

Estimating The Distribution of Sea Water Intrusion in Sengkubang Village Based on The Resistivity Value

(Pendugaan Sebaran Intrusi Air Laut di Desa Sengkubang Berdasarkan Nilai Resistivitas)

Nasya Putri Maulia, Muhardi^{*)}, Radhitya Perdhana

*Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia*

ABSTRACT

The fulfillment of clean water needs in Sengkubang Village is done by utilizing groundwater, which in some locations still has a brackish to salty. This situation is one indication of seawater intrusion into groundwater because Sengkubang Village is a coastal area. This study aims to estimate the distribution of seawater intrusion based on the subsurface resistivity value. The method used is the resistivity method with dipole-dipole configuration. Measurements in the field apply six lines with a length of 55 m and the smallest electrode distance of 5 m. The distance of each line from the coastline is approximately 410 m, 485 m, 560 m, 635 m, 710 m, and 785 m. The interpretation results show that the seawater intrusion at the study area has a resistivity value of $0.223 \Omega\text{m} - 5.03 \Omega\text{m}$ at a depth of 0.854 m to 10.9 m. The subsurface layer at the study site is composed of sand, sandy clay, and gravel sand mixed with silt. The unconfined aquifer layer, which is interpreted as sand, is thought to have experienced seawater intrusion to 785 m from the coastline.

Pemenuhan kebutuhan air bersih di Desa Sengkubang dilakukan dengan memanfaatkan air tanah yang di sebagian lokasi masih mempunyai rasa payau hingga asin. Keadaan tersebut merupakan salah satu indikasi terjadinya intrusi air laut pada air tanah, karena Desa Sengkubang berada di kawasan pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk menduga sebaran intrusi air laut berdasarkan nilai resistivitas bawah permukaan. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi dipol-dipol. Pengukuran di lapangan menerapkan 6 lintasan dengan panjang 55 m dan jarak elektroda terkecil sebesar 5 m. Jarak masing-masing lintasan dari garis pantai yaitu kurang lebih 410 m, 485 m, 560 m, 635 m, 710 m, dan 785 m. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa intrusi air laut yang terjadi di lokasi penelitian memiliki nilai resistivitas sebesar $0,223 \Omega\text{m} - 5,03 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 0,854 m hingga 10,9 m. Lapisan bawah permukaan tersusun atas pasir, lempung pasir, dan pasir kerikil tercampur lanau. Lapisan akuifer dangkal diinterpretasi berupa pasir diduga telah mengalami intrusi air laut hingga 785 m dari garis pantai.

Keywords: Dipole-dipole, Groundwater, Intrusion, Resistivity, Seawater.

^{*)}Corresponding author:
Muhardi
E-mail: muhardi@physics.untan.ac.id

PENDAHULUAN

Ketersediaan air menjadi standar kesejahteraan bagi kehidupan masyarakat pedesaan maupun perkotaan. Sumber air bersih umumnya berasal dari air hujan, sungai, danau, dan air tanah. Air tanah adalah air permukaan yang meresap ke bawah permukaan dan tersimpan di lapisan tanah atau batuan yang disebut akuifer [1]. Air tanah yang berasal dari akuifer dalam dapat dimanfaatkan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan hidup, karena mempunyai kualitas yang lebih baik dan jarang mengalami pencemaran jika dibandingkan dengan air yang ada di permukaan [2].

Desa Sengkubang terletak di Kecamatan Mempawah Hilir, Kabupaten Mempawah. Berdasarkan observasi awal terhadap masyarakat yang tinggal di Desa Sengkubang, kebutuhan air bersih umumnya menggunakan air tanah yang diperoleh dari sumur bor. Namun, air sumur tersebut masih mempunyai warna yang keruh dan rasa yang payau hingga asin. Keadaan tersebut merupakan salah satu indikasi terjadinya intrusi air laut pada air tanah [3]. Keberadaan akuifer di daerah pesisir, formasi geologi penyusun setempat, serta penggunaan air tanah menyebabkan akuifer berpotensi mengalami intrusi air

