APCP
Applied Physics of Cokroaminoto Palopo

Identifikasi Akuifer Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Balandai Kota Palopo

Elni[1)], Aryadi Nurfalaq[1*)], Rahma Hi. Manrulu[1)]
[1)] Program Studi Fisika Fakultas Sains Universitas Cokroaminoto Palopo, Indonesia

Email korespodensi : aryadinurfalaq@yahoo.co.id

ABSTRACT–This research aims to determine the distribution and depth of groundwater aquifers in Balandai Village, Palopo City using the Schlumberger configuration resistivity geoelectric method. The method used in this research is the Schlumberger configuration electrical resistivity method with a quantitative descriptive approach. This research started from a literature study then carried out a location survey and finally data collection, carried out from April to June 2022. This research was carried out at 5 track points where the location indicated as a location containing an aquifer was track 1 with a depth of 2,086-10. 03 meters, track 4 at a depth of 4,576 meters and track 5 at a depth of 2.21- 5,552 meters.

ABSTRAK-Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran dan kedalaman akuifer air tanah di Kelurahan Balandai Kota Palopo dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger.* Adapun metode yang digunakan dalam penelitin ini yaitu metode geilistrik resistivitas konfigurasi schlumberger dengan pendekatan deskriptif kuantitatif. Penelitian ini dimulai dari studi literatur kemudian melakukan survey lokasi dan yang terakhir pengambilan data, dilaksanakan pada bulan april sampai bulan juni 2022 Pada penelitian ini dilakukan pada 5 titik lintasan dimana lokasi yang terindikasi sebagai lokasi yang mengandung akuifer berada lintasan 1 dengan kedalaman 2,086-10,03 meter, lintasan 4 pada kedalaman 4,576 meter dan lintasan 5 pada kedalaman 2,21- 5,552 meter.

Kata Kunci: akuifer, geolistrik, *schlumberger*

PENDAHULUAN

Kelurahan Balandai merupakan salah satu daerah yang berada dalam wilayah Kecamatan Bara, Kabupaten Kota Palopo Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis Kelurahan Balandai di Sebelah Utara berbatasan dengan Kelurahan Temmalebba. Sebelah Timur berbatasan dengan Teluk Bone. Sebelah Selatan Berbatasan dengan Kelurahan Salobulo Kecamatan Wara Utara. Sebelah Barat berbatasan dengan Kelurahan Battang Kecamatan Wara Barat. Kelurahan Balandai terdiri dari daratan, pegunungan dan pantai dengan titik koordinat yaitu 2°57'58.9"LS - 120°10'49.3"BT. Kelurahan Balandai terdiri dari 5 RW dan 17 RT dan memiliki luas wilayah 5,6 km2 atau 560 ha dengan jumlah penduduk keseluruhan mencapai 5.057 jiwa (BPS Kota Palopo, 2021).

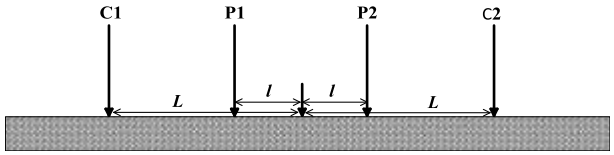
Berdasarkan survey awal yang dilakukan di Kecamatan Bara, diperoleh bahwa terdapat banyak fasilitas baik fasilitas pendidikan yang terdiri dari tingkat SDN sekolah dasar sebanyak 5 (lima) sekolah diantaranya SDN Batu Putih dan SDN Temmalebba, sekolah menengah pertama sebanyak 2 (dua) sekolah yaitu SMP Negeri 5 Palopo dan SMP Negeri 8 Palopo, sekolah menengah atas sebanyak 6 (enam) sekolah diantaranya SMA negeri 4 Palopo, SMK negeri 2 Palopo, MAN Palopo, kampus sebanyak 2 (dua) yaitu kampus 1 dan 2 IAIN. kesehatan rumah sakit sebanyak 1 (satu) yaitu rumah sakit mujaizah dan penginapan sebanyak 1 (satu) bangunan yaitu Fanny Hotel. Fasilitas tersebut sebagian besar terdapat di Kelurahan Balandai. Sebagian besar masyarakat di Kelurahan Balandai

masih menggunakan sumur sebagai sumber air bersih, oleh karena itu, diperlukan satu metode yang bisa mengidenfitikasi letak akuifer air tanah yang bisa digunakan masyarakat sebagai titik untuk penggalian sumur.

