di lintasan L1 dan L2 yang teridentifikasi tergolong air tanah dangkal memiliki kedalaman kurang dari 50 meter [31]. Air tanah dangkal merupakan sumber air yang terletak pada kedalaman yang relatif dekat dengan permukaan tanah, umumnya berada di zona freatik atau lapisan akuifer bebas. Air tanah dangkal biasanya berperan penting dalam suplai air bagi pertanian atau perkebunan [32], kebutuhan domestik [33], dan ekosistem setempat. Kualitas dan kuantitas air tanah dangkal sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti curah hujan, jenis tanah, dan penggunaan lahan. Pemantauan yang rutin dan manajemen yang tepat diperlukan untuk memastikan ketersediaan air tanah dangkal yang berkelanjutan, terutama di daerah yang menghadapi aktivitas pertanian intensif.

5. Kesimpulan

Air tanah yang memiliki nilai resistivitas sebesar 10,3-33,2 Ω m yang berada lapisan pasir sebagai lapisan akuifer. Lapisan ini memiliki porositas dan permeabilitas yang baik. Air tanah ini diduga berada pada kedalaman 1,25-39,4 m untuk lintasan L1 dan pada lintasan L2 sedalam 3-24 m. Air tanah pada daerah penelitian tergolong terdapat pada daerah akuifer dangkal. Air tanah ini mengalir ke dalam tanah dipengaruhi oleh topografi. Air tanah ini dapat dimanfaatkan oleh tanaman kelapa sawit untuk bertumbuh dan berkembang.

Ucapan Terima Kasih

Saya ucapkan terima kasih kepada Muhammad Amrul Rasydin, Jeremi, Nouval Omar Batistuta, Sanjaya Indra Purba, dan Felas karena telah membantu dalam proses pengambilan data.

Pustaka

- [1] Badan Statistik Kalimantan Barat, Statistik Perkebunan Provinsi Kalimantan Barat, Pontianak, 2021.
- [2] Ilamsyah, Jawahir dan M. Akhyar, Pemanfaatan Alat Pendeteksi Kelembaban Tanah dan Suhu Pohon Mangrove Berbasis IoT, *J. Tek. Inform.*, vol. 8, 2022, pp. 59–66.
- [3] United States Geological Survey, Groundwater and Aquifers., 2019. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/aquifers-and-groundwater>. [Cited 2024 July 8].
- [4] D.K. Singh and N. Kishore, Geoelectrical Sounding to Identify Sub-surface and Groundwater State at Village Banauli, Singrauli District, Madhya Pradesh, India, *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, vol. 21, 2022, pp. 1639–1647.
- [5] W. Wilopo, M.H. Rachman and D.P.E. Putra, Assessment of Groundwater Resources Potential using Geoelectrical Method and Slug Test in Tegal District, Central Java Province, Indonesia, *E3S Web Conf.*, vol. 200, 2020, pp. 1–5.
- [6] I.F. Krisnasiwi, The Mapping of Potential Ground Water using Geoelectrical Measurement of Schlumberger Configuration method in Malata Village, Tana Righu Sub-District, West Sumba District, East Nusa Tenggara Province, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2017, 2021, pp. 1–10.
- [7] A. Syafnur, H. Jibrani, W.D. Tonapa, *et al.*, Investigation of Groundwater Aquifer using Electrical Resistivity Method Wenner-Schlumberger Array Mattoangin Village, Bantimurung District, Maros Regency, *J. Geoelebes*, vol. 7, 2023, pp. 89–98.
- [8] N. Sulaiman, N.A. Ariffin, M.S. Sulaiman, *et al.*, Groundwater Exploration using Electrical Resistivity Imaging (ERI) at Kemahang, Tanah Merah, Kelantan, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1102, 2022, pp. 1–6.
- [9] A.I. Ammar, A.S.A. Abu El-Ata, A.A. Mustafa, *et al.*, Specifying of Aquifer Characteristics using Forward and Inverse Modeling of DC-resistivity and TEM methods, *Heliyon*, vol. 7, 2021, pp. 1–16.
- [10] Y. Febriani, R.A. Rohman, A. Asra, *et al.*, Determination of Groundwater using Geoelectric Methods: Schlumberger Configuration in Rokan Hulu Regency, *J. Ilm. Pendidik. Fis. Al-Biruni*, vol. 8, 2019, pp. 141–152.
- [11] I.K. Sukarasa and I.B.A. Paramarta, Identification of the Groundwater Existence by Geoelectrical Method, *Int. J. Phys. Sci. Eng.*, vol. 4, 2020, pp. 36–42.
- [12] M.P. Hadi, R. Salam and R. Achmad, Groundwater Resources Mapping for Small Island using Geoelectrical Technique the Case Study of Ternate Island, Indonesia. *J. Geogr.*, vol 51, 2019, pp. 49–53.
- [13] F. Fatimah, A.H.F. Rizqi and W.M.B. Yudhana, Aquifer Mapping Based on Stratigraphic and Geoelectrical Data Analysis in Bedoyo Region, Gunung Kidul Regency, Yogyakarta Special Region, *Ris. Geol. dan Pertamb.*, vol. 31, 2021, pp. 13–26.
- [14] N.R. Yanti, F. Arlius, Rusnam, *et al.*, Geoelectrical Investigation the Depth of Groundwater Potential for Irrigation of Paddy Fields, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 515, 2020, pp. 1–7.
- [15] I.T. Wiati and E. Wahyuningsih, View of Geoelectric Method for Groundwater Identification in Pangkalarang. *J. Civ. Eng. Plan.*, vol. 4, 2023, pp. 269–276.
- [16] J.S. Ejepu, M.O. Jimoh, S. Abdullahi, *et al.*, Geoelectric analysis for Groundwater Potential Assessment and Aquifer Protection in a Part of Shango, North-Central Nigeria, *Discov. Water*, vol. 4, 2024, pp. 1–26.
- [17] D.A. Dayani, W. Wilopo and I. Azwartika, Geoelectric Methods for Groundwater Exploration in the Food Estate Area of Central Sumba Regency, East Nusa Tenggara, Indonesia, *Int. Conf. Sustain. Built Environ.*, vol. 4, 2022, pp. 127–137.
- [18] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 2528:2012 Tata Cara Pengukuran Geolistrik Wenner untuk Eksplorasi Air Tanah*, 2012.
- [19] D. Darisma, F. Fernanda and M. Syukri, Investigation of Groundwater Potential using Electrical Resistivity Method and Hydraulic Parameters in Lam Apeng, Aceh Besar, Indonesia., *J. Geosci. Eng. Environ. Technol.*, vo. 5, 2020, pp. 185–190.
- [20] W. Moulahoum, T. Stigter and M. Hulshof, Sand River Aquifers as a Nature-based Solution of Water Storage for Food Production: the Example of the Shashane River in Southwest Zimbabwe., *Geophys. Res. Abstr.*, vol. 21, 2019 pp. EGU2019-17440-1.
- [21] F. Baechler, The Geology and Hydrogeology of Springs on Cape Breton Island, Nova Scotia: an overview, *Atl. Geol.*, vol. 55, 2019, pp. 137–161.

