

Studi Awal Indikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Febrian Dedi Sastrawan^{*}, Rahmania Meidi Arisalwadi
Program Studi Fisika, Institut Teknologi Kalimantan

Email korespondensi : febian.dedi@lecturer.itk.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v18i2.9077>

Submitted: 11 September 2020; Accepted: 26 April 2021

ABSTRAK– Eksploitasi air tanah yang berlebihan merupakan salah satu faktor pendorong terjadinya pencemaran air laut atau intrusi air laut. intrusi air laut merupakan salah satu pencemaran air tanah yang memiliki banyak dampak negatif. Intrusi air laut dapat menyebabkan krisis air bersih, mengubah kesuburan tanah dan dapat merusak pondasi bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi intrusi air laut di Kecamatan Manggar Kota Balikpapan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Metode geolistrik memanfaatkan sifat kelistrikan suatu material, yaitu resistivitas untuk menentukan kondisi bawah permukaan. Parameter resistivitas dapat digunakan untuk mengidentifikasi indikasi intrusi air laut. Nilai resistivitas lapisan tanah atau airtanah yang telah tercemar oleh air laut akan semakin berkurang. Hal ini terjadi karena kandungan elektrolit yang memudahkan arus listrik mengalir. Hasil penelitian menunjukkan adanya indikasi intrusi air laut yang ditandai dengan anomali resistivitas rendah sebesar 1 – 8 m. Intrusi air laut di daerah Manggar ditemukan pada jarak ± 200 m dari pantai. Lapisan tanah yang tercemar airtanah diduga merupakan lapisan lempung.

KATA KUNCI: Anomali; Air tanah; Resistivitas; Intrusi Air Laut

ABSTRACT– Excessive groundwater exploitation is one of the driving factors for sea water pollution or seawater intrusion. seawater intrusion is one of the groundwater contaminations that has many negative impacts. Seawater intrusion can cause a clean water crisis, change soil fertility and can damage building foundations. This study aims to determine the indication of seawater intrusion in the Manggar sub-district of Balikpapan City using the resistivity geoelectric method. The geoelectric method makes use of the electrical properties of a material, namely resistivity to determine subsurface conditions. The resistivity parameter can be used to identify indications of sea water intrusion. The resistivity value of soil layers or groundwater that has been contaminated by sea water will decrease. This happens because of the electrolyte content which makes it easier for electric current to flow. The results showed an indication of seawater intrusion marked by a low resistivity anomaly of 1 - 8 Ω m. Sea water intrusion in the Manggar area was found at a distance of ± 200 m from the coast. Soil layer that is contaminated with groundwater is thought to be a layer of clay.

KEYWORDS: Anomaly; Groundwater; Resistivity; Seawater intrusion

PENDAHULUAN

Kelurahan Manggar merupakan bagian dari Kota Balikpapan yang telah mengalami perkembangan yang pesat. Wilayah Kelurahan Manggar yang mengalami perkembangan pesat, berada di pesisir pantai Selat Makasar. Perkembangan ini ditandai dengan banyaknya pembangunan perumahan elit, perkantoran industri minyak dan gas bumi dan industri-industri yang lainnya. Selain itu, di daerah

kelurahan manggar juga memiliki tempat wisata alam yang sangat diminati oleh masyarakat. Seiring dengan perkembangan aktivitas masyarakat kebutuhan air bersih akan semakin meningkat. Peningkatan kebutuhan air untuk memenuhi kebutuhan mengakibatkan manusia lupa bahwa alam memiliki batas dalam menyediakan air (Afrianita et al., 2017; Setyawan Purnama et al., 2015; Santoso et al., 2013). Sampai saat ini,

sumber air bersih utama yang digunakan di perumahan, tempat wisata dan perkantoran Kelurahan Manggar adalah air tanah dengan memanfaatkan sumur gali dan sumur bor. Air tanah berasal dari alam dan berperan penting sebagai sumber utama air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih (Wardhana et al., 2017).

Pemanfaatan air tanah secara berlebihan di area pesisir pantai akan menimbulkan dampak negatif bagi sistem hidrologi (Alfaiz & Hutahaean, 2015), Salah satunya adalah intrusi air laut. Intrusi air laut adalah permasalahan yang sangat penting untuk dikaji lebih lanjut (S Purnama & Marfai, 2012). Intrusi air laut terjadi karena perubahan tekanan air tanah sehingga air laut dapat bergerak menuju daratan. Perubahan tekanan hidrostatik antara air tanah dan air laut yang tidak seimbang menyebabkan terjadinya intrusi air laut (Saila & Azmeri, 2013).