Air tanah merupakan suatu sumber alam yang dapat diperbarui yang bersifat terbatas dan perlu peran sangat penting dalam penyediaan air bersih untuk berbagai keperluan. Penggunaan dari air tanah sebagai sarana kehidupan lambat laun semakin meningkat baik guna kebutuhan industri maupun untuk kebutuhan rumah tangga. Adanya penyedotan air tanah yang terus menerus tanpa memperhitungkan daya dukung dari lingkungannya yang menyebabkan permukaan air tanah melebihi daya produksi dari suatu akuifer, yang juga merupakan formasi dari pengikat air yang juga memungkinkan air cukup besar untuk bergerak (Kodoatie, 2012). Akuifer adalah lapisan tanah yang mengandung air, di mana air ini bergerak di dalam tanah karena adanya ruang antar butir-butir tanah (Herlambang, 1996).

Untuk mendapatkan air tanah yang bebas dari polusi atau pencemaran serta terjadinya intrusi air laut dan baik digunakan oleh warga untuk pembuatan sumur bor sebagai masalah air bersih, maka dapat dilakukan dengan cara menentukan letak dan kedalaman akuifer air tanah dengan menggunakan metode geolistrik. Salah satu metode untuk mengetahui keadaan geologi bawah permukaan yaitu dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *schlumberger*. Metode geolistrik merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari bumi dan lingkungannya berdasarkan sifat-sifat kelistrikan batuan. Metode ini banyak diaplikasikan dalam bidang eksplorasi air tanah, eksplorasi mineral dan mitigasi gerakan tanah (longsor) (Jusmi & Basri, 2020).

Pada metode geolistrik ini pada prinsipnya menginjeksikan arus listrik ke permukaan bumi dengan melalui sepasang elektroda arus kemudian mengukur tegangan antara kedua elektroda tersebut menggunakan sepasang elektroda potensial yang dihubungkan dengan voltmeter. Dari hasil pengukuran ini menghasilkan data kuat arus listrik yang mengalir dalam batuan dan potensial listrik.



Gambar 1 Susunan elektroda Konfigurasi Schlumberger (Nurfalaq & Manrulu, 2023)

Salah satu konfigurasi dalam metode geolistrik yang digunakan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan adalah konfigurasi Schlumberger dimana jarak elektroda MN dibuat sekecil – kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. Kelebihan dari konfigurasi Schlumberger ini yaitu mampu mendeteksi adanya sifat homogen lapisan batuan pada batuan yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak. Berdasarkan data ini maka tahanan jenis *(resistivity)* batuan dapat dihitung (Nurfalaq, Nawir, Manrulu, & Umar, 2018). Persamaan untuk menghitung resistivitas semu pada konfigurasi Schlumberger sebagai berikut.

$$\rho_a = \pi \frac{(L^2 - l^2)}{2l} \frac{V}{I} \quad \ldots (1)$$

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran akuifer air tanah yang ada di Kelurahan Balandai Kota Palopo.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kelurahan Balandai, Kecamatan Bara, Kota Palopo. Pada penelitian ini ditetapkan lima titik pengukuran. Penelitian ini merupakan penelitian lapangan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif, yakni melakukan survei lapangan untuk mengetahui kedalaman akuifer di Kelurahan Balandai, Kecamatan Bara, Kota Palopo.

1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain 1 set alat ukur geolistrik tahanan jenis (*resistivitymeter*, elektroda besi, baterai 9 volt 24 buah, palu geologi, 2 buah meteran sepanjang 100 meter, 4 rol kabel 100 meter, 1 unit laptop, 1 unit kamera, dan alat tulis menulis. Pengolahan data metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Schlumberger menggunakan *software* yang terdiri atas *microsoft excel*, dan *IP2WIN*.

