

DETEKSI MUKA AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI SCLUMBERGER DI KELURAHAN SASA KOTA TERNATE

Nurmayasa Marsaoly¹, Firman^{2*}, Erwinsyah Tuhuteru³

^{1,3}Program Studi Teknik Sipil FT Unkhair

²Program Studi Teknik Pertambangan FT Unkhair

Corresponding Author: firman@unkhair.ac.id

Abstrak: Kelurahan Sasa bagian puncak kesulitan air khususnya di musim kemarau karena tidak ada sumur bor atau sumur gali. Kendala muka air tanah yang tidak diketahui dengan pasti sehingga sulit untuk memastikan kedalaman pengeboran dan biaya investasinya. Deteksi muka air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Sasa Kecamatan Ternate Selatan Kota Ternate menjadi penting dilakukan. Penelitian ini termasuk jenis penelitian lapangan (*field research*), dimana dilakukan pengukuran menggunakan metode geolistrik untuk 2 lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 200 meter yang mengarah selatan-utara, dengan elevasi antara 47-86 mdpl. Lintasan 1 tidak ditemukan potensi akuifer, batuanannya didominasi andesit dengan resistivitas 553-2477 Ω m. Lintasan 2 ditemukan potensi akuifer dengan kedalaman 28,9-50,1 m ketebalan 21,2 m dengan resistivitas 125 Ω m. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai breksi vulkanik dengan matriks berupa tuff. Pada kedalaman 8,53-28,9 m (resistivitas 4,24 Ω m) lapisan ini disusun oleh tuff halus dan tuff lapili. Lapisan ini diduga akuiklud, yaitu media berpori yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkan air tanah yang dapat terisi oleh air pada musim hujan, namun pada musim kemarau tidak mengandung air. Tingkat kesiapan teknologi (TKT) penelitian ini adalah TKT 3 yang merupakan pembuktian konsep (*proof of concept*) serta hasil penelitian menjadi rekomendasi kepada pemerintah khususnya PDAM Kota Ternate.

Kata kunci: akuifer, geolistrik, konfigurasi Schlumberger, Sasa

I. PENDAHULUAN

Air bersih menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat untuk berbagai keperluan, mulai dari minum, mandi, mencuci, memasak makanan serta berbagai kebutuhan lainnya. Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan oleh semua makhluk hidup [1]. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang dan generasi mendatang. Sebagai upaya pemenuhan kebutuhan air khususnya air minum di suatu daerah, penyediaan air tanah selalu dikaitkan dengan kondisi air tanah yang sehat, murah dan tersedia dalam jumlah yang sesuai kebutuhan. Keuntungan menggunakan air tanah sebagai sumber air bersih adalah kualitasnya relatif lebih baik dibandingkan air permukaan dan tidak terpengaruh musim, cadangan air tanah lebih besar dan mudah diperoleh dengan cara sederhana dibanding sumber air lainnya, dan tidak memerlukan tampungan dan jaringan transmisi untuk mendistribusikannya, sehingga biayanya lebih murah [2].

