

Identifikasi Sebaran Intrusi Air Laut di Sekitar Area Pelabuhan Internasional Kijing, Kabupaten Mempawah menggunakan Metode Resistivitas

Muslim¹, Azrul Azwar², dan Muhardi¹✉

¹Program Studi Geofisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia, 78124

²Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia, 78124

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima:
17 Februari 2021

Disetujui:
30 Juni 2021

Dipublikasikan:
26 Juli 2021

Keywords:
intrusi air laut,
Mempawah, metode
resistivitas,
pelabuhan
internasional Kijing

ABSTRAK

Penelitian terhadap intrusi air laut di daerah pesisir Desa Sungai Kunyit Laut, Kabupaten Mempawah telah dilakukan dengan menggunakan metode resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger. Lokasi penelitian merupakan area di sekitar Pelabuhan Internasional Kijing, Propinsi Kalimantan Barat. Penelitian ini menggunakan 4 lintasan dengan panjang masing-masing 114 m dan jarak antar lektroda sejauh 5 m. Keempat lintasan masing-masing mewakili area yang berbeda, yaitu kurang lebih 25 m, 150 m, 520 m, dan 1 km dari garis pantai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai resistivitas sebesar 0,262 - 7,36 Ω m dengan kedalaman 1,25 m hingga lebih dari 28,7 m. Lapisan bawah permukaan di lokasi penelitian diinterpretasi tersusun atas 3 lapisan yaitu lapisan akuifer dangkal berupa pasir, lapisan lempung, dan lapisan setengah kedap air (akuiter) berupa lempung pasir, pasir lempungan dan kerikil. Lapisan diduga sebagai akuifer dangkal dengan litologi berupa pasir telah terintrusi air laut dan menyebar hingga lebih dari 1 km dari garis pantai.

ABSTRACT

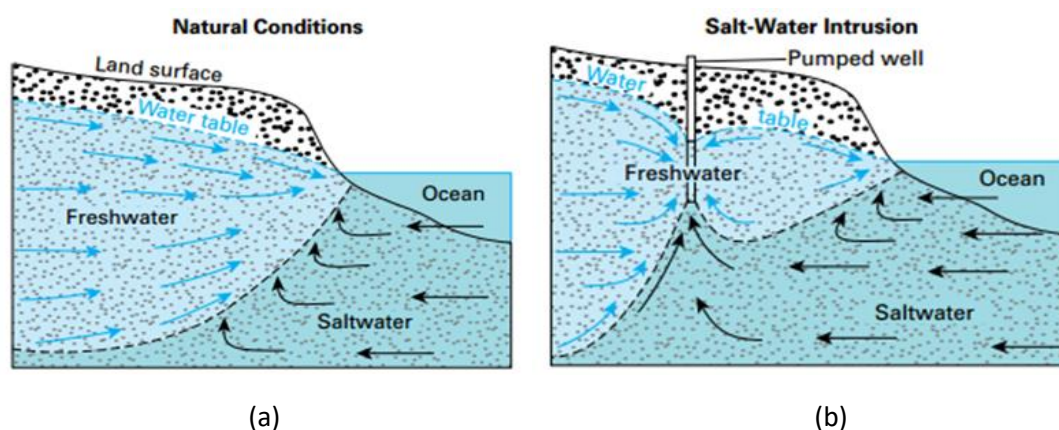
A study of seawater intrusion in Sungai Kunyit Laut Village's coastal area, Mempawah Regency, has been conducted using the resistivity method by Wenner-Schlumberger configuration. The study location is an area around the Kijing International Port, West Kalimantan Province. The study uses the resistivity method by Wenner-Schlumberger configuration. The measurement applies for four passes with a length of 114 m each and a distance between the electrodes of 5 m. The four lines represent different areas, approximately 25 m, 150 m, 520 m, and 1 km from the coastline. The results showed that the resistivity value of 0.262 - 7.36 Ω m with a depth of 1.25 m to more than 28.7 m. The subsurface layer at the study location is interpreted to be composed of 3 layers, and they are a shallow aquifer layer as sand, clay layer, and a semi-impermeable layer (aquitard) as sandy clay, clay sand, and gravel. The layer is thought to be a shallow aquifer layer with lithology as the sand that has been intruded by seawater and spread to more than 1 km from the coastline.