2. Prosedur Kerja

Tahapan penelitian ini sepenuhnya berlangsung sebelum penelitian dimulai. Pada tahapan ini, penulis melakukan beberapa langkah awal dalan memulai penelitian. Tahapan ini sangatlah penting untuk memaksimalkan hasil penelitian, disamping itu memberikan arahan yang jelas mengenai apa dan bagaimana melakukan penelitian secara ilmiah sehingga nantinya dapat dipertanggung jawabkan. Adapaun bagian-bagian dari tahapan persiapan ini yaitu sebagai berikut:

a. Studi literatur, pada tahap ini penulis melakukan pengumpulan dan pengkajian dari berbagai bahan bacaan yang berkaitan dengan objek penelitian yang akan dijadikan sebagai sumber referensi guna mempertajam analisis data.
b. Orientasi lapangan, pada tahap ini penulis melakukan peninjauan langsung kelapangan, dalam hal ini daerah penentuan titik pengukuran. Tujuan dari orientasi lapangan ini adalah memahami situasi dan kondisi daerah penelitian.

3. Akuisisi Data

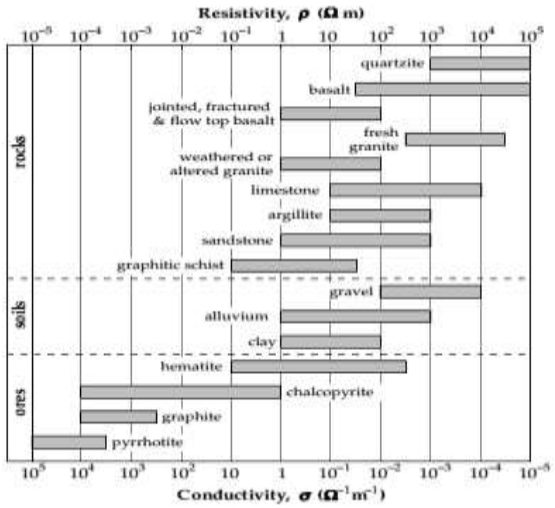
Akusisi data geolistrik resistivitas dilakukan secara langsung di lapangan. Penelitian ini dilakukan dengan 5 lintasan dengan panjang masing-masing 200 meter. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan Resistivitymeter. Adapun prosedur akusisi data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Menentukan lokasi pengukuran yang akan dilakukan.
b. Menentukan titik tengah lintasan pengukuran, spasi elektroda dan arah lintasan menggunakan kompas atau GPS.
c. Memasang 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial berdasarkan spasi yang telah ditentukan dengan memperhatikan titik tengah.
d. Menyusun rangkaian resitiviymeter kemudian memasang kabel arus dan kabel beda potensial pada elektroda dengan menggunakan penjepit buaya.
e. Mengaktifkan resitivitymeter kemudian melakukan pengukuran dan menginjeksikan arus listrik kedalam tanah melalui elektroda yang telah terpasang.
f. Mencatat nilai arus listrik dan beda potensial yang terukur pada resistivitymeter.
g. Mengulangi langkah (c) pada saat (AB/2) diubah atau diperlebar dengan jarak yang telah ditentukan sedangkan (MN/2) tetap.