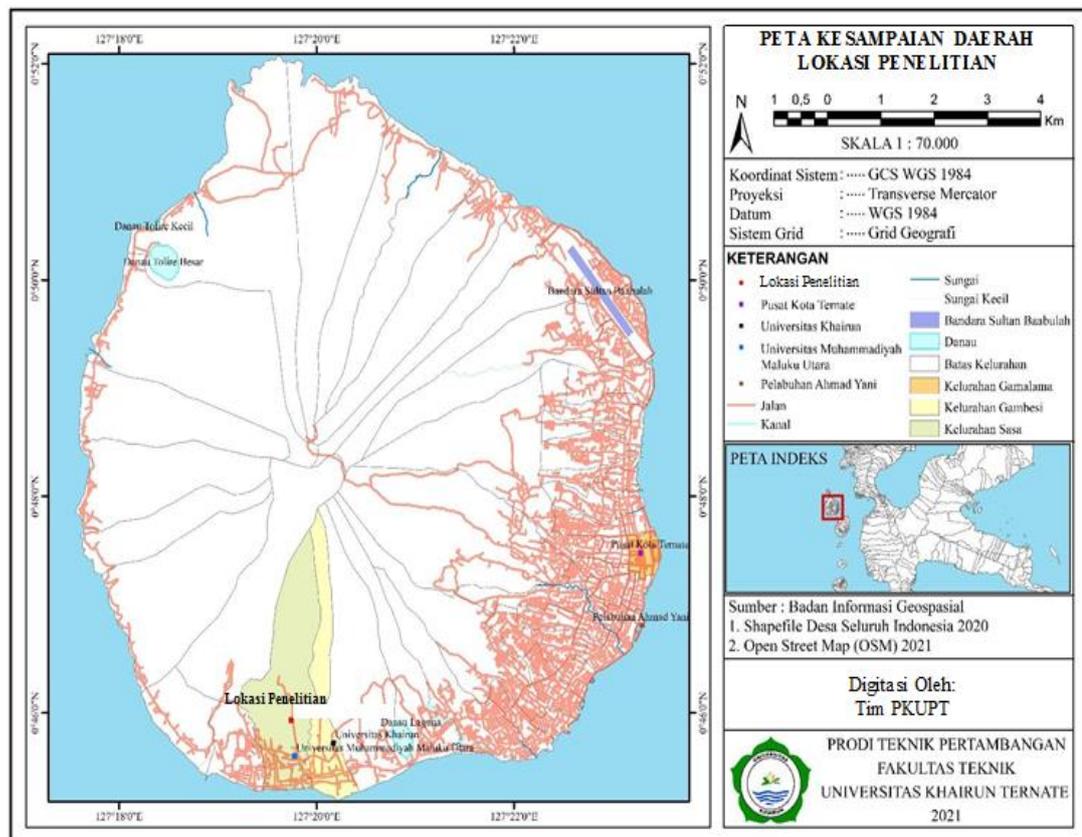
Masyarakat Kelurahan Sasa wilayah dataran tinggi (Sasa Puncak) masih susah memenuhi kebutuhan air bersihnya dan tidak sedikit yang memenuhinya dengan membeli air dari depot air bersih. Air tersebut 1 tangkinya hanya bisa bertahan 1 atau 2 hari dengan biaya pertangki kisaran Rp 50.000. Jika dalam sebulan membeli 15 tangki maka biaya kasarnya sekitar Rp 750.000. Biaya untuk kebutuhan air bersih sangat besar apalagi bagi masyarakat yang tidak mampu tentu akan susah memenuhinya. Solusi praktis yang diupayakan warga adalah menampung air hujan untuk kebutuhan hidup mereka. Padahal musim hujan tidak terjadi setiap saat, tetapi hanya 6 bulan dalam 1 tahun sesuai dengan kondisi di daerah iklim tropis.

Kondisi geografis Kelurahan Sasa yang berada dibawah kaki Gunung Gamalama yang sampai saat ini masih tergolong aktif, maka kebutuhan akan data muka air tanah (MAT) menjadi penting. Profil muka air tanah dari survei geolistrik khususnya di wilayah dataran tinggi Kelurahan Sasa akan membantu mencari lokasi yang tepat untuk wilayah sumur gali dan wilayah-wilayah yang hanya bisa diupayakan dengan sumur bor. Data ini juga bisa menjadi rekomendasi kepada PDAM Kota Ternate untuk bisa mengakses dataran tinggi atau menjadi masukan bagi Pemerintah Kota Ternate untuk mengupayakan sumur bor bagi warga yang tidak mampu memenuhinya secara mandiri.

Saat ini penggunaan teknik geofisika untuk eksplorasi air tanah meningkat pesat [3]. Penggunaan geolistrik *vertical electrical sounding* menjadi sangat populer untuk pencarian air tanah karena kesederhanaannya dan kemudahan dalam menginterpretasikannya [4][5]. Survei geolistrik untuk mengetahui muka air tanah sudah dilakukan diberbagai daerah [6][7]. Prinsip kerja pendugaan geolistrik adalah mengukur tahanan jenis (*resistivity*) dengan mengalirkan arus listrik kedalam batuan atau tanah melalui elektroda arus (*current electrode*), kemudian arus diterima oleh elektroda potensial [8]. Beda potensial antara dua elektroda tersebut diukur dengan volt meter dan dari harga pengukuran tersebut dapat dihitung tahanan jenis semu batuan [9]. Berdasarkan hal tersebut menjadi penting untuk melakukan deteksi muka air tanah berdasarkan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger pada Kelurahan Sasa daerah Puncak.