✉ Alamat korespondensi:
Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura
E-mail: muhardi@physics.untan.ac.id

PENDAHULUAN

Desa Sungai Kunyit Laut merupakan salah satu desa di Kecamatan Sungai Kunyit, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. Secara geografis desa ini terletak pada koordinat $00,516116^{\circ}$ – $00,518862^{\circ}$ LU dan $108,922815^{\circ}$ – $108,904448^{\circ}$ BT yang merupakan daerah pesisir. Seiring bertambahnya penduduk dan adanya pengembangan kawasan terutama pembangunan Pelabuhan Internasional Kijing (Kijing International Port) di daerah pantai Kijing, maka diperlukan kajian terhadap sebaran intrusi air laut di sekitar area pelabuhan. Intrusi air laut di daerah pesisir sering terjadi pada lapisan akuifer dangkal (Heath, 1982). Intrusi ini terjadi karena muka air tanah pada lapisan akuifer lebih rendah jika dibandingkan dengan permukaan air laut rata-rata. Air laut yang mempunyai tekanan yang lebih tinggi akan mendorong air tawar pada lapisan akuifer menjauhi garis pantai. Hal ini akan terjadi sebaliknya jika permukaan air laut rata-rata lebih rendah dari pada muka air tanah (Supriyadi dkk., 2013).

Intrusi air laut ke dalam lapisan akuifer yang terdapat di daerah pesisir adalah proses terdorongnya air tawar yang terdapat pada lapisan akuifer (dangkal) oleh air laut. Intrusi umumnya terjadi di daerah pesisir dengan litologi yang tersusun atas pasir. Jika air tanah dan air laut tidak seimbang, maka akan berpotensi terjadi intrusi air laut (Muhardi dkk., 2020a). Namun, jika permukaan air laut rata-rata lebih rendah dari pada muka air tanah, maka intrusi kemungkinan besar tidak akan terjadi (Linsey dkk., 1990). Kondisi air tanah pada kondisi normal (tidak terjadi intrusi air laut) dan kondisi saat terjadi intrusi air laut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi air tanah (a) pada kondisi normal dan (b) pada saat intrusi air laut (Linsey dkk., 1990)

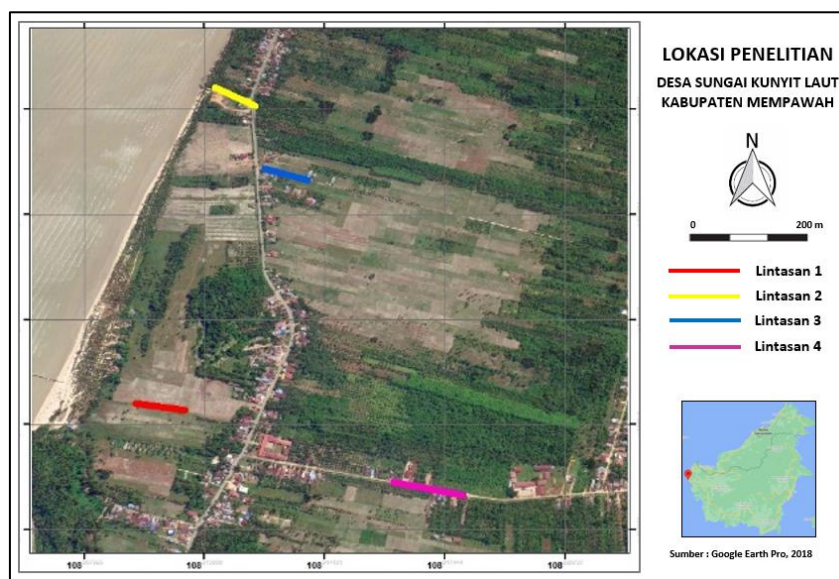
Intrusi air laut akan berpengaruh pada keberadaan air tanah yang terdapat pada lapisan akuifer, termasuk keberadaan air sumur. Penggunaan air sumur masih menjadi prioritas utama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, karena belum tersedianya akses air bersih hingga ke desa. Sumur yang digunakan berupa sumur bor dengan kedalaman kurang lebih 5 m, sehingga airnya masih terasa payau. Selain itu, musim kemarau menyebabkan air sumur semakin asin. Hasil analisis dari pengukuran tingkat salinitas pada 3 sumur di daerah pesisir Sungai Kunyit menunjukkan air tanah mengandung kadar garam di atas baku mutu yaitu 1,53 mg/liter ($0,92 \text{ g Cl}^-/\text{liter}$). Air tanah dengan kandungan $0,5 - 10 \text{ g Cl}^-/\text{liter}$ dapat dikategorikan sebagai air payau (Darmawansa dkk., 2014).