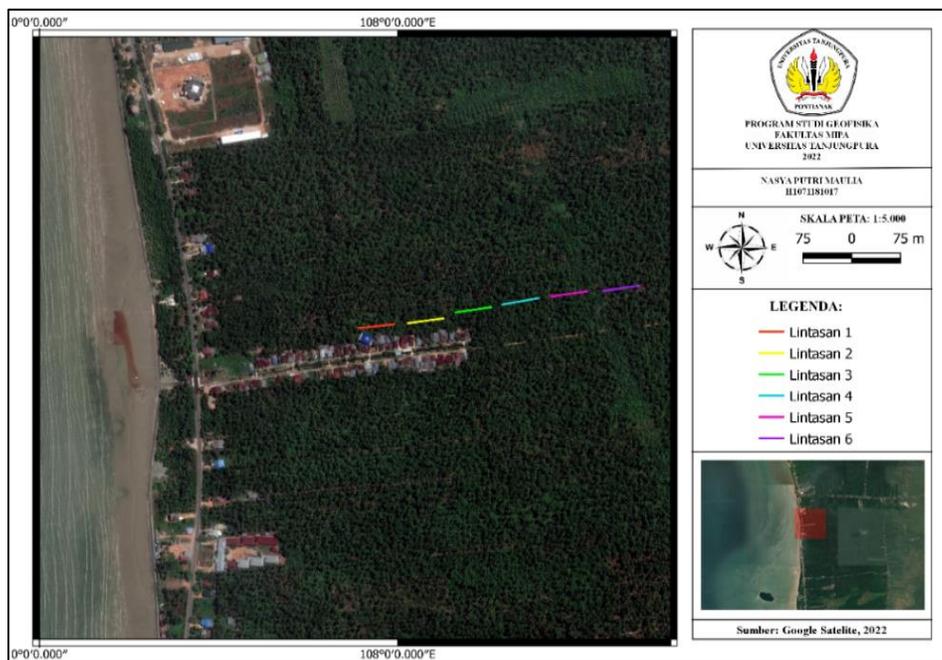
laut [4]. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai intrusi air laut di Desa Sengkubang.

Salah satu survei geofisika yang dapat digunakan untuk menduga sebaran intrusi air laut adalah metode geolistrik resistivitas. Metode ini dapat mengidentifikasi variasi resistivitas dari material atau batuan bawah permukaan. Nilai resistivitas pada lapisan batuan dapat dipengaruhi oleh keberadaan fluida pada celah atau pori-pori tanah atau batuan [5]. Intrusi air laut yang terdapat di lapisan akuifer dapat mengakibatkan perubahan nilai resistivitas. Air laut merupakan larutan elektrolit karena mengandung unsur garam seperti klorida (Cl) [6], sehingga mudah menghantarkan arus listrik [7]. Sifat kelistrikan tersebut ditunjukkan dengan variasi nilai konduktivitas, yang merupakan kebalikan dari nilai resistivitas [8]. Nilai resistivitas yang kecil mengindikasikan terjadinya intrusi air laut pada lapisan akuifer. Metode geolistrik resistivitas telah banyak digunakan dan terbukti berhasil mengidentifikasi sebaran intrusi air laut [10, 11, 12]. Konfigurasi yang

digunakan pada penelitian ini adalah konfigurasi dipol-dipol karena mampu mengidentifikasi kondisi bawah permukaan secara horizontal dan cocok untuk mengamati air tanah di wilayah pesisir [12] 14, 15].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 22-23 Juli 2022 di Desa Sengkubang, Kecamatan Mempawah Hilir, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. Daerah yang dijadikan sebagai objek penelitian ini terletak antara $0^{\circ}25'22,87''$ - $0^{\circ}25'25,01''$ LU dan $108^{\circ}56'56,94''$ - $108^{\circ}57'10,86''$ BT. Akuisisi data di lapangan menggunakan alat geolistrik Geotitis GL-MD-300-16 channel, dengan 6 lintasan yang memiliki panjang masing-masing 55 m. Keenam lintasan tersebut masing-masing mewakili lokasi dengan jarak dari garis pantai yang bervariasi, dengan orientasi barat-timur, seperti pada Gambar 1.