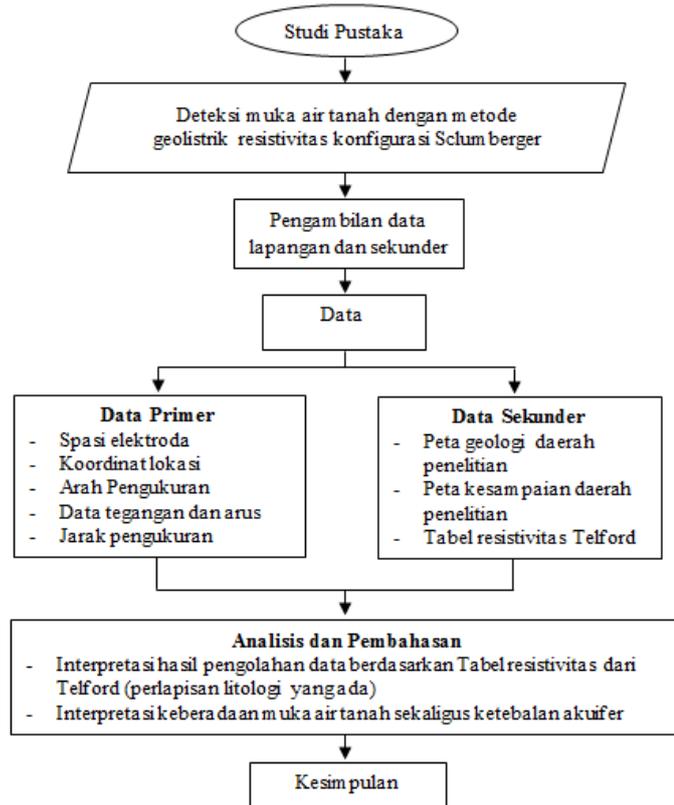
II. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Sasa (Bagian Puncak) Kecamatan Ternate Selatan Kota Ternate (Gambar 1). Jenis penelitian ini merupakan penelitian lapangan (*field research*), dimana dilakukan pengukuran menggunakan metode geolistrik untuk 2 lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 200 meter yang mengarah selatan-utara.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tahapan penelitian deteksi muka air tanah ini adalah persiapan alat dan bahan, pengukuran lapangan, pengolahan data di microsoft exel dan analisis data menggunakan software IP2WIN (tampilan 1D) dan Res2Div (tampilan 2D), serta interpretasi perlapisan batuan dan keberadaan air tanah. Alat yang digunakan dalam penelitian, yaitu *resistivity meter* Naniura NRD 300 HF, elektroda besi, elektroda tembaga, aki, *Global Positioning System* (GPS), kompas, kabel, palu geologi, meteran, dan komputer. Bahan yang digunakan meliputi baterai alkalin, tali rafia, alat tulis, lembar data pengukuran lapangan. Pengukuran lapangan dilakukan dengan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger. Adapun tahapan penelitian inti dimulai setelah pengambilan data lapangan, tahapan lengkapnya dapat dilihat pada bagan alir sesuai Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Faktor Geometri dan Resistivitas Semu

Pengambilan data lapangan dengan bentangan pengukuran 200 meter (jarak AB) setiap lintasan. Data lapangan yang diperoleh berupa spasi elektroda besi (jarak AB dan AB/2), spasi elektroda tembaga (jarak MN dan MN/2), nilai kuat arus, beda potensial, koordinat lokasi dan arah pengukuran selatan-utara. Setelah itu perhitungan faktor geometri (K_s) dan resistivitas semu (ρ_{semu}) lintasan pengukuran 1 seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data lapangan pengukuran lintasan 1 (P-01) dan resistivitas semu