Metode resistivitas dapat dimanfaatkan untuk menyelidiki air tanah (Muhardi dkk., 2019; Darsono dkk., 2019), kontaminasi lindi (Muhardi dkk., 2020b), dan mengetahui sebaran intrusi air laut (Ardaneswari dkk., 2016). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi intrusi air laut dengan cara mengetahui sebaran nilai resistivitas pada lapisan akuifer (Pasamba dkk., 2017; Muhardi dkk., 2020a). Nilai resistivitas pada lapisan batuan dipengaruhi oleh mineral, fluida pada pori-pori, dan porositas yang terdapat pada batuan (Muliadi dkk., 2019). Pengukuran menggunakan konfigurasi

Wenner-Schlumberger karena kemampuan penetrasi keberadaan lapisan bawah permukaan tanah secara lateral sehingga dapat mengidentifikasi sebaran intrusi air laut di Desa Sungai Kunit Laut terutama di bagian daerah pesisir. Informasi tentang sebaran intrusi air laut tersebut diharapkan dapat bermanfaat sebagai sumber acuan dalam penggunaan sumber air tanah di lokasi penelitian.

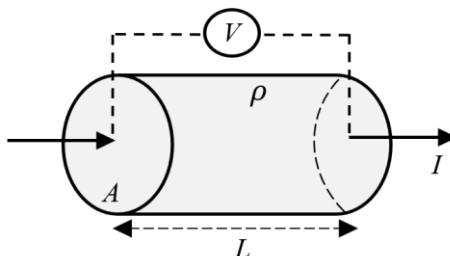
METODE

Pengukuran nilai resistivitas pada penelitian ini menggunakan alat geolistrik *Automatic Resistivity System* (ARES) 12 V dengan elektroda arus dan elektroda potensial masing-masing 2 buah. Akuisisi data mengaplikasikan 4 lintasan dengan panjang masing-masing 155 m dan jarak antar elektroda (spasi) sejauh 5 m. Setiap lintasan mewakili area dengan jarak yang berbeda-beda dari garis pantai dengan arah barat laut - tenggara, seperti yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain survei di lokasi penelitian

Injeksi arus listrik pada metode resistivitas dilakukan di permukaan bumi melalui elektroda arus. Sedangkan beda potensial lapisan bawah permukaan dapat diukur melalui dua elektroda potensial (Telford dkk., 1990). Jika arus dan beda potensial sudah diperoleh, maka nilai tahanan dan sebaran nilai resistivitas lapisan bawah permukaan di lokasi penelitian dapat ditentukan.

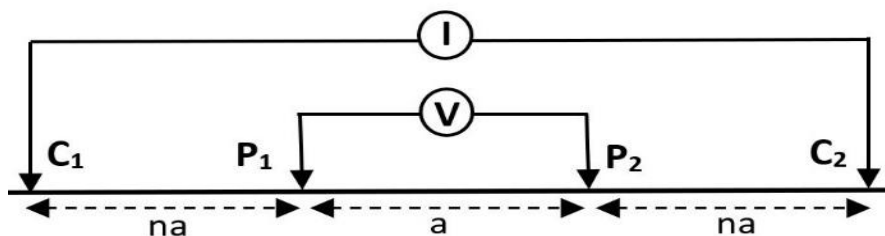


Gambar 3. Medium berbentuk silinder yang dialiri arus listrik (Lowrie, 2007)

Arus listrik yang diinjeksikan dan mengalir pada suatu medium berbentuk silinder yang mempunyai panjang L , luas penampang A , dan hambatan R seperti yang disajikan pada Gambar 3, maka nilai resistivitas medium ρ dapat dirumuskan seperti pada Persamaan (1) (Everett, 2013).