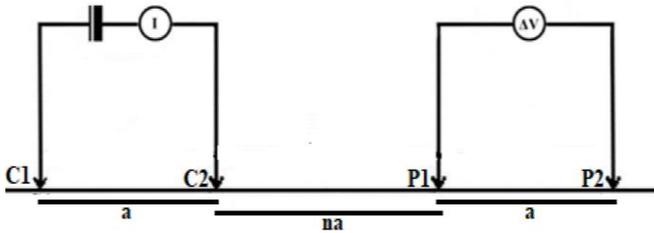
Gambar 1. Desain keenam lintasan pengukuran [5]

Data yang diperoleh adalah besar arus I (A) dan beda potensial ΔV (V). Data ini digunakan untuk memperoleh nilai resistivitas semu ρ_a (Ωm), yang dirumuskan dengan persamaan (1).

$$\rho_a = \kappa \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Penelitian ini menerapkan konfigurasi dipol-dipol seperti pada Gambar 2, jarak elektroda arus C_1 dan C_2 dan elektroda potensial P_1 dan P_2 konstan yaitu a sejauh 5 m. Jarak elektroda arus C_2 dan elektroda potensial P_1 sebesar na , dengan faktor rasio n yaitu 1 sampai 9. Pada saat objek yang diteliti bertambah

kedalamannya, maka nilai n yang dibutuhkan bertambah besar [16].



Gambar 2. Susunan elektroda konfigurasi dipol-dipol [15]

Konfigurasi elektroda arus dan potensial akan mempengaruhi nilai faktor geometri $\kappa (m)$. Faktor geometri pada konfigurasi dipol-dipol dirumuskan dengan persamaan (2).

$$\kappa = \pi a n(n + 1)(n + 2) \quad (2)$$

Pengolahan data dilakukan untuk mengidentifikasi nilai resistivitas semu $\rho_a (\Omega m)$. Resistivitas semu pada konfigurasi dipol-dipol dirumuskan dengan persamaan (3).

$$\rho_a = \pi a n(n + 1)(n + 2) \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

Nilai resistivitas semu yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan proses inversi untuk mendapatkan penampang resistivitas yang sebenarnya

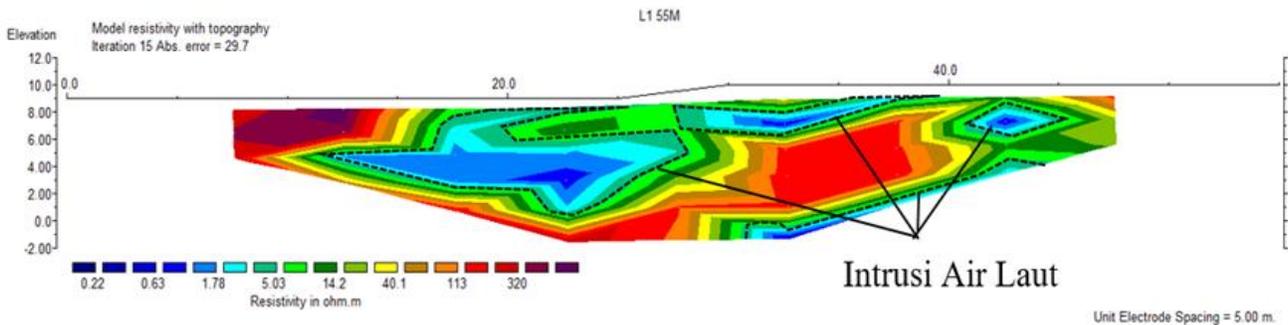
dalam 2D. Hasil ini dimanfaatkan untuk mengamati kondisi lapisan bawah permukaan dan lapisan akuifer yang diduga terintrusi air laut berdasarkan pendekatan nilai resistivitas, seperti pada Tabel 1, geologi daerah penelitian [17], dan penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Nilai resistivitas material bumi [19, 20]