No	AB/2 (m)	MN (m)	MN/2 (m)	V (mV)	I (mA)	L^2	G^2	K_s	$\rho_{\text{semu}} (\Omega\text{m})$
1	1,5	1	0,5	34,2	180	2,25	0,25	6,28	1,19
2	3	1	0,5	57,1	310	9	0,25	27,475	5,06
3	4	1	0,5	29	265	16	0,25	49,455	5,41
4	5	4	2	54,2	235	25	4	16,485	3,80
5	6	4	2	53,3	79	36	4	25,12	16,95
6	8	4	2	40,8	61	64	4	47,1	31,50

7	10	4	2	61,5	290	100	4	75,36	15,98
8	15	10	5	19	237	225	25	62,8	5,03
9	20	10	5	52,8	209	400	25	117,75	29,75
10	25	10	5	15,3	324	625	25	188,4	8,90
11	30	10	5	12,4	168	900	25	274,75	20,28
12	40	20	10	62,1	45	1600	100	235,5	324,99
13	50	20	10	29,7	88	2500	100	376,8	127,17
14	60	20	10	42,4	72	3600	100	549,5	323,59
15	70	30	15	13	521	4900	225	489,3167	12,21
16	80	30	15	38,9	476	6400	225	646,3167	52,82
17	90	40	20	162,6	280	8100	400	604,45	351,01
18	100	40	20	53,2	121	10000	400	753,6	331,33

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai resistivitas semu lintasan 1 berkisar 1,19-351,01 Ω m. Resistivitas semu digunakan untuk mengetahui resistivitas sebenarnya dari material di bawah permukaan daerah pengukuran untuk tiap lapisan. Perhitungan faktor geometri dan resistivitas semu lintasan pengukuran 2 seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data lapangan pengukuran lintasan 2 (P-02) dan resistivitas semu

No	AB/2 (m)	MN (m)	MN/2 (m)	V (mV)	I (mA)	L ²	G ²	Ks	ρ_{semu} (Ω m)
1	1,5	1	0,5	341,7	266	2,25	0,25	6,28	8,07
2	3	1	0,5	26,8	223	9	0,25	27,475	3,30
3	4	1	0,5	1,8	213	16	0,25	49,455	0,42
4	5	4	2	12,4	198	25	4	16,485	1,03
5	6	4	2	12,7	187	36	4	25,12	1,71
6	8	4	2	18,6	216	64	4	47,1	4,06
7	10	4	2	24,5	251	100	4	75,36	7,36
8	15	10	5	91,6	174	225	25	62,8	33,06
9	20	10	5	46	143	400	25	117,75	37,88
10	25	10	5	37,8	67	625	25	188,4	106,29
11	30	10	5	296,9	31	900	25	274,75	2631,40
12	40	20	10	398,7	99	1600	100	235,5	948,42
13	50	20	10	351,8	61	2500	100	376,8	2173,09
14	60	20	10	2,47	69	3600	100	549,5	19,67
15	70	30	15	41	126	4900	225	489,3167	159,22
16	80	30	15	12,4	210	6400	225	646,3167	38,16
17	90	40	20	65,8	25	8100	400	604,45	1590,91
18	100	40	20	71,7	132	10000	400	753,6	409,34

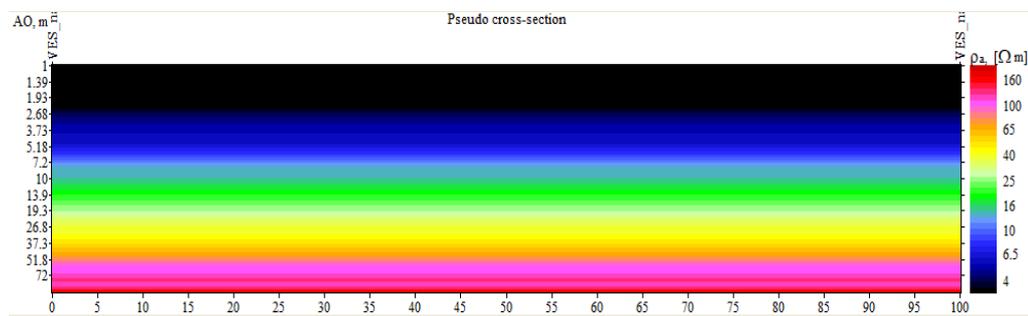
Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai resistivitas semu dari lintasan 2 berkisar 0,42-2631,4 Ω m. Nilai resistivitas semu pada lintasan 2 lebih besar dibandingkan lintasan 1. Faktor geometri kecenderungannya semakin meningkat dengan bertambahnya jarak elektroda MN (elektroda tembaga atau elektroda potensial) dan jarak elektroda AB (elektroda besi atau elektroda arus). Prosesnya adalah mengalirkan arus listrik kedalam batuan atau tanah melalui elektroda arus, kemudian arus diterima oleh elektroda potensial.