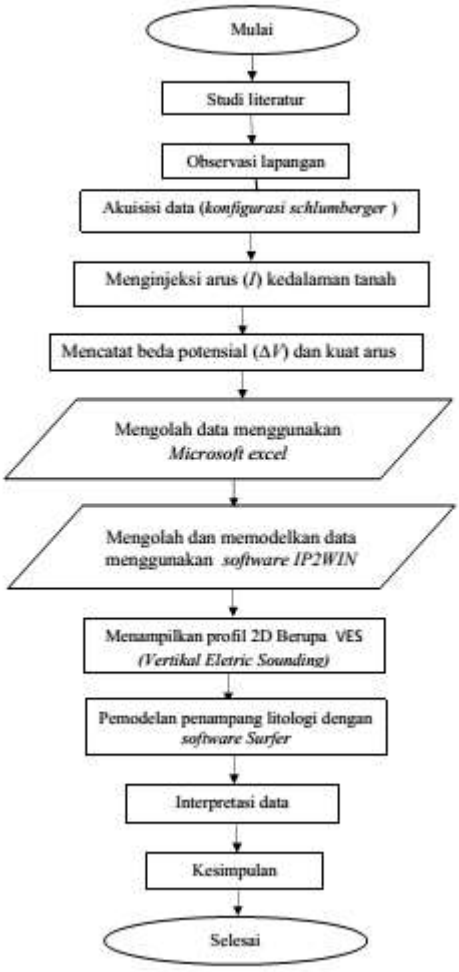
4. Teknik Analisis Data

Data tersebut diolah berdasarkan persamaan (2), sehingga diperoleh nilai resitivitas semu (*p*a), dengan memasukkan nilai ΔV, I, a , dan K kedalam *software microsoft excel*, kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan *software IP2WIN* untuk memperoleh VES 1 dimensi. Kemudian dari beberapa VES 1 dimensi tersebut dibuat penampang 2 dimensi.

Dalam melakukan interpretasi data geolistrik, diperlukan sebuah pemahaman geologi yang baik dan menafsirkan kenampakan citra bawah permukaan kedalam bentuk litologi ataupun struktur batuan. Data lapangan yang telah diinput pada *Microsoft excel* diolah menggunakan *Software IP2WIN* yang akan menghasilkan nilai resistivitas batuan 2D yang kemudian dicocokkan dengan tabel resistivitas (gambar 1) untuk mengetahui jenis batuan yang terdapat pada daerah tersebut. Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



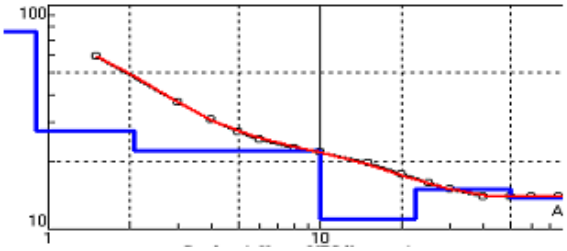
Gambar 2. Rentang resistivitas untuk beberapa jenis batuan, tanah dan bijih (Sumber: Lowrie, 2007)



Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

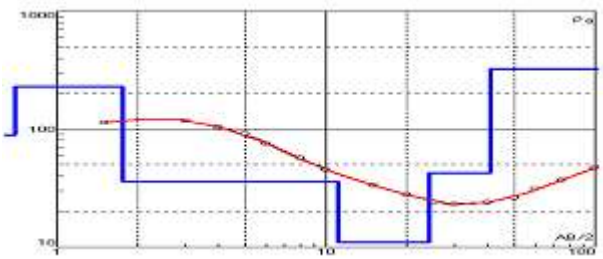
Pengukuran dilakukan di 5 (lima) titik yang tersebar di Kelurahan Balandai. Sebelum dilakukan pengambilan data perlu dilakukan survey lapangan untuk menentukan titik-titik pengukuran. Lintasan 1 terletak pada posisi 2°58'03,158"LS dan 120°11'08,342"BT pada ketinggian 9 mdpl. Panjang lintasan pengukuran yaitu 200 meter. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Kurva VES Lintasan I

Pada lapisan 1 diperoleh nilai resistivitas sebesar 76,8 Ωm, pada kedalaman 0,9 meter dan nilai ketebalan lapisan sebesar 0,9 meter. Pada lapisan kedua, diperoleh nilai resistivitas sebesar 27,44 Ωm. Pada kedalaman sebesar 2,086 meter dan nilai ketebalan lapisan sebesar 1,186 meter. Pada lapisan ketiga, diperoleh nilai resistivitas sebesar 22,48 Ωm, dengan 21 kedalaman 10,03 meter dan ketebalan lapisan 7,947 meter. Pada lapisan keempat, diperoleh nilai resistivitas sebesar 11,04 Ωm, dengan nilai kedalaman 22,39 dan ketebalan lapisan 12,36 meter. Pada lapisan kelima, diperoleh niali resistivitas sebesar 15,01 Ωm, nilai kedalaman sebesar 50 meter dan nilai ketebalan lapisan sebesar 27,61 meter.