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (1)$$

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Konfigurasi ini menggunakan 2 buah elektroda arus yaitu C_1 dan C_2 dan dua buah elektroda potensial yaitu P_1 dan P_2 seperti pada Gambar 4, dengan jarak a dan faktor rasio n . Alat geolistrik yang digunakan adalah alat ARES *Main Unit (Automatic Resistivity System)*



Gambar 4. Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Loke, 2000)

Data yang diperoleh proses akuisisi di lapangan yaitu berupa besar arus (yang diinjeksikan) dan beda potensial. Kemudian dilakukan pengolahan sehingga diperoleh nilai tahanan. Sedangkan nilai resistivitas semu untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger diperoleh dengan menggunakan rumus seperti ditunjukkan oleh Persamaan (2) (Loke, 2000)

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

Nilai resistivitas semu kemudian dilakukan inversi untuk memperoleh penampang resistivitas yang sesungguhnya secara 2D. Penampang ini menggambarkan sebaran nilai resistivitas secara lateral, sehingga dapat digunakan untuk interpretasi lapisan akuifer yang diduga terintrusi air laut. Nilai resistivitas air, tanah, dan material batuan dapat dilihat pada Tabel 1.

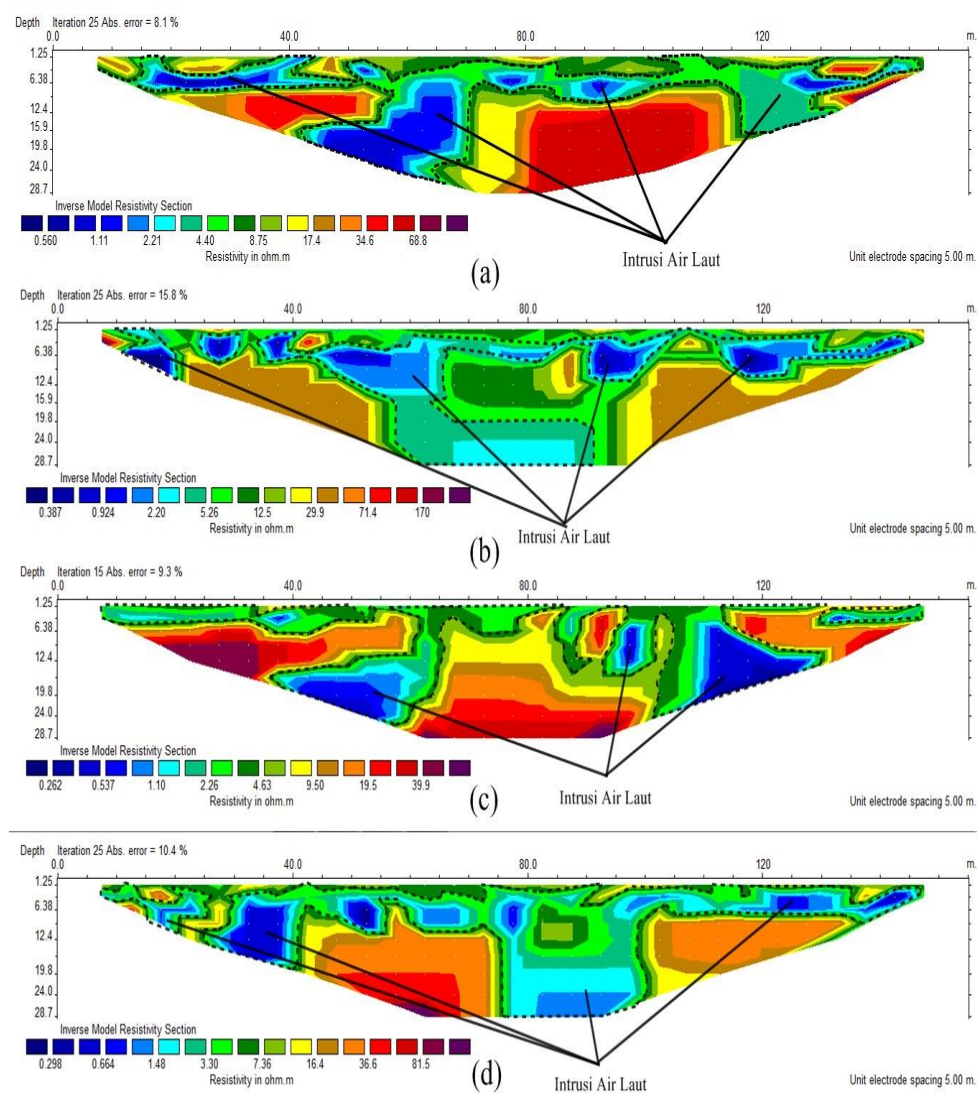
Tabel 1. Nilai resistivitas air, tanah, dan batuan (Lowrie, 2007; Telford dkk., 1990)