Interpretasi Keberadaan Lapisan Muka Air Tanah

Pemodelan 1D menggunakan bantuan software IP2WIN untuk mengetahui resistivitas sebenarnya ($\rho_{\text{sebenarnya}}$), kedalaman dan ketebalan setiap perlapisan, serta bentuk cross sectionnya. Nilai resistivitas batuan hasil pemodelan 1D untuk lintasan 1 ditampilkan pada Tabel 3 dan lintasan 2 seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Interpretasi keberadaan lapisan air tanah lintasan 1

N	ρ (Ωm)	Ketebalan lapisan (m)	Kedalaman (m)	Litologi	Interpretasi potensi air tanah
1	0,668	0,415	0-0,415	Lempung tuffaan	Sisa air infiltrasi
2	123	0,839	0,415-1,25	Tuff	Sisa air infiltrasi
3	125	1,37	1,25-2,62	Tuff	Sisa air infiltrasi
4	239	2,86	2,62-5,48	Tuff	Sisa air infiltrasi
5	553	5,97	5,48-11,5	Andesit	Tidak berpotensi
6	2477	38,6	11,5-50,1	Andesit	Tidak berpotensi

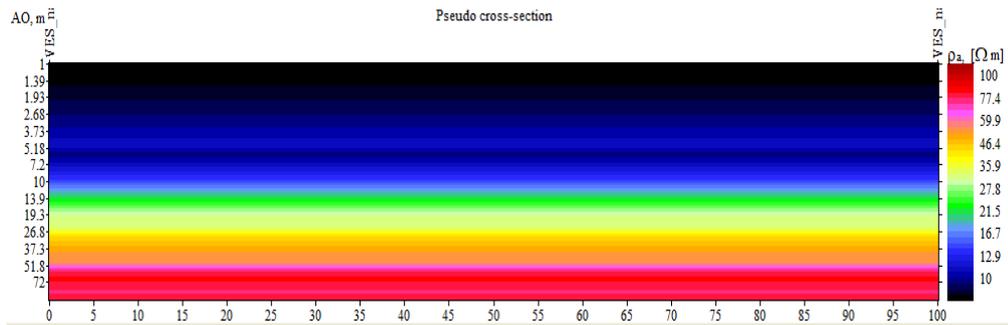


Gambar 3. Penampang 1D hasil pemodelan untuk lintasan 1

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 3 terkait pengukuran pada lintasan 1, terlihat bahwa resistivitas batuan di lokasi pengukuran berkisar 0,668-2477 Ωm dengan kedalaman pengukuran hingga 50,1 m serta terdapat 6 perlapisan. Berdasarkan tabel resistivity dari Telford dkk (1990) keberadaan air tanah (*groundwater*) resistivitas batumannya antara 0,5-300 Ωm [10]. Berdasarkan peta geologi lembar Ternate, lokasi penelitian lintasan 1 berada pada formasi Gunungapi Gamalama Muda (Gm)-Breksi Letusan Gunung dan Percikan (Gmlp), yaitu sebagian besar berupa bom percikan lava dan bom kerakroti andesit kadang-kadang tuff kuning kecoklatan teralterasi, terbentuk sekitar lubang erupsi pada 1763 [11]. Pada lintasan 1 berdasarkan interpretasi litologi tidak ditemukan potensi air tanah. Pada kedalaman 11,5-50,1m sebagai zona yang potensial berdasarkan korelasi dengan muka air sumur terdekat, nilai resistivitas batumannya besar yang menunjukkan batuan andesit. Pada bagian atas terdapat material tuff dan lempung tuffaan yang dipengaruhi oleh sisa air infiltrasi dari permukaan.

