

APLIKASI ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY (ERT) UNTUK MENENTUKAN INTERFACE AIR TAWAR DAN AIR ASIN DI PESISIR PULAU TERNATE

Elisabet Ade Saputri Simamora^{1*}, Rizka¹, Wahyudi W. Parnadi², Ramdani Salam³

¹Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera

²Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung

³Prodi Geografi, FKIP Universitas Khairun Ternate

e-mail : simamoraelisabet1@gmail.com

Abstrak. Pulau Ternate merupakan pulau gunungapi kecil, dimana terjadinya intrusi air asin lebih cepat pada pulau gunungapi kecil. Di samping itu, seiring dengan pertambahan penduduk maka kebutuhan air tawar akan semakin meningkat, sehingga eksploitasi air tawar berlebihan akan memicu terjadinya intrusi air asin. Intrusi air asin merupakan penyusupan air asin ke dalam akuifer di pesisir. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi zona intrusi air asin pada daerah penelitian. Salah satu metode geofisika yang dapat memberikan informasi bawah permukaan menggunakan metode geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) dapat memberikan gambaran vertikal dan lateral 2D dari zona intrusi air asin karena kemampuannya untuk mendeteksi variasi resistivitas pada suatu formasi. Pada penelitian ini pengolahan data geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) menggunakan *software* ResIPy. Penelitian ini dilakukan pada pesisir Pulau Ternate pada lokasi Tabam, Taman Eva, dan Togafo. Berdasarkan hasil pengolahan yang diperoleh, pada lokasi penelitian menunjukkan nilai resistivitas 2,8 Ωm – 198,7 Ωm . Berdasarkan hasil penampang resistivitas pada daerah penelitian diduga bahwa lintasan Tabam dan Taman Eva mengalami intrusi air asin. Kedalaman *interface* teridentifikasi pada lintasan Tabam yaitu 28 m, Taman Eva adalah 25 m, dan Togafo 25 m.

Kata Kunci: *Electrical Resistivity Tomography* (ERT); *interface*; intrusi; ResIPy

Abstract. Ternate is a small volcanic island, where salt water intrusion happens faster in such volcanic islands. In addition, along with the ever-increasing number of populations, the need for freshwater will increase, this is also increasing fresh water exploitation, which will trigger salt water intrusion. Salt water intrusion can be defined as the seeping of saltwater to coastal aquifers. Therefore, there is a need to research that identifies saltwater intrusions zones in the research area. One of the geophysics methods that can give under-ground information is the *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) method. The *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) can show 2D vertical and lateral model of salt water intrusion zone because of capability to detect resistivity variations on a formation. In this research, the *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) data was processed using ResIPy software. This research was conducted on Ternate Island's coastal areas at the Tabam, Taman Eva, and Togafo. From the processing result, the resistivity variance is 2,8 Ωm – 198,7 Ωm . From the results shown on the resistivity cross-section on research areas, it was suspected that Tabam and Eva Park path is experiencing saltwater intrusion. The depth of the *interface* zone that was identified in Tabam is 28 m, Eva Park 25 m, and Togafo 25 m with each having freshwater height level of 0,75 m, 0,625 m, and 0,625 m above sea level.

Keywords: *Electrical Resistivity Tomography* (ERT); *interface*; intrusion; ResIPy

PENDAHULUAN

Akuifer di daerah pesisir merupakan sumber utama air minum bagi masyarakat setempat. Meningkatnya kebutuhan air tawar di daerah pesisir berhubungan dengan bertambahnya populasi penduduk di daerah pesisir. Meningkatnya kebutuhan air tawar di daerah pesisir akan mendorong masyarakat setempat melakukan eksploitasi air tawar berlebihan, dan pada akhirnya akan mengakibatkan intrusi air asin (Kazakis dkk., 2015). Intrusi

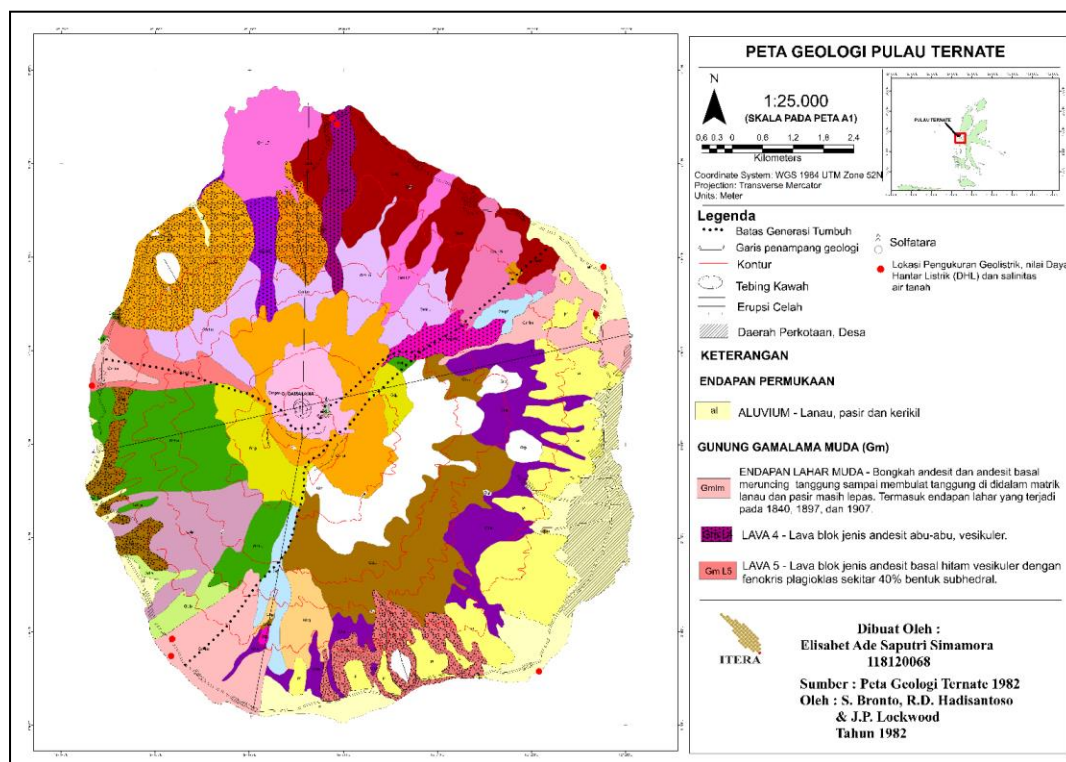
air asin merupakan penyusupan air asin ke dalam akuifer di pesisir. Berdasarkan data BPS, Sensus Penduduk 2020 jumlah penduduk Pulau Ternate adalah 205.001 jiwa dengan populasi penduduk terbanyak adalah di Kecamatan Ternate Selatan, Kecamatan Ternate Tengah dan Kecamatan Ternate Utara. PDAM Pulau Ternate merupakan instansi yang melayani masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air minum di Pulau Ternate. Upaya