Air, tanah, dan batuan	Nilai Resistivitas (Ωm)
Air laut	0,2
Air (salinitas 20%)	0,05
Air (salinitas 3%)	0,15
Air tanah	0.5 s.d. 3×10^2
Lempung	1 s.d. 10^2
Lempung berpasir	80 s.d. 1050
Batupasir	1 s.d. 6.4×10^8
Pasir	1 s.d. 10^3
Alluvium	10 s.d. 8×10^2
Kerikil	10^2 s.d. 6×10^2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran menunjukkan sebaran resistivitas hingga kedalaman 28,7 m seperti pada Gambar 4. Koordinat keempat lintasan seperti disajikan pada Gambar 2, lintasan 1 berada pada

koordinat $0,507081^{\circ}$ LU – $108,910267^{\circ}$ BT dan $0,506802^{\circ}$ LU – $108,911651^{\circ}$ BT dengan jarak ± 150 m dari garis pantai, dengan sebaran nilai resistivitas $0,560 - 68,8 \Omega\text{m}$. Lintasan 2 berada pada koordinat $0,516152^{\circ}$ LU – $108,911276^{\circ}$ BT dan $0,515892^{\circ}$ LU – $108,912333^{\circ}$ BT dengan jarak ± 25 m dari garis pantai. Lintasan 3 berada pada koordinat $0,513647^{\circ}$ LU – $108,913034^{\circ}$ BT dan $0,513245^{\circ}$ LU – $108,914359^{\circ}$ BT dengan jarak ± 520 m dari garis pantai. Lintasan 4 berada pada koordinat $0,505199^{\circ}$ LU – $108,916658^{\circ}$ BT dan $0,504914^{\circ}$ LU – $108,918187^{\circ}$ BT dengan jarak ± 1 km dari garis pantai.



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

Gambar 5a menunjukkan sebaran resistivitas pada lintasan 1. Lapisan yang berwarna biru tua hingga hijau muda dengan nilai resistivitas sebesar $0,560 \Omega\text{m} - 4,40 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan akuifer bebas berupa lapisan pasir yang telah terintrusi air laut (Zakaria dkk., 2020). Lapisan pasir diduga telah mengalami intrusi air laut dikarenakan sifat pasir yang mudah untuk meloloskan air laut. Intrusi air laut tersebut menyebar dari kedalaman 1,25 m hingga >24 m ke bawah permukaan. Sementara warna hijau hingga kuning dengan nilai resistivitas sebesar $4,41 \Omega\text{m} - 17,4 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan lempung. Lapisan dengan nilai resistivitas $17,5 \Omega\text{m} - 68,8 \Omega\text{m}$ diwakili oleh warna coklat hingga ungu

menunjukkan bahwa resistivitasnya paling tinggi, diduga sebagai lapisan akuitar berupa material lempung pasiran bercampur pasir lempungan .