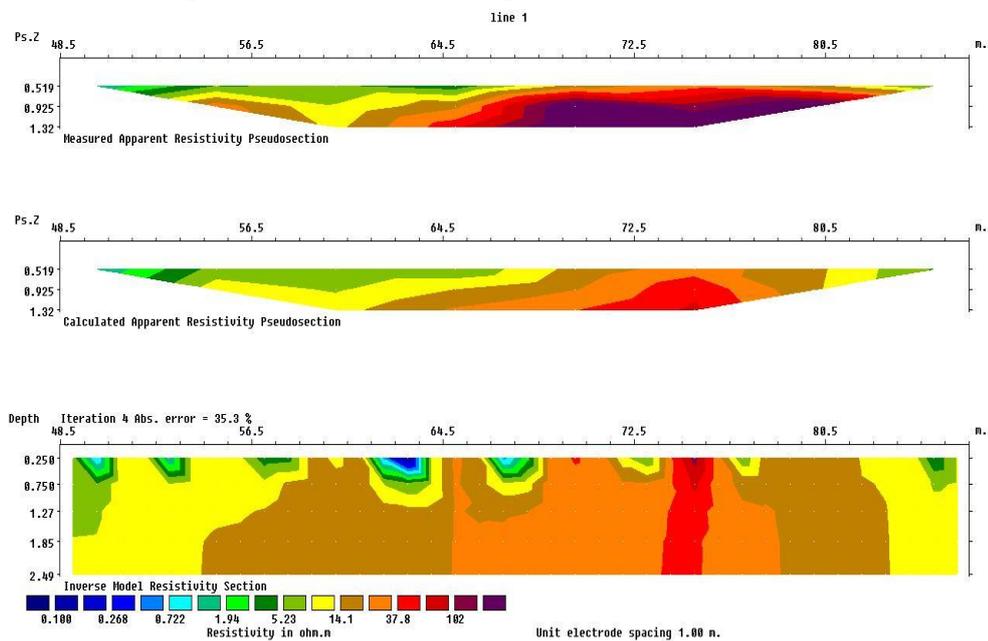
Tabel 4. Interpretasi keberadaan lapisan air tanah lintasan 2

N	ρ (Ωm)	Ketebalan lapisan (m)	Kedalaman (m)	Litologi	Interpretasi potensi air tanah
1	18,3	0,26	0-0,26	Tuff	Sisa air infiltrasi
2	4,63	0,519	0,26-0,779	Tuff	Sisa air infiltrasi
3	24,3	0,728	0,779-1,51	Tuff	Sisa air infiltrasi
4	3,51	1,44	1,51-2,95	Tuff	Sisa air infiltrasi
5	1622	1,96	2,95-4,91	Andesit	Tidak berpotensi
6	1469	3,62	4,91-8,53	Andesit	Tidak berpotensi
7	4,24	20,4	8,53-28,9	Tuff	Potensi air tanah
8	125	21,2	28,9-50,1	Breksi vulkanik	Potensi air tanah



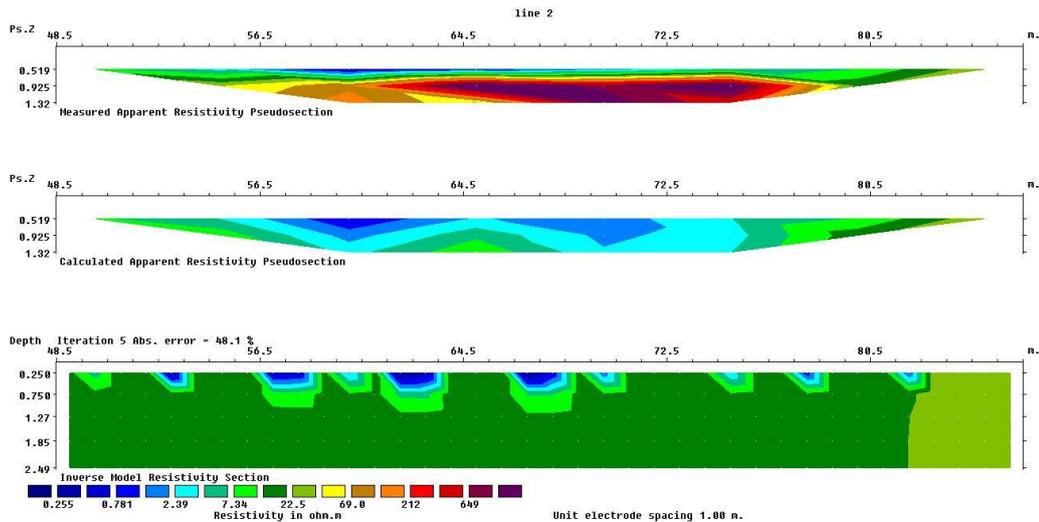
Gambar 4. Penampang 1D hasil pemodelan untuk lintasan 2