penyediaan air bersih kepada masyarakat Pulau Ternate mengalami kendala dalam pelayanannya, hal ini disebabkan karena terjadinya pencemaran dan penurunan kualitas air akibat intrusi atau masuknya air asin ke dalam akuifer air tanah. Pada tahun 2014 Pulau Ternate mengalami krisis air yang sangat serius diakibatkan oleh penurunan debit salah satu mata air terbesar di Pulau Ternate, yaitu Ake Gaale. Adapun intrusi air asin mengakibatkan kondisi tersebut semakin buruk akibat terjadinya pengambilan air yang berlebihan (Team KKMA Mata Air Gaale, 2019).

Identifikasi zona intrusi air asin dapat dilakukan menggunakan metode geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Pada prinsipnya metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) mengukur respon batuan dari bawah permukaan berupa potensial listrik pada dua elektroda potensial akibat adanya arus yang diinjeksikan ke dalam bumi melalui elektroda arus. Metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) dapat memberikan gambaran vertikal dan lateral dari zona intrusi air asin karena kemampuannya untuk mendeteksi variasi resistivitas pada suatu formasi berdasarkan

salinitas air pada pori batuan. Alhasil, metode ini dapat menggambarkan zona intrusi air asin pada akuifer dekat pantai (Chen dkk., 2018).

Penelitian terkait investigasi intrusi air asin dengan menggunakan metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Hashim dkk. (2017) yaitu menggunakan *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) untuk menentukan intrusi air asin di akuifer pantai dan mengkonfirmasi bahwa profil intrusi air asin efektif diinvestigasi dengan *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Pemodelan data *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) menggunakan RES2DINV menghasilkan profil resistivitas 2D pada daerah penelitian UMP, Tanjung Batu, dan Nenas. Nilai resistivitas rendah ($<5 \Omega m$) diidentifikasi dalam profil resistivitas bawah permukaan merupakan indikator untuk menentukan intrusi air asin dalam daerah penelitian (Hashim dkk., 2017). Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Parnadi dkk. (2021) mengenai konservasi air tanah pulau vulkanik kecil dan dinamika zona *interface* air tawar dan air asin berdasarkan data *Electrical Resistivity Tomography*



Gambar 1. Peta Geologi Pulau Ternate (Bronto dkk., 1982)

(ERT) di Pulau Ternate. Berdasarkan hasil pengolahan dengan menggunakan RES2DINV, diperoleh bahwa zona *interface* air tawar dan air asin dapat teramati melalui *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Adapun perubahan zona *interface* air tawar dan air asin dapat diidentifikasi *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Perubahan zona tersebut disebabkan oleh reklamasi wilayah pesisir.

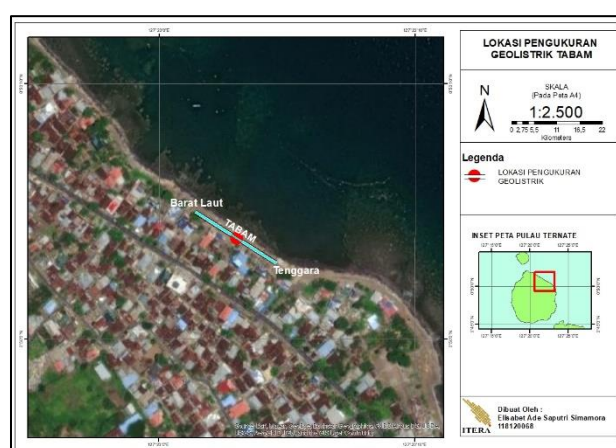
Adapun *software* yang digunakan dalam pengolahan data *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) pada penelitian ini adalah *software* ResIPy. *Software* ResIPy merupakan *software open-source* yang dikembangkan untuk memfasilitasi pengolahan, pemodelan, dan inversi data geolistrik. ResIPy ditulis dengan python dan *open-source*. Salah satu penelitian yang menggunakan *software* ResIPy dilakukan oleh Blanchy dkk. (2020), mengenai penggunaan *software* ResIPy dalam pengolahan data geolistrik.