Perubahan tekanan air tanah dapat terjadi akibat beberapa hal yaitu kenaikan permukaan air laut, suplay air tanah dari pegunungan yang berkurang dan eksploitasi air tanah secara berlebihan (Minarto et al., 2016). Kota berkembang yang berada di pesisir pantai memiliki potensi pencemaran air tanah berupa intrusi air laut yang lebih tinggi (Afrianita et al., 2017). Intrusi air laut dapat menyebabkan perubahan sifat dan kandungan fisika, biologi dan kimia air tanah (Cahyadi et al., 2017). Intrusi air laut merupakan pencemaran air tanah yang dapat menyebabkan berbagai hal antara lain krisis air bersih layak konsumsi, kerusakan pondasi bangunan dan merusak kesuburan tanah (Setiawan et al., 2017). Berdasarkan permasalahan – permasalahan tersebut perlu dilakukan kajian geofisika untuk mengetahui indikasi keberadaan intrusi air laut.

Metode geofisika adalah metode yang mempelajari bumi berdasarkan pendekatan fisika. Salah satu metode geofisika yang sangat baik untuk kajian intrusi air laut adalah metode geolistrik (Astutik et al., 2016; de Franco et al., 2009; Hastuti et al., 2015). Metode

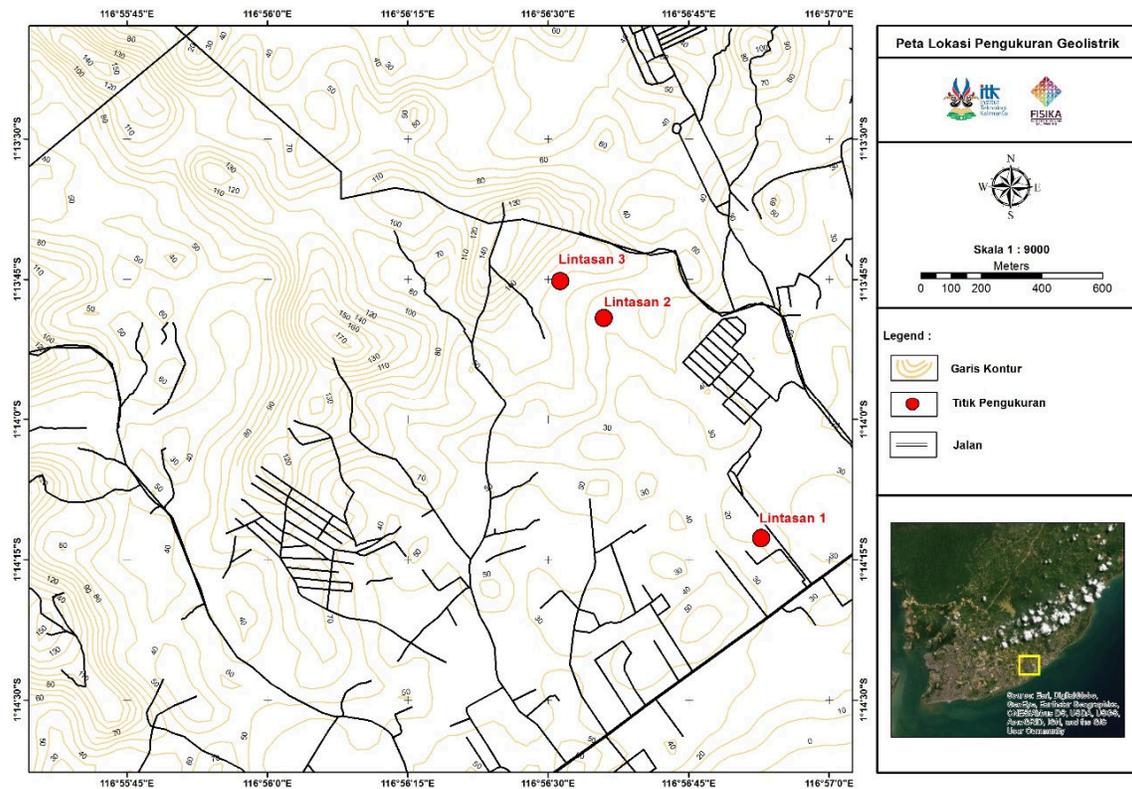
geolistrik memanfaatkan sifat kelistrikan suatu medium saat dialiri arus listrik yaitu tahanan jenis (S Purnama & Marfai, 2012). Berdasarkan nilai tahanan jenis dapat diketahui jenis medium yang dilalui oleh arus listrik. Resistivitas sangat sensitif terhadap fluida dan mineral-mineral konduktif (W.M. Telford et al., 2004). Air tanah yang tercemari oleh air laut akan mengalami penurunan nilai resistivitas. Hal ini menyebabkan terlihatnya perbedaan nilai resistivitas air tanah yang tercemari dan yang tidak tercemari oleh air laut (Nisa & Yulianto, 2012). Hasil akhir dari pengukuran metode geolistrik memberikan gambaran bawah permukaan secara 2 Dimensi yang dapat memberi informasi terkait intrusi air laut.