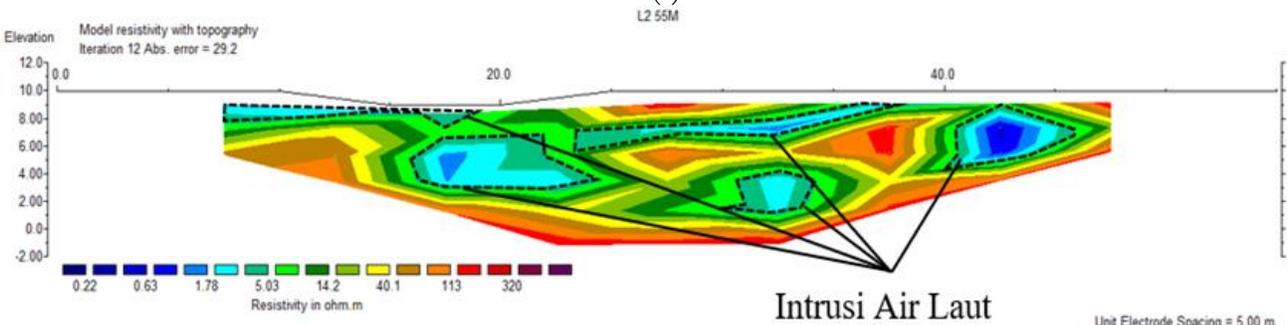
Jenis material	Resistivitas (Ωm)
Air laut (sea water)	0,2
Air permukaan pada batuan beku	0,1 s.d. 3.000
Air permukaan pada batuan sedimen	10 s.d. 100
Air tanah (ground water)	0,5 s.d. 300
Air dengan salinitas 3%	0,15
Air dengan salinitas 20%	0,05
Kerikil (gravel)	100 s.d. 600
Lempung (clay)	1 s.d. 100
Pasir (sand)	1 s.d. 1.000
Lanau (silt)	10 s.d. 200
Lempung pasir (sandy clay)	80 s.d. 1.050

HASIL DAN PEMBAHASAN

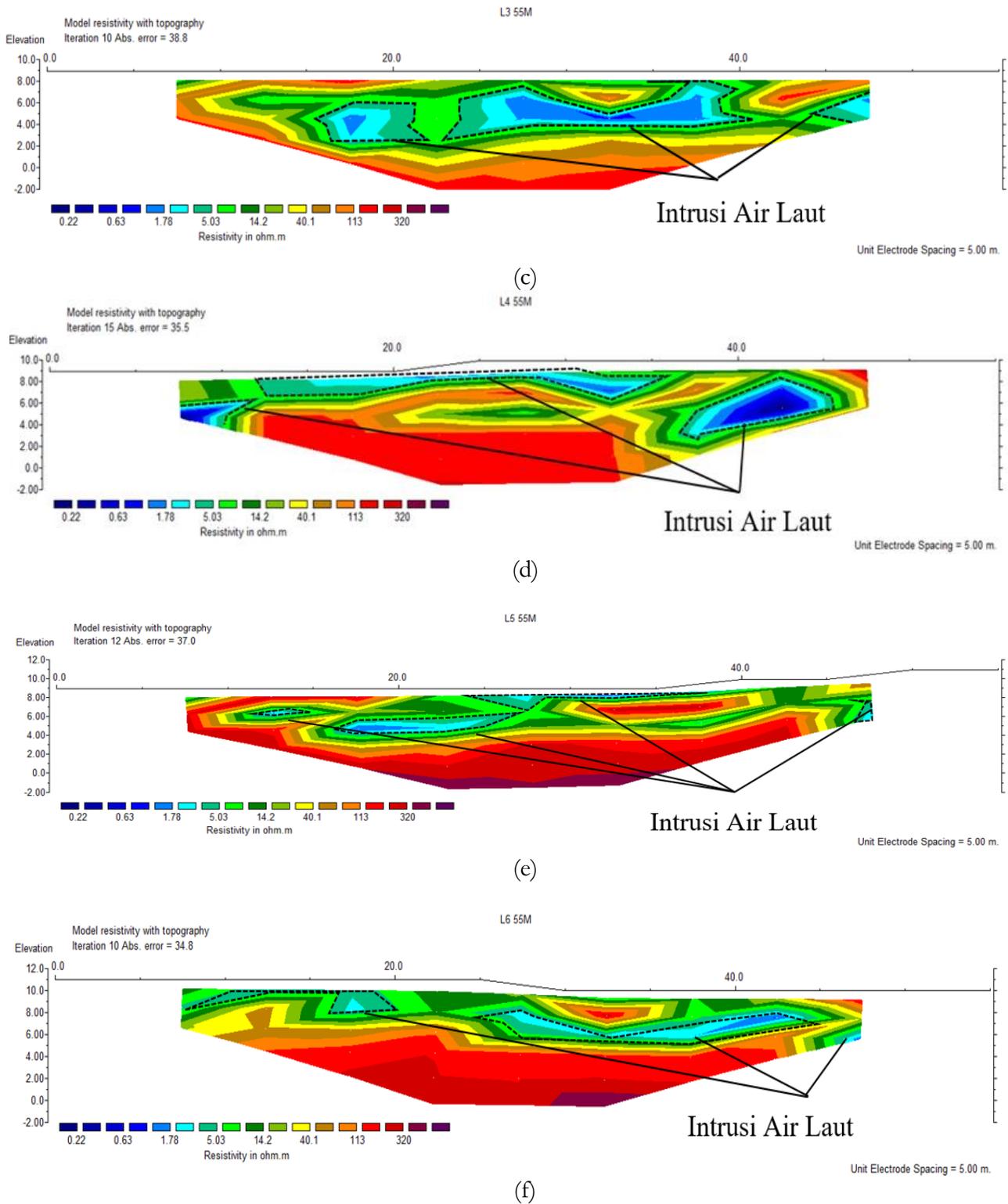
Jarak pengukuran (elektroda pertama) dari garis pantai pada pada masing-masing lintasan adalah sejauh ± 410 m, 485 m, 560 m, 635 m, 710 m, dan 785. Pengolahan data hasil pengukuran kemudian dilakukan proses inversi menggunakan perangkat lunak Res2Dinv sehingga menghasilkan penampang resistivitas 2D, seperti pada Gambar 3.