METODOLOGI

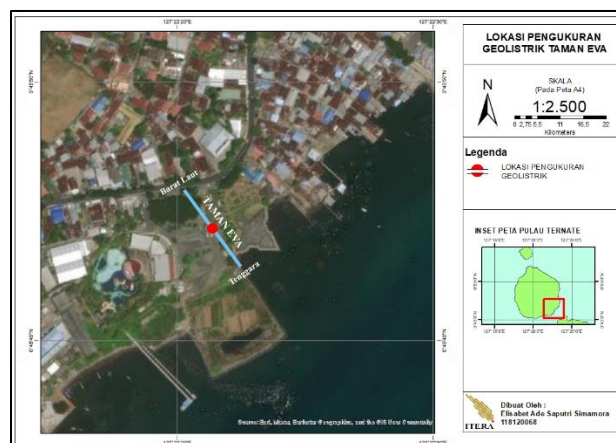
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) yang dapat menunjukkan distribusi resistivitas bawah permukaan (Perrone dkk., 2014). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari penelitian Salam (2017) berupa data geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) dengan jumlah lintasan sebanyak 3 lintasan dengan masing-masing lintasan sepanjang 115 meter dan jumlah elektroda sebanyak 24 buah. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan konfigurasi *Wenner* dengan jarak elektroda 5 meter. Konfigurasi *Wenner* merupakan konfigurasi yang sederhana dimana elektroda arus dan elektroda potensial ditempatkan dalam satu baris dengan jarak antar elektroda yang seragam (Reynolds, 1997). Lokasi pengukuran pada lintasan Tabam ditunjukkan pada Gambar 2, pada lintasan Taman Eva ditunjukkan pada Gambar 3, serta pada lintasan Togafo ditunjukkan pada Gambar 4. Alat yang digunakan adalah resistivimeter yaitu ARES. Pengolahan data

geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) menggunakan *software* ResIPy untuk mengidentifikasi zona *interface* air asin dan air tawar di pesisir Pulau Ternate.

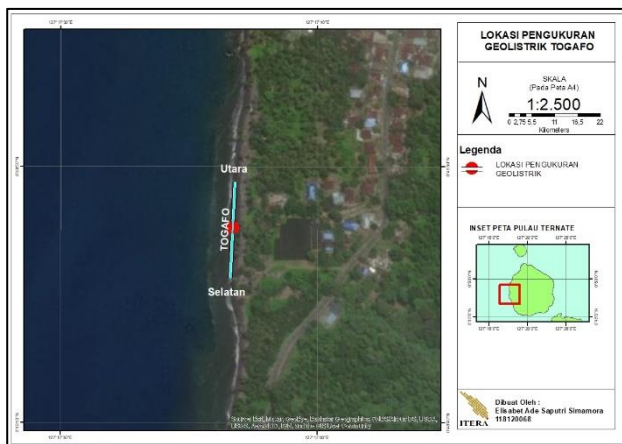
Secara geologi, lokasi pengukuran geolistrik terletak pada satuan endapan aluvium (al) berupa lanau, pasir, dan kerikil termasuk pada lintasan Tabam dan Taman Eva. Adapun pada lintasan Togafo terletak pada satuan endapan GmL5 berupa lava blok jenis andesit basal hitam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 2. Desain survei pengukuran geolistrik Tabam



Gambar 3. Desain survei pengukuran geolistrik Taman Eva



Gambar 4. Desain survei pengukuran geolistrik Togafu

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model Bawah Permukaan Resistivitas 2D di Pesisir Pulau Ternate

Pengolahan data geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) pada *software* ResIPy memberikan informasi bawah permukaan secara lateral dan vertikal. Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan pada *software* ResIPy, disajikan Tabel 1 yang menunjukkan hasil pemodelan bawah permukaan berupa penampang resistivitas bawah permukaan pada setiap lintasan beserta dengan parameter pemodelan yang digunakan pada *software* ResIPy.

Pada pengolahan yang dilakukan, setiap lintasan memiliki panjang lintasan yang sama, yaitu 115 meter. Berdasarkan perumusan matematis oleh Loke (1999) dimana penetrasi kedalaman yang dapat dijangkau oleh suatu pengukuran geolistrik dengan menggunakan konfigurasi *Wenner* adalah $1/5$ panjang lintasan. Maka, dalam penelitian ini penetrasi kedalaman yang dapat dijangkau pada setiap lintasan adalah sama sebesar 30 meter. Adapun nilai minimum dan maksimum nilai resistivitas pada penampang bawah permukaan hasil inversi yang dihasilkan berkisar antara 2,8-198,7 Ωm .

Dalam melakukan pemodelan inversi dengan menggunakan *software* ResIPy terlebih dahulu dilakukan penentuan parameter pemodelan yang akan digunakan. Pada setiap lintasan menggunakan parameter pemodelan yang sama.