Kondisi Lokasi Penelitian

Kondisi topografi daerah penelitian berundulasi dengan beda tinggi hingga lebih dari 10 m. Elevasi daratan bertambah dari arah Tenggara ke Barat Laut. Terlihat pada Gambar 1 garis kontur semakin rapat di bagian Barat laut daerah penelitian menunjukkan bagian Barat Laut daerah penelitian adalah perbukitan dengan ketinggian lebih dari 100 mdpl. Secara geomorfologi daerah penelitian berada pada satuan dataran pantai yang berada di wilayah sekitar pesisir pantai (Mustafa, & Bambang 2009).

Lokasi penelitian merupakan daerah padat penduduk yang tanahnya didominasi oleh tanah jenis podsolik merah kuning sebagai lapisan *top soil*. Berdasarkan peta geologi lembar Balikpapan kondisi geologi daerah penelitian terbentuk dari endapan Alluvium yang material endapannya berasal dari endapan sungai, pantai dan rawa yang terakumulasi pada kala holosen atau biasa disebut sebagai kala Alluvium.

Endapan Alluvium di daerah penelitian terdiri dari Kerakal, kerikil, pasir, dan lempung. Endapan Alluvium merupakan produk sedimentasi yang memiliki karakteristik berpori, dan memiliki tingkat konsolidasi lapisan tanah yang rendah.

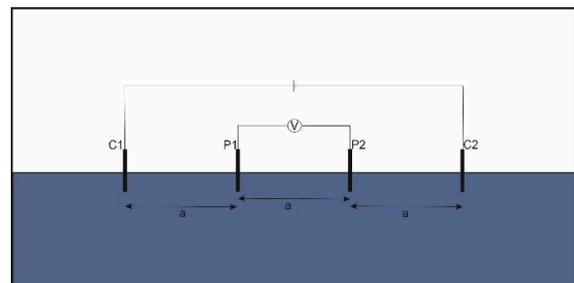


Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dan sebaran intrusi air laut berdasarkan parameter resistivitas batuan secara 2D. Titik pengukuran metode geolistrik pada penelitian ini berada posisi $1^{\circ}13'45'' - 1^{\circ}14'15''$ LS dan $116^{\circ}56'30'' - 116^{\circ}56'55''$ BT. Tahap awal dalam penelitian ini adalah studi lapangan dan pembuatan desain survey pengukuran metode geolistrik. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kondisi real di lapangan dan melihat secara langsung munculnya indikasi fenomena intrusi air laut pada air tanah pada sumur – sumur warga dan menentukan titik-titik pengukuran geolistrik. Tahap selanjutnya adalah akuisisi data lapangan terdiri dari pengukuran metode geolistrik dan pengambilan sampel air permukaan di sekitar area penelitian. Akuisisi data geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik (I) ke dalam tanah melalui elektroda arus yang tertancap di permukaan tanah.

Akibat arus yang mengalir di bawah permukaan akan muncul beda potensial (V) antara dua buah titik yang dapat diukur dengan menggunakan elektroda potensial yang tertancap di permukaan tanah. Secara singkat susunan alat dan elektroda dalam pengukuran metode geolistrik terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Susunan elektroda Konfigurasi Wenner pengukuran geolistrik

Hasil data pengukuran adalah kuat arus dan beda potensial yang digunakan untuk menghitung nilai tahanan jenis semu batuan (ρ_a) di bawah permukaan berdasarkan persamaan berikut:

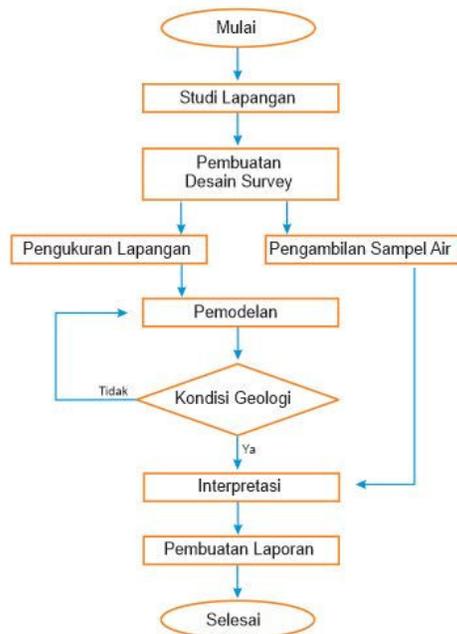
$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Besar faktor geometri (k) bergantung pada konfigurasi elektroda yang digunakan. Besar Faktor geometri untuk konfigurasi Wenner adalah

$$k = 2\pi a \quad (2)$$

Dengan a adalah jarak antara elektroda yang digunakan. Nilai a yang digunakan pada penelitian ini adalah 10 m dengan Panjang lintasan pengukuran 100 m. Faktor geometri merupakan faktor yang mempengaruhi nilai resistivitas sebagai kompensasi dari jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial.

Nilai tahanan jenis semu digunakan dalam pemodelan struktur bawah permukaan dengan menggunakan metode inversi dengan bantuan software dalam bentuk 2 dimensi dengan panduan data geologi. Hasil pengolahan adalah penampang resistivitas 2D yang dapat diinterpretasikan dalam mode geologi untuk mengetahui kondisi bawah permukaan daerah penelitian. Model geologi hasil interpretasi dapat memberikan gambaran kondisi bawah permukaan dan indikasi sebaran intrusi air laut yang menjadi tujuan utama penelitian ini. Secara singkat tahapan penelitian disajikan dalam diagram pada Gambar 3.



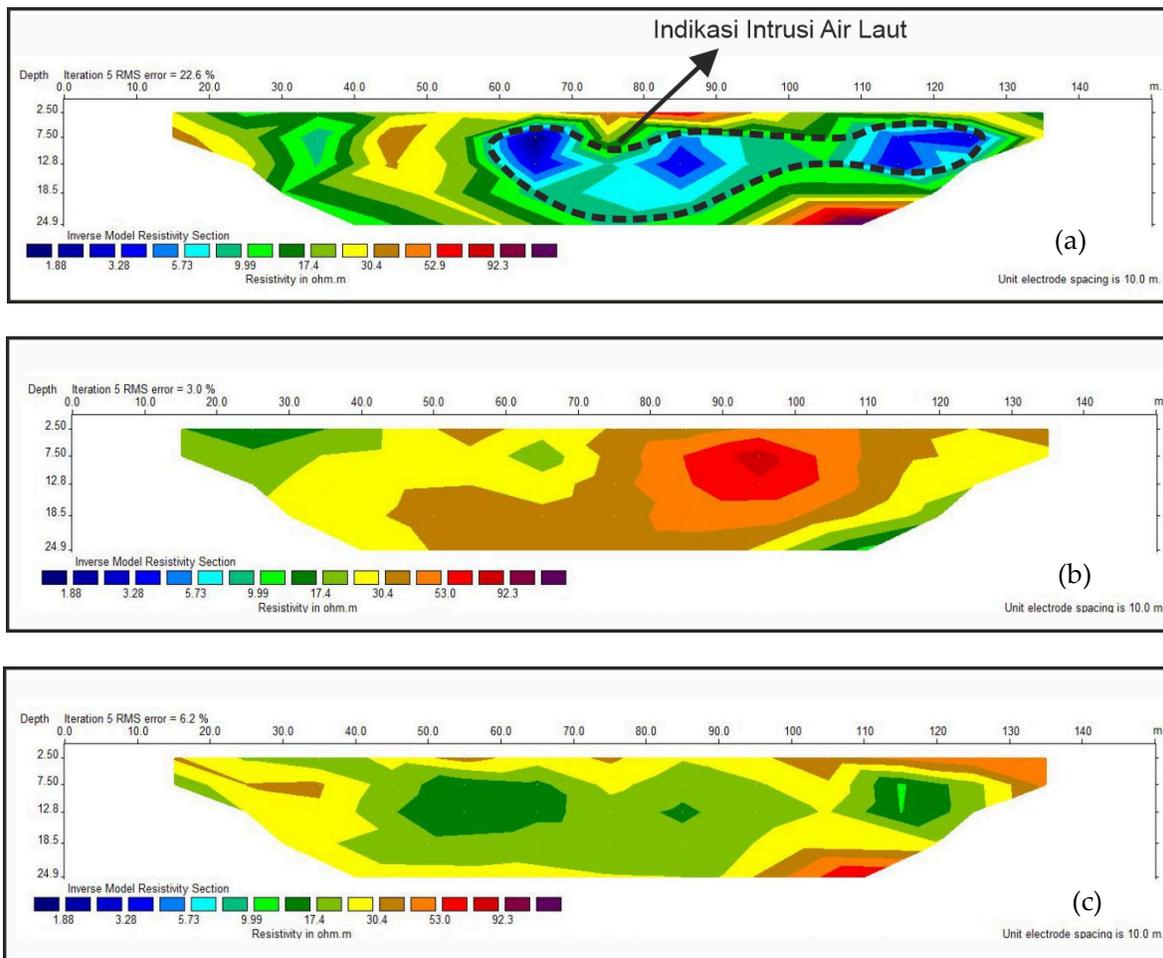
Gambar 3 Diagram alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode geolistrik yang digunakan dalam penelitian ini menghasilkan penampang 2D tahanan jenis bawah permukaan. Penampang 2D tahanan jenis ini merupakan gambaran distribusi tahanan jenis batuan di bawah permukaan. Bentuk klosur kontur resistivitas dalam penampang 2D tidak menunjukkan dimensi dari batuan di bawah permukaan. Penampang 2D tahanan jenis bawah permukaan dapat memberikan gambaran jenis dan karakteristik lapisan batuan.