Pada lintasan 2 lokasi pengukuran merupakan lahan berbentuk lereng vulkanik yang miring dengan elevasi antara 65-86 mdpl. Berdasarkan peta geologi lembar Ternate, lintasan 2 berada pada formasi Gunungapi Gamalama Muda-Gmlp dan Gunungapi Gamalama Tua (Gt)-Gtig, dimana ignimbrit tersusun endapan piroklastik sebagian terlepas, kompak keras, dasitan berstruktur fiamme. Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 4, resistivitas batuan daerah ini berkisar antara 3,51-1622 dengan kedalaman pengukuran hingga 50,1 m serta terdapat 8 perlapisan. Pada lintasan 2 berdasarkan interpretasi litologi ditemukan potensi air tanah sebagai akuifer pada kedalaman 28,9-50,1 m dengan ketebalan 21,2 m. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai breksi vulkanik dengan matriks berupa tuff. Pada kedalaman 8,53-28,9 m juga berpotensi air tanah, tetapi mempertimbangkan faktor elevasi daerah pengukuran dan korelasi muka air tanah berdasarkan sumur terdekat diinterpretasikan potensinya kecil. Selain itu lapisan ini disusun oleh tuff halus dan tuff lapili. Lapisan ini diduga aquiklud, yaitu media berpori yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkan air tanah yang dapat terisi oleh air pada musim hujan, namun pada musim kemarau tidak mengandung air.



Gambar 5. Penampang 2D lintasan 1

Pemodelan 2D lokasi pengukuran menggunakan bantuan software RES2DIV untuk menghasilkan penampang lokasi pengukuran. Penampang 2D dari lintasan 1 ditampilkan pada Gambar 5 dan penampang 2D untuk lintasan 2 seperti pada Gambar 6. Pemodelan 2D mengkonfirmasi sebaran batuan pada daerah permukaan yang disusun oleh lempung tufaan, tuff halus hingga tuff kasar dengan nilai resistivitas rendah, yaitu antara 0,668-102 Ωm (lintasan 1) dan 3,51-24,3 Ωm yang didominasi warna hijau pada Gambar 6 (lintasan 2).



Gambar 6. Penampang 2D lintasan 2

Berdasarkan hasil pemodelan 1D dan 2D terlihat bahwa dari 2 lintasan pengukuran dengan panjang lintasan 200 meter (per titik pengukuran), pembacaan kedalaman hingga 50,1 m. Lintasan 1 memiliki 6 perlapisan sedangkan lintasan 2 didapatkan 8 perlapisan. Pada lintasan 1, batuan dengan resistivitas pembawa air tanah berada pada kedalaman 41,5 cm hingga 2,62 m (resistivitasnya antara 123-125 Ωm). Posisinya yang dekat permukaan diinterpretasikan sebagai sisa air infiltrasi bukan akuifer. Pada lintasan 2, batuan dengan resistivitas rendah 3,51-24,3 Ωm berada pada kedalaman 0-2,95 m dari permukaan yang diinterpretasikan sebagai sisa air infiltrasi. Batuan dengan resistivitas 125 Ωm pada kedalaman 28,9-50,1 meter berpotensi sebagai akuifer. Hal ini juga dikonfirmasi oleh sumur bor di bagian bawah lokasi pengukuran, air sumurnya berada di kedalaman 25 meter.