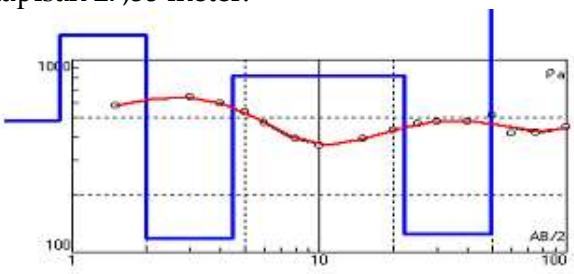
Lintasan II terletak pada posisi 2°58' 12,711" LS dan 120° 10' 41,181" BT, pada ketinggian 34 mdpl dengan panjang lintasan 200 meter. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Kurva VES Lintasan II

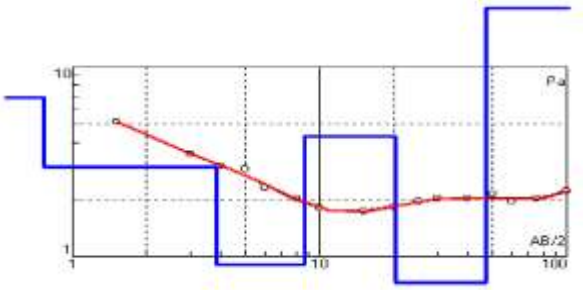
Pada lapisan pertama diperoleh nilai reistivits sebesar 44,87 Ωm, pada kedalaman 0,9 meter dengan ketebalan lapisan 0,9 meter. Pada lapisan kedua, diperoleh nilai resistivitas sebesar 37,83 Ωm pada kedalaman 1,995 meter dan ketebalan lapisan 1,095 meter. Pada lapisan ketiga, diperoleh nilai resistivitas sebesar 33,21 meter pada kedalaman 10,04 meter dengan ketebalan lapisan 8,042 meter. Pada lapisan keempat diperoleh nilai resistivitas sebesar 22,4 Ωm pada kedalaman 22,4 meter dan ketebalan lapisan 12,36 meter. Pada lapisan kelima diperoleh nilai resistivitas sebesar 12,51 meter pada kedalaman 50,01 meter dengan ketebalan lapisan 27,61 meter.

Lintasan III terletak pada posisi 2^{0}58'22,747"LS dan 120^{0}10'48,684" BT dengan ketinggian 47 mdpl dengan panjang lintasan 200 meter. Pada lapisan pertama diperoleh nilai resistivitas sebesar 482 pada kedalaman 0,88978 meter dengan ketebalan lapisan 0,8878 meter. Pada lapisan kedua diperoleh nilai resistivitas sebesar 1338 Ωm, pada kedalaman 1,994 meter dengan ketebalan lapisan 1,107 meter. Lapisan ketiga diperoleh nilai resistivitas sebesar 117,8 Ωm pada kedalaman 4,486 meter dengan ketebalan lapisan 2,492 meter. Lapisan keempat diperoleh nilai resistivitas sebesar 823,8 meter pada kedalaman 22,23 meter dengan ketebalan lapisan 17,75 meter. Lapisan kelima diperoleh nilai resistivitas sebesar 125 Ωm pada kedalaman 49,58 meter dengan ketebalan lapisan 27,35 meter.