Gambar 5b menunjukkan sebaran resistivitas pada lintasan 2. Rentang nilai resistivitas yang didapat pada lintasan kedua yaitu $0,378 \Omega\text{m} - 170 \Omega\text{m}$. Lapisan yang berwarna biru tua hingga hijau muda dengan nilai resistivitas $0,387 \Omega\text{m} - 5,26 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan akuifer dangkal dengan material pasir yang telah terintrusi air laut (Zakaria dkk., 2020). Lapisan ini tersebar dominan dari kedalaman $1,25 \text{ m} - 12,4 \text{ m}$ di bawah permukaan tanah sepanjang lintasan. Lapisan yang berwarna hijau hingga kuning muda dengan nilai resistivitas $5,27 \Omega\text{m} - 12,5 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan lempung. Lapisan yang berwarna kuning hingga ungu dengan nilai $12,6 \Omega\text{m} - 170 \Omega\text{m}$ diduga berada pada lapisan akuifer setengah kedap air dengan material berupa campuran lempung pasiran, pasir lempungan, dan kerikil (Muhardi dkk., 2020).

Gambar 5c menunjukkan sebaran resistivitas pada lintasan 3. Rentang nilai resistivitas yang diperoleh yaitu nilai dari $0,262 \Omega\text{m} - 39,9 \Omega\text{m}$. Lapisan yang berwarna biru tua hingga hijau tua dengan nilai resistivitas $0,262 \Omega\text{m} - 4,63 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan akuifer dangkal berupa material pasir yang terintrusi air laut. Lapisan ini menyebar dari kedalaman $1,25 \text{ m}$ sepanjang lintasan dan dominan berada pada kedalaman $12,4 \text{ m} - 24 \text{ m}$ pada jarak lintasan 65 m , dan pada kedalaman $6,38 \text{ m} - 24 \text{ m}$ pada jarak lintasan $105 \text{ m} - 125 \text{ m}$. Warna hijau sampai warna jingga dengan nilai resistivitas $4,64 \Omega\text{m} - 19,5 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan lempung. Sedangkan untuk lapisan yang ditunjukkan dengan warna merah sampai dengan warna ungu yang memiliki nilai resistivitas paling tinggi yaitu $19,6 \Omega\text{m} - 39,9 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan akuitar yang terdiri dari endapan lempung pasiran bercampur pasir lempungan (Muhardi dkk., 2020a).

Gambar 5d menunjukkan sebaran resistivitas pada lintasan 4. Lapisan yang berwarna biru tua hingga hijau tua dengan resistivitas sebesar $0,298 \Omega\text{m} - 7,36 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan akuifer bebas dengan komponen material pasir yang telah terintrusi air laut (Wardhana dkk., 2017), dan menyebar sepanjang lintasan penelitian dari kedalaman $1,25 \text{ m} - 28,7 \text{ m}$. Lapisan pasir yang diduga telah terintrusi air laut yaitu dominan berada pada kedalaman 3 m sampai $19,8 \text{ m}$ pada jarak lintasan $30 \text{ m} - 40 \text{ m}$, dan kedalaman $12,4 \text{ m} - 28,7 \text{ m}$ pada jarak lintasan $77 \text{ m} - 100 \text{ m}$, dan sebagian pada kedalaman $6,38 \text{ m}$ pada jarak lintasan 110 m hingga 147 m . Adanya sebaran intrusi air laut pada lapisan ini dikarenakan material pasir yang mudah untuk meresap dan meloloskan air. Lapisan yang memiliki warna hijau sampai kuning dengan nilai resistivitas $7,37 \Omega\text{m} - 16,4 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan lempung. Lapisan dengan nilai resistivitas $16,5 \Omega\text{m} - 81,5 \Omega\text{m}$ yang ditunjukkan dengan warna cokelat sampai ungu diperkirakan sebagai lapisan akuitar dengan formasi lempung pasiran pasir lempungan.