Kesimpulan

Lokasi penelitian berada pada formasi Gunungapi Gamalama Muda (Gmlp)-Breksi Letusan Gunung dan Percikan (Gmlp) dan Gunungapi Gamalama Tua (Gt)-Gtig, dimana ignimbrit tersusun endapan piroklastik sebagian terlepas, kompak keras, dasitan berstruktur fiamme. Pengukuran berarah selatan-utara dengan panjang lintasan 200 m dan elevasi antara 47-86 mdpl. Lintasan 1 tidak ditemukan potensi akuifer, batumannya didominasi andesit dengan resistivitas 553-2477 Ωm . Lintasan 2 ditemukan potensi akuifer pada kedalaman 28,9-50,1 m ketebalan 21,2 m dengan resistivitas 125 Ωm . Lapisan ini diinterpretasikan sebagai breksi vulkanik dengan matriks berupa tuff. Pada kedalaman 8,53-28,9 m (resistivitas 4,24 Ωm) lapisan ini disusun oleh tuff halus dan tuff lapili. Lapisan ini diduga aquiklud, yaitu media berpori yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkan air tanah yang dapat terisi oleh air pada musim hujan, namun pada musim kemarau tidak mengandung air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Khairun yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Kompetitif Unggulan Perguruan Tinggi (PKUPT) Fakultas Teknik Tahun 2021.

REFERENSI

- [1] Yatini. 2006. "Penerapan Metode Geolistrik Sounding Untuk Mengatasi Persoalan Air Bersih di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta Pasca Gempa Tektonik 27 Mei 2006". Jurusan Teknik Geofisika-FTM. UPN Veteran Yogyakarta.
- [2] Naryanto, H.S. 2008. "Potensi Air Tanah di Daerah Cikarang dan Sekitarnya, Kabupaten Bekasi Berdasarkan Analisis Pengukuran Geolistrik". *JAI*. 4 (1):38-49.

- [3] Conoras, W.A., Rasai, J., dan Salahu, H. 2019. “Interpretasi Tahanan Jenis Bawah Permukaan Daerah Morotai Menggunakan Geolistrik Schlumberger Configuration Vertical Electrical Sounding 1D”. *Dintek*. 12 (2):28-37.
- [4] Putriutami, E.S., Harmoko, U., dan Widada, S. 2014. “Interpretasi Lapisan Bawah Permukaan di Area Panas Bumi Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang Menggunakan Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger”. *Youngster Physics Journal*. 3(2):97-106.
- [5] Triahadin, A., dan Setyawan, A. 2014. “Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Area Manifestasi Panas Bumi Air Panas Paguyangan Brebes Menggunakan Metode Geolistrik Dengan Konfigurasi Schlumberger”. *Youngster Physics Journal*. 3(4):235-242.
- [6] Purnama, A., dan Noval, A. 2017. “Kajian Potensi Air Tanah Dengan Pengujian Geolistrik di Desa Telonang Kabupaten Sumbawa Barat”. *Jurnal Saintek UNSA*. 2 (1):1-14.
- [7] Halik, G. 2008. “Pendugaan Potensi Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Kampus Tegal Boto Universitas Jember”. *Media Teknik Sipil*. Juli 2008: 109-114.
- [8] Hendrajaya, L., dan Arif, I. 1990. “*Geolistrik Tahanan, Monografi: Metoda Eksplorasi*”. Laboratorium Fisika Bumi. ITB. Bandung.
- [9] Usman, B., Manrulu, R.H., Nurfalaq, A., dan Rohayu, E. 2017. “Identifikasi Akuifer Air Tanah Kota Palopo Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger”. *Jurnal Fisika FLUKS*. 12 (2):65-72.
- [10] Telford, W.M., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.E. 1990. “*Applied Geophysics Second Edition*”. Cambridge University Press, USA.
- [11] Bronto, S., Hadisantono, R.D., dan Lockwood, J.P. 1982. “*Peta Geologi Gunungapi Gamalama, Ternate, Maluku Utara*”. Direktorat Vulkanologi.