- [22] M.H. Loke, *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*, 2024. <https://www.geotomosoft.com/downloads.php>. [Cited 2024 August 20].
- [23] W.M. Telford, L.P. Geldart and R.E. Sheriff, *Applied Geophysics*, 2nd ed., New York: Cambridge University Press, 1990.
- [24] A.R. Asif, S.S. Ali, N. Noreen, *et al.*, Correlation of Electrical Resistivity of Soil with Geotechnical Engineering Parameters at Wattar Area District Nowshera, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan, *J. Himal. Earth Sci.*, vol. 49, 2016, pp. 124–130.
- [25] M.A. Massinai, Model of Vertical Resistivity Distribution of Rock Layers in Jeneberang Watershed, *Int. J. Basic Appl. Sci. IJBAS-IJENS*, vol. 10, 2010, pp. 151–161.
- [26] P. Sanyoto dan P.E. Pieter, *Peta Geologi Lembar Pontianak/ Nanga Taman Kalimantan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1993.
- [27] GF Instruments, *Advanced Multi-Channel Applications: Automatic Resistivity & IP System*, 2000.
- [28] M. Triyanto, A. Andriyati, I. Kamila, *et al.*, Pemodelan Pengaruh Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar Dengan Indeks Harga Saham Gabungan Kompas 100 Menggunakan Metode Gauss Newton, *J. Jendela Mat.*, vol. 2, 2024, hal. 1–10.
- [29] Khairunnas dan M. Gusman, Analisis Pengaruh Parameter Konduktivitas, Resistivitas dan TDS Terhadap Salinitas Air Tanah Dangkal pada Kondisi Air Laut Pasang dan Air Laut Surut di Daerah Pesisir Pantai Kota Padang, *J. Bina Tambang*, vol. 3, 2018, hal. 1751–1760.
- [30] Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, *Modul Geologi dan Hidrogeologi: Pelatihan Perencanaan Air Tanah*, Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2019.
- [31] P. Rubiantoro dan M. Bisri, Identifikasi Sebaran Lapisan Akuifer Dangkal di Kecamatan Pakis Kabupaten Malang, *J. Tek. Pengair.*, vol. 13, 2022, hal. 116–127.
- [32] A. Haryanto, Suharyadi dan B. Lanya, Pemanfaatan Air Tanah Dangkal untuk Irigasi Padi Menggunakan Pompa Berbahan Bakar LPG, *J. Keteknikan Pertan.*, vol. 5, 2017, pp. 291–226.
- [33] E. Setiawati, P.K. Suprpto dan N. Sunaedi, Pemanfaatan Air Tanah Dangkal Untuk Memenuhi Kebutuhan Domestik Masyarakat Di Sekitar TPA Sampah Kota Banjar, *J. Geogr. Educ. Univ. Siliwangi*, vol. 3, 2022, hal. 61–65.