(a)



(b)



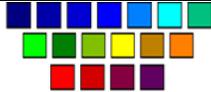
Gambar 3. Sebaran intrusi air laut pada (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, (d) lintasan 4, (e) lintasan 5, dan (f) lintasan 6

Hasil inversi pada enam lintasan diperoleh penampang 2D dengan sebaran nilai resistivitas sebesar $0,223 \Omega\text{m} - 320 \Omega\text{m}$ dan kedalaman maksimal

sebesar 10,9 m. Berdasarkan penampang resistivitas 2D, tabel nilai resistivitas, geologi daerah penelitian, dan penelitian sebelumnya, lapisan bawah permukaan

di daerah penelitian terdiri dari 3 lapisan penyusun yaitu pasir, lempung pasiran, dan pasir kerikil tercampur lanau seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Lapisan bawah permukaan daerah penelitian

Indikator Warna Nilai Resistivitas	Nilai Resistivitas Penelitian (Ωm)	Material Penyusun
	0,223 – 5,03	Pasir
	5,04 – 113	Lempung pasiran
	114 – 320	Pasir kerikil dan lanau

Lapisan akuifer yang terintrusi air laut dicirikan dengan lapisan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air tanah, mempunyai nilai resistivitas relatif kecil. Karena air asin yang terkandung dalam akuifer bersifat konduktif. Lapisan yang diinterpretasi sebagai lapisan akuifer terintrusi air laut adalah pasir dengan rentang nilai resistivitas 0,223 Ωm - 5,03 Ωm . Pasir merupakan sedimen yang mempunyai porositas dan bersifat permeabel, yang menyebabkan air dapat tersimpan dan mengalir dengan mudah, sehingga air laut dapat merembes dan mencemari air tanah. Pengaruh intrusi air laut menyebabkan air tanah memiliki kadar garam yang meningkat, sehingga air tanah terasa payau hingga asin. Interpretasi nilai resistivitas yang terintrusi air laut ini beririsan dengan nilai resistivitas berdasarkan penelitian yang dilakukan M. Syafitri dkk. [2], Muhardi dkk. [10], dan Muslim dkk. [11].