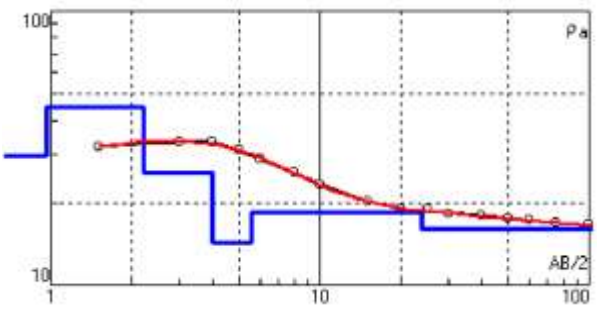
Gambar 6. Kurva VES Lintasan III

Lintasan IV terletak pada posisi 2^{0}58' 19,934" LS dan 120^{0}11'04,207"BT. Dengan ketinggian 10 mdpl dan panjang lintasan 200 meter. Pada lapisan pertama diperoleh nilai resistivitas sebesar 47,6 Ωm, dengan nilai kedalaman 0,8361 meter dan nilai ketebalan 0,8361 meter. Pada lapisan kedua, diperoleh nilai resistivitas sebesar 18,75 Ωm, pada kedalaman 1,64 meter dan ketebalan 0,8042 meter. Pada lapisan ketiga diperoleh nilai resisitivitas sebesar 22,68 Ωm pada kedalaman 14,59 meter dan nilai ketebalan 10,01 meter. Pada lapisan keempat diperoleh nilai resistivitas sebesar 11,1 Ωm pada kedalaman 31,61 meter dan ketebalan lapisan 11,12 meter. Pada lapisan kelima, diperoleh nilai resisitivitas sebesar 16,71 meter, pada kedalaman 47,78 meter dan ketebalan lapisan 33,2 meter.



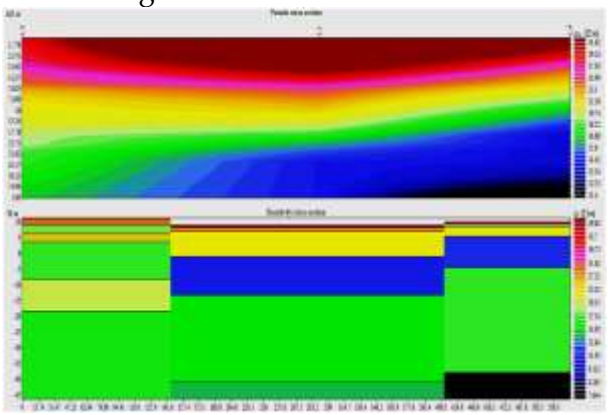
Gambar 7. Kurva VES Lintasan IV

Lintasan V terletak pada posisi 2^{0}57'54,005"LS pada ketinggian 11 mdpl dengan panjang lintasan 200 meter. Pada lapisan pertama diperoleh nilai resistivitas sebar 29,66 Ωm pada kedalaman 0,9624 meter dengan ketebalan lapisan 0,9624 meter. Pada lapisan kedua, diperoleh nilai resistivitas sebesar 44,67 Ωm pada kedalaman 2,21 meter dengan ketebalan lapisan 1,248 meter. Pada lapisan ketiga, diperoleh nilai resistivitas sebesar 25,78 Ωm pada kedalaman 1,771 meter dan ketebalan lapisan 3,981 meter. Pada lapisan keempat, diperoleh nilai resistivtas sebesar 14,31 Ωm pada kedalaman 5,552 meter dengan ketebalan lapisan 1,571 meter. Pada lapisan kelima, diperoleh nilai resistivitas sebesar 18,48 ohm pada kedalaman 23,74 dengan ketebalan lapisan 18,19 meter.



Gambar 8. Kurva VES Lintasan V

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan di Kelurahan Balandai Kecamatan Bara Kota Palopo dengan menggunakan konfigurasi schlumberger untuk mengetahui letak dan kedalaman akuifer air tanah, terlihat variasi nilai tahanan jenis pada 5 lintasan pengukuran yang tersebar di Kelurahan Balandai, dari hasil pengolahan data dengan software *microsoft Excel* dan software *IP2WIN*. Adapun hasil pengolahan citra penampang VES (*Vertical Electric Sounding*) korelasi antara lintasan 5, 1 dan 4 sebagai berikut.



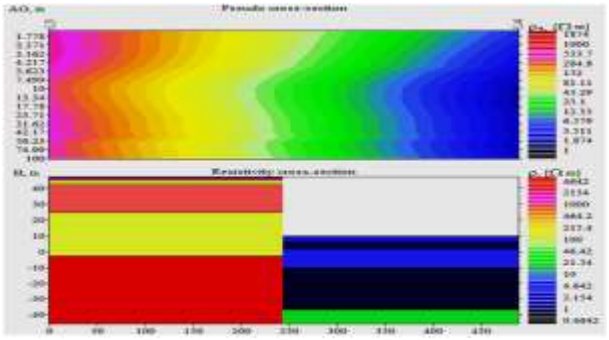
Gambar 9. Penampang resistivitas 2D korelasi Lintasan I, IV dan V