Berdasarkan hasil penelitian yang memperlihatkan penampang resistivitas, lapisan yang dapat diidentifikasi sebagai lapisan yang telah mengalami intrusi air laut yaitu lapisan yang memiliki rentang nilai resistivitas antara $0,262 \Omega\text{m} - 7,36 \Omega\text{m}$. Pada ke empat lintasan, intrusi air laut tersebut menyebar dari kedalaman $1,25 \text{ m}$ hingga $>28,7 \text{ m}$, yaitu pada lapisan akuifer dangkal (Indriastoni dkk., 2014). Beberapa faktor yang diperkirakan mempengaruhi sebaran intrusi air laut yang terjadi di daerah penelitian antara lain dikarenakan jarak dari garis pantai, litologi dan kondisi geologi bawah permukaan. Berdasarkan peta geologi memperlihatkan lokasi penelitian merupakan daerah endapan litoral dengan kandungan material berupa lumpur, pasir, kerikil, setempat gampingan dan sisa tumbuhan (Pieter dkk., 1990). Adanya sungai atau parit yang terhubung langsung dengan laut di lokasi penelitian juga menjadi faktor terjadinya intrusi air laut ke daratan.

Secara umum, litologi bawah permukaan di lokasi penelitian diinterpretasi tersusun atas 3 lapisan yaitu lapisan akuifer dangkal berupa lapisan pasir yang sebagian mengalami intrusi air laut, lapisan lempung yang bersifat impermeabel, dan lapisan yang bersifat setengah kedap air (akuitar) dengan material berupa lempung pasiran, pasir lempungan dan kerikil yang dapat meloloskan air tanah (Darsono, 2016), seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Adanya lapisan yang bersifat setengah

kedap air pada masing-masing lintasan menyebabkan terjadinya intrusi air laut yang masih mampu menerobos ke bawah lapisan. Intrusi air laut yang menerobos lebih dalam juga dikarenakan lapisan lempung yang bersifat impermeabel memiliki ketebalan yang relatif kecil. Adanya pengaruh intrusi ini menyebabkan salinitas air tanah akan meningkat, sehingga air tanah terasa asin ataupun payau (Muhardi dkk., 2020).

Tabel 2. Lapisan bawah permukaan daerah penelitian

Lintasan	Nilai Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)	Interpretasi lapisan
1	0,560 – 4,40	1,25 – 24	Akuifer berupa pasir terintrusi air laut
	4,41 – 17,4	9 – 15,9	Lempung
	17,5 – 68,8	9 – 28,7	Akuifer berupa lempung pasir dan pasir lempungan
2	0,387 – 5,26	1,25 – 24,4	Akuifer berupa pasir terintrusi air laut
	5,27 – 12,5	1,25 – 28,7	Lempung
	12,6 – 170	10 – 28,7	Akuifer berupa lempung pasir, pasir lempungan dan kerikil
3	0,262 – 4,63	1,25 – 24	Akuifer berupa pasir terintrusi air laut
	4,64 – 19,5	6 – 9	Lempung
	19,6 – 39,9	7 – 28,7	Akuifer berupa lempung pasir dan pasir lempungan
4	0,298 – 7,36	3 – 28,7	Akuifer berupa pasir terintrusi air laut
	7,37 – 16,4	1,25 – 16	Lempung
	16,5 – 81,5	9 – 19	Akuifer berupa lempung pasir dan pasir lempungan

SIMPULAN

Intrusi air laut telah terjadi di sebagian besar di Desa Sungai Kunyit Laut Kabupaten Mempawah. Lapisan bawah permukaan di lokasi penelitian diinterpretasi tersusun atas 3 lapisan yaitu lapisan akuifer dangkal berupa pasir, lapisan lempung, dan lapisan setengah kedap air (akuifer) dengan material berupa lempung pasir, pasir lempungan dan kerikil. Lapisan bawah permukaan daerah penelitian yang teridentifikasi telah mengalami intrusi air laut yaitu lapisan akuifer dangkal dengan litologi berupa pasir. Nilai resistivitas material pasir yang terintrusi air laut yaitu berkisar antara 0,262 Ωm – 7,36 Ωm , dengan kedalaman mencapai lebih dari 28,7 m dan menyebar hingga lebih dari 1 km dari garis pantai.