Beberapa parameter pemodelan yang digunakan diantaranya adalah *parameter selection*, dimana pada penelitian ini menggunakan data geolistrik sehingga *parameter selection* yang akan diestimasi adalah *resistivity*. *Calibration point* yang dilakukan pada pengolahan dengan menggunakan *software* ResIPy yaitu dalam proses *data filtering*. Adapun proses data *filtering* ini bertujuan untuk mengeliminasi data pengukuran yang buruk. Jenis pemodelan yang dilakukan pada pengolahan data geolistrik dengan menggunakan *software* ResIPy yaitu pemodelan numerik *finite element mesh*. Dengan menggunakan *finite element mesh*, daerah solusi 2D dibagi menjadi jumlah *finite*/tak hingga elemen linear yang saling terhubung satu sama lain dengan *node*. Adapun *stochastic model* yang digunakan adalah *triangular mesh*. Selanjutnya, parameter model menunjukkan *minimum apparent resistivity* dan *maximum apparent resistivity* yaitu bernilai 1 Ωm hingga 5000 Ωm , hal ini berarti pada penampang resistivitas inversi yang akan dihasilkan hanya akan memuat nilai resistivitas pada batasan yang telah dibuat. *Parameter statistic* yang digunakan pada pengolahan data geolistrik pada *software* ini ditunjukkan oleh *value for tolerance* yang bernilai 1. Berdasarkan *chiv-squared distribution graph* yang menunjukkan distribusi kontinu diberikan oleh k , pada nilai k sama dengan 1 menggambarkan kurva distribusi kontinu yang lebih cocok (Kissell, 2017). Pada *software* ResIPy digunakan jenis *objective function* yaitu *weighted least-squares*. *Objective function* bertujuan untuk meminimalisasi *norm misfit* atau ketidakcocokan antara data lapangan dengan data kalkulasi dari model yang dibuat. Penentuan parameter pembobotan yaitu untuk menggambarkan *error* dalam data, jika semakin tinggi *error* dalam data pengukuran maka penentuan nilai a dan b semakin tinggi pula (Binley, 2015). Proses *minimization algorithm* ini pada dasarnya meng-*update* parameter untuk meminimumkan *objective function* yang bertujuan untuk mencapai *misfit* minimum. *Minimization algorithm* yang digunakan dalam proses inversi dengan menggunakan *software* ini

Tabel 1. Hasil pengolahan data dan parameter pemodelan pada software ResIPy

Lintasan	Panjang Lintasan (m)	Penetrasi Kedalaman (m)	Parameter Pemodelan										Nilai resistivitas (Ωm)	
			Parameter Selection	Calibration Points	Jenis Pemodelan	Stochastic Model	Parameter model (Ωm)	Parameter statistic	Objective Function	Minimization Algorithm	Convergence Criteria	Residual and error analyses	Minimum	Maximum
Tabam	115	30	Resistivity	Data filtering	Finite Element Mesh	Triangular Mesh	1-5000	1	Weighted least-squares	Gauss-Newton method	3	1	3	198,7
Taman Eva	115	30	Resistivity	Data filtering	Finite Element Mesh	Triangular Mesh	1-5000	1	Weighted least-squares	Gauss-Newton method	1	0,83	2,8	37,4
Togafo	115	30	Resistivity	Data filtering	Finite Element Mesh	Triangular Mesh	1-5000	1	Weighted least-squares	Gauss-Newton method	2	1,01	4,6	126,8

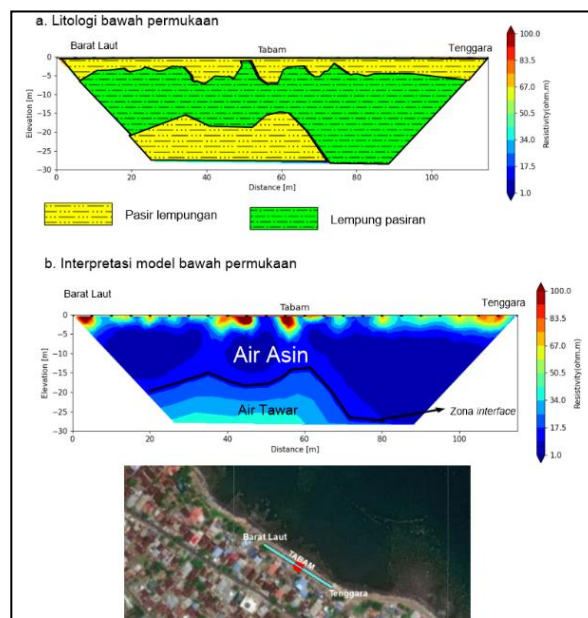
Parameter Output Parameter Input

adalah dengan *Gauss-Newton method*. Kemudian, pada proses pemodelan bawah permukaan dalam software ResIPy, dilakukan dengan iterasi yang berbeda-beda yang ditunjukkan oleh parameter *convergence criteria*. *Convergence criteria* bertujuan untuk mendapatkan hasil yang konvergen. Dalam pengolahan yang dilakukan diperoleh juga nilai *final RMS misfit* yang ditunjukkan oleh *residual and error analyses*, dimana pada pengolahan yang dilakukan dihasilkan nilai *final RMS misfit* yang kecil yaitu berkisar 0,83-1,01.