Pengolahan data pada software *IP2WIN* dengan cara menggabungkan titik lintasan yang berada pada garis lurus adapun titik lintasan yang digabungkan adalah lintasan 1,4 dan 5. Jarak lintasan dari lintasan 1 ke lintasan 5 sejauh 290 meter dan jarak jarak antara lintasan 1 ke lintasan 4 sejauh 535 meter. Dengan memperhatikan citra penampang korelasi lintasan 1,4,5 yang dapat disimpulkan bahwa setiap material yang terletak di bawah permukaan tanah memiliki karakteristik yang berbeda-beda dapat dilihat dari perbedan warna dan nilai resistivitas yang diperoleh pada citra penampang yang berbeda disetiap lokasi penelitian. Berdasarkan korelasi antara lintasan 1,4 dan 5 diketahui rentang nilai resistivitas semu (ρa) berkisar antara 11,2-33,95 Ωm dan nilai resitivitas sebenarnya berkisar antara 7,044-49,62 Ωm.

Pada Lintasan I berdasarkan citra warna penampang VES memiliki citra warna merah Pada kedalaman 0,9 m dengan nilai resistivitas sebesar 76,8 Ωm diindikasikan sebagai zona tak jenuh. Untuk citra warna kuning dengan nilai resistivitas sebesar 11,04-27,44 Ωm dengan kedalaman 2 m diinterpretasikan sebagai zona jenuh.

Pada Lintasan IV berdasarkan citra penampang VES memiliki citra warna merah dengan nilai resistivitas 18,75-47,6 Ωm, pada kedalaman 0,8361-1,64 m diinterpretasikan sebagai zona tak jenuh. Untuk citra warna kuning dengan nilai resistivitas 11,1-22,68 Ωm pada kedalaman 14,59-47,79 meter, diinterpretasikan sebagai zona jenuh.

Pada Lintasan V, berdasarkan citra penampang VES,untuk citra berwarna merah dengan nilai resistivitas 29,66-25,78 Ωm pada kedalaman 0,9624-3,981 meter diinterpretasikan sebagai tanah penutup (*top soil).* Untuk citra berwarna hijau dengan nilai resistivitas 14,31-18,48 Ωm pada kedalaman 5,552-23,74 meter, diinterpretasikan sebagai zona.

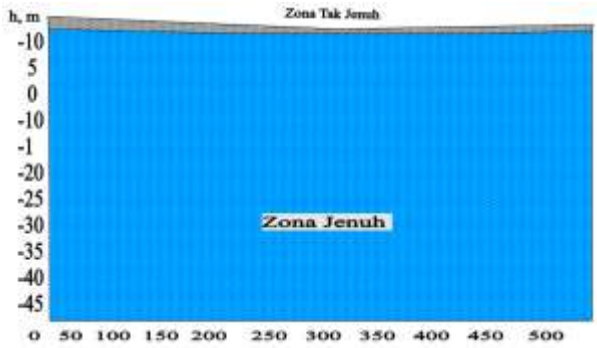


Gambar 10. Penampang resistivitas 2D korelasi Lintasan III dan IV

Dengan memperhatikan citra penampang korelasi Lintasan III dan IV, dapat disimpulkan bahwa setiap material yang terletak di bawah permukaan tanah memiliki karakteristik yang berbeda-beda dapat dilihat dari perbedan warna dan nilai resistivitas yang diperoleh pada citra

penampang yang berbeda disetiap lokasi penelitian. Berdasarkan korelasi antara Lintasan III dan IV pada citra penampang diketahui rentang nilai resistivitas semu (ρa) berkisar antara 1-1874 Ωm dan nilai resitivitas sebenarnya berkisar antara 0,4642-4642 Ωm. Pada lintasan III, berdasarkan penampang VES citra berwarna kuning dengan nilai resistivitas 125-1338 Ωm pada kedalaman 0,8878-4,486 meter, terindikasi sebagai zona tak jenuh. Untuk citra penampang berwarna coklat dengan nilai resistivitas 117,4 – 823,8 Ωm pada kedalaman 22,23-45 meter diinterpretasikan sebagai batuan dasar.