REFERENSI

- Ardaneswari, Abid, T., Yulianto, T., & Putranto, P., T. (2016). Analisis Intrusi Air Laut Menggunakan Data Resistivitas dan Geokimia Air Tanah di Dataran Aluvial Kota Semarang. *Youngster Physics Journal*, 5(4), 335–350.
- Darmawansa, Wahyuni, N., & Rahayu, D. (2014). Desalinasi Air Payau dengan Media Adsorben Zeolit di Daerah Pesisir Pantai Kecamatan Sungai Kunyit Kabupaten Mempawah. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1–10.

- Darsono. (2016). Identifikasi Akuifer Dangkal dan Akuifer Dalam dengan Metode Geolistrik (Kasus : di Kecamatan Masaran). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 1(1), 40–49.
- Darsono & Darmanto, D. (2019). Identifikasi Keberadaan Lapisan Akuifer Tertekan (Confined Aquifer) Berdasarkan Data Geolistrik (Studi Kasus : Desa Sambirejo Kecamatan Plupuh Kabupaten Sragen). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 9(1), 46–53.
- Everett, M. E. (2013). *Near-Surface Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
- Heath, B. R. C. (1982). *Basic Ground-Water Hydrology* (Fourth Edition). USGS.
- Indriastoni, R. N., & Kustini, I. (2014). Intrusi Air Laut terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal di Kota Surabaya. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3), 228–232.
- Linsey, R. K., & Frazini, J. B. (1990). *Teknik Sumber Daya Air Jilid 2 Alih Bahasa Djoko Sasongko*. Erlangga.
- Loke, D. M. (2000). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Geoelectrical.com.
- Lowrie, W. (2007). *Fundamental of Geophysics* (Second Edition). Cambridge University Press.
- Muhardi, Faurizal, & Widodo. (2020a). Analisis Pengaruh Intrusi Air Laut terhadap Keberadaan Air Tanah di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 10(2), 89–96.
- Muhardi, Muliadi, & Zulfian. (2020b). Model 3D Sebaran Lindi pada Lapisan Tanah di Area TPA Batulayang Pontianak Kalimantan Barat Berdasarkan Nilai Resistivitas. *Jurnal Fisika Flux*, 17(2), 73–79.
- Muhardi, Perdhana, R., & Nasharuddin. (2019). Identifikasi Keberadaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus: Desa Clapar Kabupaten Banjarnegara). *Prisma Fisika*, 7(3), 331–336.
- Muliadi, Zulfian, & Muhardi. (2019). Identifikasi Ketebalan Tanah Gambut Berdasarkan Nilai Resistivitas 3D: Studi Kasus Daerah Tempat Pembuangan Akhir Batu Layang Kota Pontianak. *Positron*, 9(2), 86–94.
- Pasamba, O. S., Tamuntuan, G. H., & Tanauma, A. (2017). Identifikasi Intrusi Air Laut Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner – Schlumberger di Daerah Malalayang Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*, 6(2), 72–76.
- Pieter, P. E., & Supriatna, S. (1990). *Peta Geologi Kalimantan Barat*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Supriyadi, Khumaedi, & Yusuf, M. (2013). Penelitian Intrusi Air Laut di Kawasan Semarang Utara dengan Metode Gaya Berat Mikro Antar Waktu. *Jurnal Fisika*, 3(1), 90–94.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics (Second Edition)*. Cambridge University Press.
- Wardhana, R. R., Warnana, D. D., & Widodo, A. (2017). Identifikasi Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2D Studi Kasus Surabaya Timur. *Jurnal Geosaintek*, 6(1), 81–83.
- Zakaria, M. F., & Suyanto, I. (2020). Identifikasi Akuifer Air Tanah di Desa Senawang, Kecamatan Orong Telu, Kabupaten Sumbawa Menggunakan Metode Geolistrik Schlumberger Muhammad. *Jurnal Fisika*, 10(1), 44–49.