Sebaran intrusi air laut pada lintasan 1 (Gambar 3.a), ditemukan pada kedalaman 0,854 - 10,9 m tepatnya pada jarak lintasan 10 - 45 m. Intrusi air laut pada lintasan 2 (Gambar 3.b) ditemukan pada kedalaman 0,854 - 8,50 m pada jarak lintasan 7,5 - 45 m. Sebaran intrusi air laut pada lintasan 3 (Gambar 3.c), terdapat pada kedalaman 0,854 - 7,415 m pada jarak lintasan 12,5 - 47,5 m. Intrusi air laut pada lintasan 4 (Gambar 3.d) ditemukan pada kedalaman 0,854 - 6,33 m tepatnya jarak lintasan 7,5 - 45 m. Intrusi air laut pada lintasan 5 (Gambar 3.e) ditemukan pada jarak lintasan 10 - 47,5 m dengan kedalaman 0,854 - 5,345 m. Sebaran intrusi air laut pada lintasan 6 (Gambar 3.f), terdapat pada kedalaman 0,854 - 5,345 m pada jarak lintasan 7,5 - 47,5 m.

Berdasarkan hasil penampang resistivitas 2D keenam lintasan terlihat bahwa telah terjadinya intrusi air laut di daerah penelitian mencapai lebih dari 785 m dari garis pantai pada kedalaman 0,854 m hingga 10,9 m. Faktor-faktor yang diduga berpengaruh pada sebaran intrusi air laut, yaitu litologi daerah penelitian, jarak lintasan pengukuran dari garis pantai, dan adanya

parit atau sungai kecil yang terhubung langsung dengan laut. Nilai resistivitas yang diperoleh setiap lintasan pengukuran memiliki nilai sebesar 0,223 Ωm - 5,03 Ωm merupakan nilai resistivitas lapisan akuifer terintrusi air laut dengan material pasir. Penelitian ini menunjukkan sebaran intrusi air laut akan mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak dari garis pantai, hal ini dibuktikan dengan hasil gambaran sebaran intrusi air laut berdasarkan nilai resistivitas keenam lintasan. Gambar 3 menunjukkan citra warna biru tua atau mewakili nilai resistivitas terkecil, akan berkurang seiring bertambahnya jarak pengukuran dari garis pantai. Faktor terjadinya intrusi air laut ke daratan di daerah penelitian juga disebabkan adanya parit yang terhubung langsung dengan laut di sepanjang lintasan pengukuran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai resistivitas bawah permukaan lokasi penelitian memiliki rentang nilai 0,223 Ωm - 320 Ωm . Lapisan bawah permukaan tersusun atas beberapa material berupa pasir dengan nilai resistivitas 0,223 Ωm - 5,03 Ωm , lempung pasiran dengan nilai resistivitas 5,04 Ωm - 113 Ωm , dan pasir kerikil tercampur lanau dengan nilai resistivitas 114 Ωm - 320 Ωm . Intrusi air laut di lokasi penelitian teridentifikasi hingga 785 m dari garis pantai. Material yang diduga terintrusi air laut berupa pasir dengan nilai resistivitas 0,223 Ωm - 5,03 Ωm pada kedalaman 0,854 m hingga 10,9 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darsono, "Identifikasi akuifer dangkal dan akuifer dalam dengan metode geolistrik (Kasus: Di Kecamatan Masaran)," *Indones. J. Appl. Phys.*, vol. 6, no. 1, pp. 40-49, 2016.