1. Lintasan Tabam

Pengukuran geolistrik 2D yang dilakukan pada lintasan Tabam ini memiliki bentangan yang berorientasi pada arah Barat Laut-Tenggara. Berdasarkan penampang bawah permukaan yang diperoleh pada Gambar 5 terlihat bahwa lapisan atas merupakan lapisan yang tersaturasi air tawar dimana nilai resistivitasnya berkisar antara 10-100 Ωm . Zona *interface* air tawar dan air asin pada lintasan ini diperkirakan pada nilai resistivitas yang berkisar pada 1-10 Ωm pada kedalaman 5-28 m dengan litologi lempung pasir. Pada hasil penampang yang diperoleh dapat ditunjukkan bahwa pada lintasan Tabam diduga terjadi intrusi air asin, dimana pada penampang air asin berada diantara lapisan yang mengandung air tawar. Air asin pada lintasan ini seolah-olah menyusup ke dalam akuifer dekat pantai. Intrusi air asin pada lintasan Tabam ini ditandai oleh resistivitas rendah pada penampang bawah permukaan, dimana nilai resistivitas rendah

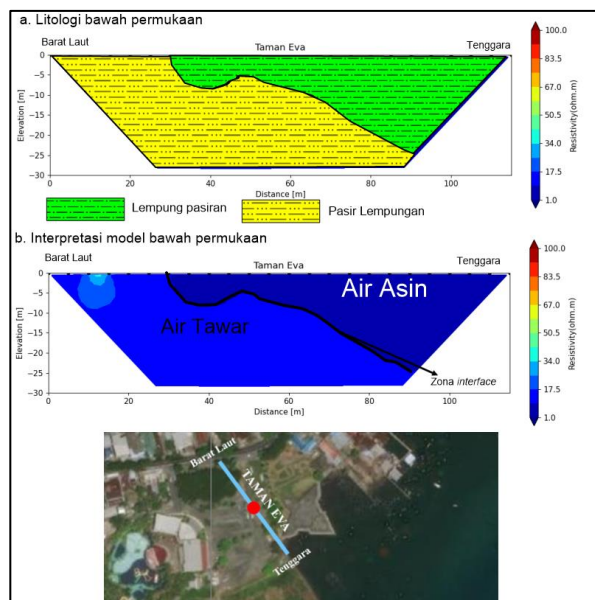
ini dipengaruhi oleh kondisi elektrolit air asin. Pada air asin terdapat ion-ion Na^+ dan Cl^- yang mampu menghantarkan arus listrik sehingga nilai resistivitasnya rendah (Luz dan Regis, 2009). Adapun berdasarkan peta geologi Bronto dkk., (1982), batuan penyusun lintasan Tabam merupakan batuan aluvium berupa pasir, lanau, dan kerikil. Lokasi yang memiliki batuan penyusun yang demikian dimungkinkan mengalami intrusi air asin.



Gambar 5. Penampang resistivitas bawah permukaan lintasan Tabam

2. Lintasan Taman Eva

Pengukuran geolistrik yang dilakukan pada lintasan Taman Eva memiliki bentangan yang berorientasi pada arah Barat Daya-Timur Laut. Pada Gambar 6, lapisan aluvial yang tersaturasi air tawar memiliki nilai resistivitas berkisar antara 10-30 Ωm . Sedangkan lapisan yang dipengaruhi oleh air asin memiliki nilai resistivitas berkisar antara 1-10 Ωm . Zona *interface* pada lintasan ini teridentifikasi pada kedalaman 25 m. Berdasarkan penampang resistivitas, terlihat bahwa lintasan ini dominan dipengaruhi oleh air asin dan diduga bahwa pada daerah ini mengalami intrusi air asin. Intrusi air asin pada lintasan Tabam ini ditandai oleh resistivitas rendah pada penampang bawah permukaan, dimana nilai resistivitas rendah ini dipengaruhi oleh kondisi elektrolit air asin. Pada air asin terdapat ion Na^+ dan Cl^- yang mampu menghantarkan arus listrik sehingga nilai resistivitasnya rendah (Luz dan Regis, 2009). Terjadinya intrusi air asin pada daerah ini dimungkinkan terjadi karena pada lintasan ini jika dilihat dari informasi geologinya oleh Bronto dkk., (1982), lintasan ini terletak pada litologi aluvium berupa lanau, pasir dan kerikil. Di samping itu, daerah Taman Eva yang sebagai tempat pemukiman, masyarakat setempat cenderung akan melakukan eksploitasi air tawar secara berlebihan dengan tujuan memenuhi kebutuhan sehari-hari. Jika dihubungkan keduanya, ketika akuifer air tanah yang telah habis dieksploitasi kemudian akan terisi oleh air asin. Menurut Achmad dkk. (2016), pengambilan air tanah secara berlebihan tanpa memperhitungkan kemampuan batuan dalam mengembalikan air tanah merupakan faktor yang menyebabkan terjadinya intrusi air asin. Pada lintasan Taman Eva kedalaman zona *interface* makin dangkal karena imbuhan air tawar berkurang sehingga desakan air asin ke arah darat semakin kuat (Kusrini, 2018).