Penampang 2D tahanan jenis bawah permukaan pada Gambar 4 menunjukkan nilai tahanan jenis lapisan bawah permukaan bervariasi antara 1 – 180 Ω m yang ditunjukkan dengan gradasi warna biru tua hingga ungu. Secara umum kondisi lapisan bawah permukaan daerah penelitian terdiri dari lapisan sedimen podsolik merah kuning dan kerikil sebagai top soil, lapisan lempung dan lapisan pasir.

Hal yang menarik terlihat pada Gambar 4a. penampang 2D tahanan jenis bawah permukaan lintasan 1. Terdapat indikasi intrusi air laut pada lintasan pengukuran 1. Indikasi ini ditandai dengan nilai tahanan jenis yang sangat rendah 1-8 Ω m. Nilai tahanan jenis rendah ini diperkirakan sebagai lapisan lempung yang telah tercemari oleh air laut. Anomali tahanan jenis rendah yang berbentuk lapisan yang tidak menerus identik dengan karakteristik lapisan lempung. Lempung memiliki karakteristik nilai tahanan jenis yang rendah, namun saat lempung tercemari oleh air laut nilai tahanan jenis lempung akan semakin rendah dari keadaan normal (Astutik et al., 2016). Area yang memiliki indikasi tercemar oleh air laut terdapat di kedalaman 3 – 20meter pada elektroda ke 6 hingga elektroda ke 13 (gambar 4a.). Posisi Lintasan 1 berada pada jarak 200 m dari pesisir pantai, sehingga memiliki resiko tinggi mengalami pencemaran air laut.



Gambar 4 Penampang 2D Resistivitas Bawah Permukaan (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, dan (c) lintasan 3

Lintasan pengukuran 2 dan 3 berada pada jarak yang cukup jauh dengan pesisir pantai yaitu 1000 m dan 1200 m. penampang 2D resistivitas bawah permukaan pada lintasan 2 dan 3 belum menunjukkan adanya indikasi pencemaran oleh air laut. Hal ini terlihat dari nilai tahanan jenis lapisan tanah yang berkisar antara 13 – 180 Ω m. nilai tahanan jenis ini belum mengindikasikan adanya pencemaran air laut. Namun jika eksploitasi air tanah dilakukan secara berlebihan tidak menutup kemungkinan intrusi air laut atau pencemaran air laut akan semakin meningkat.