- [2] M. Syahfitri, Sehad, dan Sunardi, "Pendugaan sebaran intrusi air laut melalui sungai di Desa Ujungmanik Kecamatan Kawunganten Kabupaten Cilacap menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner," *J. Teras Fis.*, vol. 4, no. 1, pp. 176-186, 2021.
- [3] M. F. Ismawan, T. B. Sanjoto, dan W. Setyaningsih, "Kajian intrusi air laut dan dampaknya terhadap masyarakat di pesisir Kota Tegal," *Geo Image*, vol. 5, no. 1, pp. 1-5, 2016.
- [4] T. B. Susilawati, M. D. T. Musa, dan Sandra, "Identifikasi sebaran intrusi air laut di Kelurahan Baiya Kota Palu menggunakan metode geolistrik hambatan jenis," *J. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 281-291, 2018.
- [5] S. A. Raharjo, Sehad, A. N. Aziz, dan D. Ramdhani, "Penggamban pseudosection model hidrogeologi di kawasan prospek bijih besi Pesisir Widarapayung Kabupaten Cilacap Berdasarkan Data Resistivitas 2D," *Pros. Semin. Nas. "Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan VIII"*, pp. 42-54, 2018.
- [6] D. Hastuti, F. Ramdhani, F. Waskito, G. Virgiawan, G. Y. Febrika, dan A. Setyawan, "Aplikasi metode geolistrik untuk menyelidiki intrusi air laut di kawasan pantai Kota Semarang (Kaligawe)," *Youngster Phys. J.*, vol. 4, no. 4, pp. 317-322, 2015.
- [7] M. A. S. Rezki, H. Maliansyah, D. Y. Ariyanto, dan M. Faishal, "Pemanfaatan air larutan garam sebagai kabel penghantar listrik pengganti tembaga," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 64-72, 2019.
- [8] Khairunnas dan M. Gusman, "Analisis pengaruh parameter konduktivitas, resistivitas dan TDS terhadap salinitas air tanah dangkal pada kondisi air pasang dan air surut di daerah pesisir pantai Kota Padang," *J. Bina Tambang*, vol. 3, no. 4, pp. 1751-1760, 2018.
- [9] Muhardi, Faurizal, dan Widodo, "Analisis pengaruh intrusi air laut terhadap keberadaan air tanah di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah menggunakan metode geolistrik resistivitas," *Indones. J. Appl. Phys.*, vol. 10, no. 2, pp. 89-96, 2020.
- [10] Muslim, A. Azwar, dan Muhardi, "Identifikasi sebaran intrusi air laut di sekitar area pelabuhan internasional," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 11, no. 1, pp. 19-26, 2021.
- [11] D. G. Pryambodo dan J. Prihantono, "pendugaan sebaran air payau dengan tomografi geolistrik di pulau Karimunjawa Jawa Tengah," *J. Kelaut. Nas.*, vol. 12, no. 1, pp. 27-32, 2017.
- [12] A. Halawa, Lismawaty, dan H. K. Tanjung, "Survey zona lapuk menggunakan metode geolistrik resistivitas pada Kilometer 37 Medan Barastagi," *J. Sains dan Teknol. ISTP*, vol. 17, no. 02, pp. 118-129, 2022.
- [13] C. Damayanti, R. Amukti, dan S. Suyadi, "Potensi Vegetasi hutan mangrove untuk mitigasi intrusi air laut di pulau kecil," *Oseanologi dan Limnol. di Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 75-91, 2020.
- [14] R. Situmorang dan V. Panjaitan, "Analisis intrusi air laut dengan menggunakan metode geolistrik 2d dipole dipole di Desa Bagan Deli Kecamatan Medan Belawan," *J. Einstein*, vol. 4, no. 2, pp. 32-41, 2016.
- [15] M. J. Reynolds, *An introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley & Sons Ltd., 1997.
- [16] A. Wahyudi, A. Azwar, dan Muhardi, "Penggunaan metode geolistrik resistivitas untuk identifikasi lapisan bawah permukaan gunung tujuh Kabupaten Kayong Utara," *J. Fis. Unand*, vol. 10, no. 1, pp. 62-69, 2021.
- [17] N. Suwarna dan R. . Langford, "Peta geologi Lembar Singkawang, Kalimantan." 1993.
- [18] W. M. Telford, L. . Geldart, dan R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, Second Edi. New York: Cambridge University Press, 1990.
- [19] W. Lowrie, *Fundamentals of geophysics*, vol. 79, no. 15. New York: Cambridge University Press, 2007.