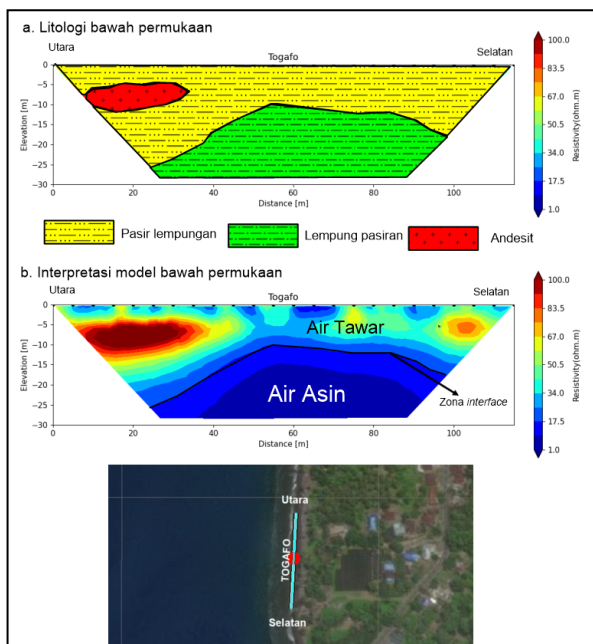


Gambar 6. Penampang resistivitas bawah permukaan lintasan Taman Eva

3. Lintasan Togafo

Pada pengukuran geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) yang dilakukan di lintasan dataran aluvial Gamalama muda Togafo memiliki bentangan yang berorientasi pada arah Utara-Selatan. Berdasarkan penampang bawah permukaan yang diperoleh pada Gambar 7, lapisan aluvial yang tersaturasi air tawar terlihat hingga kedalaman 20 m dengan nilai resistivitas 50-100 Ωm . Sedangkan lapisan yang dipengaruhi air asin adalah bagian paling bawah pada kedalaman 25-30 m dengan nilai resistivitas 1-10 Ωm . Pada penampang yang diperoleh juga terlihat zona *interface* antara air tawar dan air asin yaitu pada kedalaman 25 m. Adapun berdasarkan penampang resistivitas bawah permukaan yang diperoleh pada lintasan ini menunjukkan bahwa lapisan bawah permukaannya tidak menunjukkan adanya pencampuran air asin dengan air tawar, ditunjukkan pula bahwa zona *interface* pada lintasan ini cukup jelas terlihat. Intrusi air asin diduga tidak terjadi pada lintasan Togafo, hal ini karena berdasarkan geologi Pulau Ternate oleh Bronto dkk., (1982) lintasan ini terdiri dari batuan andesit, sehingga tidak dimungkinkan mengalami intrusi air asin. Disamping itu, pada lintasan ini juga persebaran penduduk tidak sebanyak di bagian Pulau

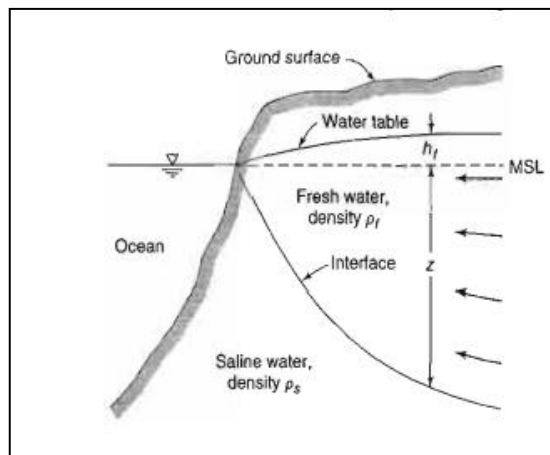
Ternate lainnya. Hal itu menyebabkan kebutuhan air tawar tidak terlalu meningkat.



Gambar 7. Penampang resistivitas bawah permukaan lintasan Togafu

B. Hubungan Air Tawar dan Air Asin di Daerah Penelitian

Berdasarkan penampang resistivitas bawah permukaan yang diperoleh, selanjutnya dapat digambarkan hubungan air tawar dan air asin pada setiap lintasan daerah penelitian dengan mengikuti sketsa ideal hubungan antara air tawar dan air asin pada akuifer dekat pantai oleh Todd dan Larry (2005) pada Gambar 8. Dalam pembuatan hubungan air tawar dan air asin ini diasumsikan bahwa kondisi akuifer pantai dalam keseimbangan hidrostatik dan tidak adanya pencampuran antara air tawar dan air asin. Adapun pengukuran geolistrik yang dilakukan pada daerah penelitian pesisir Pulau Ternate dengan membuat jarak antara kabel dan garis pantai adalah 3 m. Dengan kondisi demikian, maka dianggap bahwa muka air tanah sejajar dengan muka air asin dan kedalaman zona *interface* masih dapat dideteksi oleh resistivimeter



Gambar 8. Sketsa ideal hubungan antara air tawar dan air asin pada akuifer dekat pantai (Todd dan Larry, 2005)

Dalam membuat hubungan air tawar dan air asin ini, dengan menggunakan hasil kedalaman zona *interface* yang diperoleh dari penampang resistivitas bawah permukaan dengan hasil *software* ResIPy. Kemudian dengan menggunakan persamaan menghitung kedalaman *interface* dapat dinyatakan dalam formulasi oleh Ghijben dan Herzberg (1901), sebagai berikut:

$$z = \frac{\rho_{fresh}}{\rho_{salt} - \rho_{fresh}} h_f \quad (1)$$

dengan:

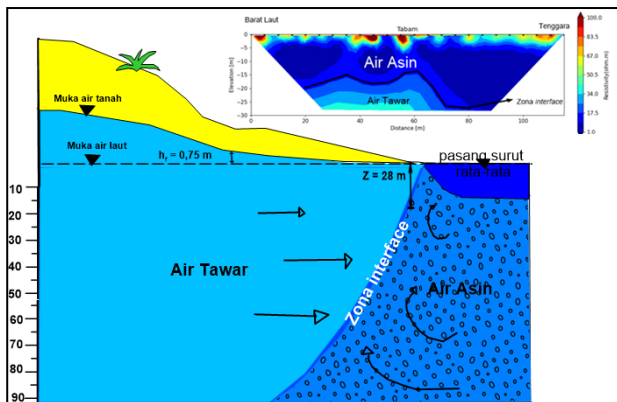
- ρ_{salt} : densitas air asin (1025 kg/m³)
- ρ_{fresh} : densitas air tawar (1000 kg/m³)
- g : percepatan gravitasi (m/s²)
- h_f : ketinggian air tawar di atas permukaan air asin (m)
- z : kedalaman *interface* (m)

Kedalaman zona *interface* pada setiap lintasan diperoleh berdasarkan perkiraan pada penampang resistivitas bawah permukaan, sehingga dengan menggunakan formulasi diatas dapat dihitung ketinggian air tawar di atas permukaan laut pada setiap lintasan.

1. Lintasan Tabam

Pada penampang resistivitas bawah permukaan lintasan Tabam diperoleh kedalaman

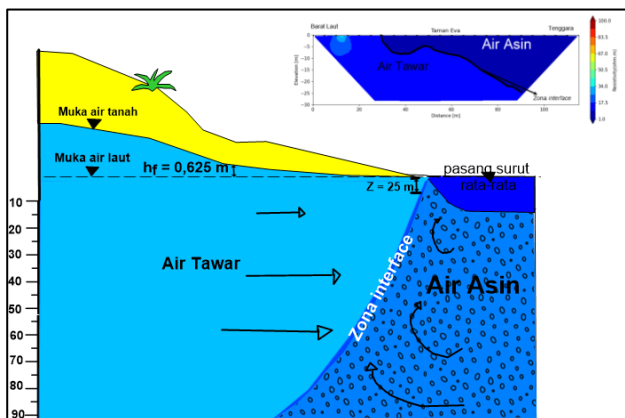
zona *interface* pada lintasan ini terlihat pada kedalaman 28 m. Dengan menggunakan persamaan Ghijben dan Herzberg (1901), diperoleh nilai ketinggian air tawar di atas permukaan laut yaitu 0,75 m. Dapat digambarkan hubungan air tawar dan air asin pada lintasan ini seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan air tawar dan air asin lintasan Tabam yang sejajar pantai

2. Lintasan Taman Eva

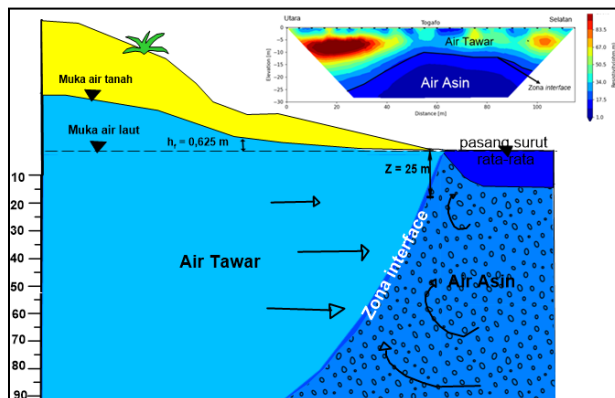
Pada penampang resistivitas bawah permukaan lintasan Taman Eva diperoleh kedalaman zona *interface* pada lintasan ini terlihat pada kedalaman 25 m. Dengan menggunakan persamaan Ghijben dan Herzberg (1901), diperoleh nilai ketinggian air tawar di atas permukaan laut yaitu 0,625 m. Dapat digambarkan hubungan air tawar dan air asin pada lintasan ini seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan air tawar dan air asin lintasan Taman Eva yang tegak lurus pantai

3. Lintasan Togafa

Pada penampang resistivitas bawah permukaan lintasan Togafa diperoleh kedalaman zona *interface* pada lintasan ini terlihat pada kedalaman 25 m. Dengan menggunakan persamaan Ghijben dan Herzberg (1901), diperoleh nilai ketinggian air tawar di atas permukaan laut yaitu 0,625 m. Dapat digambarkan hubungan air tawar dan air asin pada lintasan ini seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Hubungan air tawar dan air asin lintasan Togafa yang sejajar pantai

PENUTUP

Simpulan dan Saran

Berdasarkan model bawah permukaan geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) diperoleh bahwa pada lintasan beting gisik nilai resistivitas 0-10 Ω m merupakan litologi pasir/beting gisik, dan pada dataran aluvial nilai resistivitas 0,5-10 Ω m merupakan litologi lempung pasir, nilai resistivitas 10-100 Ω m merupakan litologi endapan gunungapi berupa pasir lempungan, dan nilai resistivitas >100 merupakan litologi material vulkanik berukuran sedang dan bongkah. Berdasarkan hasil penampang resistivitas pada daerah penelitian diduga bahwa lintasan Tabam dan Taman Eva mengalami intrusi air asin. Kedalaman zona *interface* teridentifikasi pada lintasan dataran aluvial Tabam yaitu 28 m, Taman Eva adalah 25 m, dan Togafa 25 m serta ketinggian air tawar di atas permukaan laut dengan perumusan matematis Ghijben dan Herzberg (1901) diperoleh bahwa pada lintasan Tabam ketinggian air tawar di atas permukaan laut adalah 0,75 m, pada lintasan Taman

Eva ketinggian air tawar di atas permukaan laut adalah 0,625 m, serta pada lintasan Togafo ketinggian air tawar di atas permukaan laut adalah 0,625 m.