Kondisi tanah dan air tanah pada area jarak \pm 200 m dari pesisir pantai kelurahan Manggar diperkirakan telah mengalami pencemaran air laut atau biasa disebut sebagai intrusi air laut. Kondisi ini perlu dilakukan kajian yang lebih detail dan komprehensif terkait intrusi air laut di kelurahan Manggar untuk mengidentifikasi pola penyebaran

intrusi air laut secara lebih luas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa terdapat indikasi intrusi air laut atau pencemaran air laut di wilayah kelurahan Manggar. Intrusi air laut diketahui berdasarkan penampang tahanan jenis 2D yang menunjukkan adanya anomali tahanan jenis rendah dengan nilai 1 – 8 Ω m. posisi intrusi air laut ditemukan di lintasan 1 pada jarak 60 – 120 m. nilai tahanan jenis rendah ini diperkirakan sebagai lapisan lempung yang telah tercemari oleh air laut. Area yang terindikasi mengalami intrusi air laut berada pada jarak \pm 200 m dari pesisir pantai ke arah Timur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar berkat bantuan dana

penelitian dalam skema Penelitian Dosen Pemula yang berasal dari KEMENRISTEK/BRIN melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Institut Teknologi Kalimantan pada tahun anggaran 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianita, R., Edwin, T., & Alawiyah, A. (2017). Analisis Intrusi Air Laut dengan Pengukuran Total Dissolved Solids (TDS) Air Sumur Gali di Kecamatan Padang Utara. *Jurnal Dampak*, 14(1), 62. <https://doi.org/10.25077/dampak.14.1.62-72.2017>
- Alfaiz, A. A., & Hutahaean, J. (2015). Jurnal einstein. *Bioilmi Edisi Agustus*, 1(1), 72–82.
- Astutik, P., Wahyono, C., Sadok, S., Program, S., Fisika, S., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2016). Identifikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geolistrik Di Desa Kampung Baru, Tanah Bumbu. *Jurnal Fisika FLUX*, 13(2), 2514–1713.
- Cahyadi, A., Adji, T. N., Marfai, M. A., Novindaru, S., & Agniy, R. F. (2017). Analisis Dampak Intrusi Air Laut Terhadap Airtanah di Pulau Koral Pramuka, DKI Jakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 31(2), 61. <https://doi.org/10.22146/mgi.23725>
- de Franco, R., Biella, G., Tosi, L., Teatini, P., Lozej, A., Chiozzotto, B., Giada, M., Rizzetto, F., Claude, C., Mayer, A., Bassan, V., & Gasparetto-Stori, G. (2009). Monitoring the saltwater intrusion by time lapse electrical resistivity tomography: The Chioggia test site (Venice Lagoon, Italy). *Journal of Applied Geophysics*, 69(3–4), 117–130. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2009.08.004>
- Hastuti, D., Ramdhani, F., Waskito, F., Virgiawan, G., & Yuliana, G. (2015). Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Menyelidiki Intrusi Air Laut Di Kawasan Pantai Kota Semarang (Kaligawe). *Youngster Physics Journal*, 4(4), 317–322.
- Minarto, O., Wahyono, S. C., & Wianto, T. (2016). Penentuan Pola Sebaran Intrusi Air Laut. *Jurnal Ilmiah Fisika FLUX*, 11(1), 89–95.
- Nisa, K., & Yulianto, T. (2012). Untuk Menentukan Zona Intrusi Air Laut Di. 15(1).
- Purnama, S., & Marfai, M. A. (2012). Saline water intrusion toward groundwater : Issues and its control. *Jornal of Natural Resources and Development*, 2, 25–32.
- Purnama, Setyawan, Cahyadi, A., Febriarta, E., Khakhim, N., & Prihatno, H. (2015). Identifikasi Airtanah Asin Berdasarkan Pendugaan Geolistrik Di Pesisir Kota Cilacap Jawa Tengah. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 11(2), 183–190. <https://doi.org/10.21831/gm.v11i2.3450>
- Saila, M., & Azmeri, dan. (2013). a-137 Pengaruh Intrusi Air Laut Terhadap Akuifer Pantai Pada Kawasan Wisata Pantai Iboih Sabang (187a). *Universitas Sebelas Maret (UNS)-Surakarta*, 7(7), 24–26.
- Santoso, T., Priyantari, N., & Hiskiawan, P. (2013). Pendugaan Intrusi Air Laut Dengan Metode Geolistrik Resistivitas 1D di Pantai Payangan Desa Sumberejo Jember. *Berkala Sainstek*, 1(1), 17–19.
- Setiawan, T., Yermia, E., Purnomo, B. J., & Tirtomihardjo, H. (2017). Intrusi Air Laut Pada Sistem Akuifer Tertekan Cekungan Air Tanah Jakarta Berdasarkan Analisis Hidrokimia Dan Hidroisotop. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 27(1), 1. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2017.v27.430>
- W.M. Telford, Geldart, L. P., & Sheriff, R. . (2004). *Applide Geophysics* (p. 751).
- 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*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v3i1.2946>