Berdasarkan penampang litologi 2D korelasi antara Lintasan I, IV dan V (gambar 11) diperoleh informasi bahwa terdapat 2 lapisan yaitu lapisan zona tak jenuh (atas) dan lapisan jenuh (bawah) zona jenuh yang memiliki ketebalan berpariasi mulai dari 1-1,9 meter. Sedangkan zona jenuh yang merupakan lapisan yang mengandung air tanah (akuifer) dapat kita jumpai pada kedalaman 1-45 meter. Hal ini mengindikasikan bahwa lokasi penelitian memiliki potensi air tanah yang tinggi.



Gambar 11. Penampang litologi Lintasan I, IV dan V

Berdasarkan penampang litologi pada korelasi Lintasan III dan IV gambar 12 memperlihatkan bahwa terdapat 3 jeins batuan yaitu zona tak jenuh (*top soil*). Selanjutnya Lapisan batuan di bawahnya berupa zona jenuh yang merupakan akuifer air tanah di lokasi penelitian dan batuan dasar yang berada di sebelah barat lokasi penelitian.

Gambar 12. Penampang litologi Lintasan III dan IV

Lokasi penelitian merupakan daerah yang memiliki potensi air tanah yang baik. Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa keterdapatan lapisan akuifer di bawah permukaan lokasi penelitian. Lapisan akuifer merupakan material yang memiliki pori-pori yang mampu menyimpan dan meloloskan air, seperti material pasir, kerikil, batu pasir, dikarenakan lapisan batuan tersebut bersifat *permeable* atau material yang mampu mengalirkan air dengan baik (Wahyuni, Daruwati, Rahmaniah, & Asna, 2019). Adapun material yang mengandung air tetapi dalam kondisi tidak mampu mengalirkan air dengan baik disebut dengan lapisan kedap air seperti material lempung, lanau, serpih dan tufa. Pada penelitian diatas dari kelima lintasan dapat disimpulkan bahwa akuifer dapat ditemukan rata-rata pada kedalaman 4 meter di sebelah timur lokasi penelitan. Sedangkan pada lintasan II dan lintasan III terindikasi material yang kurang baik untuk mengalirkan air. Hal tersebut disebabkan karena lokasi pada lintasan II dan III berada pada ketinggian yang cukup tinggi dari permukaan laut yang berada di bagian barat lokasi penelitian.

KESIMPULAN

Berdasakan hasil penelitian yang telah dilakukan di Kelurahan Balandai dapat disimpulkan lokasi yang dapat dimanfaatkan sebagai lokasi penggalian sumur berada di bagian Timur lokasi penelitian dimana lapisan akuifer dapat ditemukan rata-rata pada kedalaman 4-45 meter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada segenap pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini terkhusus kepada Pemerintah Kelurahan Balandai yang telah memberikan izin penelitian di lokasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

BPS Kota Palopo. (2021). *Kecamatan Bara dalam Angka 2021.* Kota Palopo: Badan Pusat Statistik Kota Palopo.

Herlambang, A. (1996). *Kualitas Air Tanah Dangkal di Kabupaten Bekasi.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Jusmi, F., & Basri, S. (2020). Identifikasi Kedalaman Air Tanah dan Intrusi Air Laut dengan Metode Geolistrik Konfigurasi schlumberger di Desa Benteng Kecamatan Malangke. *Applied Physics of Cokroaminoto Palopo 1 (1)*, 12-21.

Kodoatie, R. J. (2012). *Tata Ruang Air Tanah.* Yogyakarta: Penerbit Andi.

Nurfalaq, A., & Manrulu, R. H. (2023). *Teori dan Penerapan Metode Geolistrik Resistivitas.* Kota Palopo: UNCP Press.

Nurfalaq, A., Nawir, A., Manrulu, R. H., & Umar, E. P. (2018). Identifikasi Akuifer Daerah Pallantikang Kabupaten Jeneponto dengan Metode Geolistrik. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA 15(2)*, 117-127.

Wahyuni, A., Daruwati, I., Rahmaniah, R., & Asna, A. (2019). Identifikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Resistivitas di Desa Punagaya Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Edu Sains, 2(1)*, 5-8.