Saran untuk penelitian selanjutnya diperlukan data pendukung lain seperti data geolistrik 1D maupun data lubang bor untuk mengkonfirmasi kedalaman zona *interface* air tawar dan air asin pada pesisir Pulau Ternate. Selain itu, dalam melakukan pengolahan data geolistrik menggunakan *software* ResIPy dapat mengeksplorasi jenis inversi dengan *mode* regularisasi lain yang tersedia pada *software* ResIPy. Pada penelitian berikutnya perlu dilakukan penelitian hidrogeokimia yang lebih detail pada daerah pesisir Pulau Ternate.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Dr. rer. nat. Ir. Wahyudi Widyatmoko Parnadi MS dan Rizka, S.T., M.T., yang telah membimbing, mengarahkan, dan mendukung peneliti dalam melakukan penelitian ini. Terima kasih kepada Dr. Ramdani Salam, S.Si., M.T., yang telah memberikan kesempatan bagi peneliti untuk menggunakan data penelitiannya. Terima kasih kepada Professor Andrew Binley yang telah memberikan pemahaman dalam menggunakan *software* ResIPy

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, R., Muhammad, P. H., dan Setyawan, P. (2016). Kerentanan Penyusupan Air Laut di Pesisir Utara Pulau Ternate. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. 23, No.2, hal. 163-168.

<https://doi.org/10.22146/jml.18787>

Binley, A. (2015). Tools and Techniques: DC Electrical Methods, In: Treatise on Geophysics, 2nd. Elsevier, Vol. 11, hal. 233-259.

<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53802-4.00192-5>

Blanchy, G., Saneiyani, S., Boyd, J., McLachlan, P., dan Binley, A. (2020). ResIPy, an intuitive open source software for complex geoelectrical

inversion/modeling. *Computers and Geosciences*.

<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104423>.

BPS Kota Ternate, (2020). Statistik Daerah Kecamatan Ternate Utara 2020. Diambil 15 Mei 2022

<https://ternatekota.bps.go.id/>

Bronto, S., Hadisantono, R., dan Lockwood, J. (1982). Peta Geologi Gunungapi Gamalama. *Ternate, Maluku Utara Direktorat Vulkanologi*.

<https://vsi.esdm.go.id/>

Chen, T.-T., Hung, Y.-C., Hsueh, M.-W., Yeh, Y.-H., dan Weng, K.-W. (2018). Evaluating the Application of Electrical Resistivity Tomography for Investigating Seawater Intrusion. *Electronics*, Vol. 7, hal. 107

<https://doi.org/10.3390/electronics7070107>

Hashim, M. M., Samuding, K., Zawawi, M. H., Daung, J. A., Zulkurnain, M. H., dan Mohamad, K. (2017). Application of Geophysical Method for Determining Seawater Intrusion in Coastal Aquifer. *INIS*, Vol. 48, hal. 24

Herzberg, A. (1901). The water supply of some North Sea spas. *Hydrogeology Journal*, Vol. 44, hal. 815-819.

<https://doi.org/10.1007/s10040-018-1772-8>

Kazakis, N., Pavlou, A., Vargemesis, G., Voudouris, K., Soulios, G., Pliakas, F., dan Tsokas, G. (2015). Seawater intrusion mapping using electrical resistivity tomography and hydrochemical data. An application in the coastal area of eastern Thermaikos Gulf, Greece. *Science of the Total Environment*, Vol. 543, 373-387.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.041>

Kissell, R. (2017). *Optimal Sports Math, Statistics, and Fantasy*. London: Academic Press.

Kusrini. (2019). Sebaran Air Tanah Dangkal Di Permukaan Sekitar Pantai Kecamatan Ternate Utara Kota Ternate. *Jurnal GeoCivic*, Vol. 1, No.2, hal. 2301-4334.

<http://dx.doi.org/10.33387/geocivic.v1i2.1102>

Loke, M. (1999). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A

practical guide to 2-D and 3-D surveys. Vol. 2, hal.70.

Luz, E. d., dan Regis, C. R. (2009). Influence of sea water resistivity on MCSEM data. *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 27, No.3, hal. 349-356.

<https://doi.org/10.1590/S0102-261X2009000300004>

Parnadi, W. W., Salam, R., dan Wahyu, L. S. (2021). Groundwater conservation small volcanic island and the dynamics of its freshwater and saltwater interfaces revealed from Electrical Resistivity Tomography: a case study from Ternate Island, International tropical Renewable Energy Conference (i-TREC).

Perrone, A., Lapenna, V., dan S.Piscitelli. (2014). Electrical resistivity tomography technique for landslide investigation: A review. *Earth-Science Reviews*, 135, 65-82.

<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.04.002>

Salam, R. (2017). *Tipologi Akuifer Pada Bentuk Lahan Marin dan Bentuk Lahan Gunungapi di Pulau Ternate* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada)

Team KKMA Mata Air Ake Gaale, (2019). Kajian Kerentanan Mata Air Ake Gaale. Diambil 20 Mei 2022, dari

<https://www.iuwashplus.or.id/cms/wp-content/uploads/2019/12/IUWASH-PLUS-DOKUMEN-KKMA-Ake-Gaale-Ternate-20182019.pdf>

Todd, D. K., dan Larry, W. (2005). *Groundwater Hydrology*. United States of America: John Wiley&Sons, Inc.
