

Aquifer identification by using induced polarization method in Lampineung Area, Aceh Besar

Identifikasi akuifer menggunakan metoda induksi polarisasi daerah Lampineung, Aceh Besar

Puspita Sari¹, Muhammad Isa^{2*}, Irhamni³, Zulfalina⁴, Gunawati⁵

¹Faculty of Engineering, Syiah Kuala University, Indonesia, ^{2,3,4,5}Faculty of Natural Science, Syiah Kuala University, Indonesia.

¹ puspita14@usk.ac.id, ^{2*} muhammadisa@usk.ac.id, ³ irhamni@usk.ac.id, ⁴ zulfalina@usk.ac.id, ⁵ gunawati@usk.ac.id

*Corresponding Author: muhammadisa@usk.ac.id

Received: 2026-06-12	Reviewed: 2026-08-14	Accepted: 2026-08-27	Published: 2026-08-28
Article URL: https://journal.geutheeinstitute.com/index.php/JG/article/view/4698			

ABSTRACT

Aquifer availability is an important issue in supporting clean water needs, Particularly in coastal areas with limited access to adequate water resources. Residents in the Lampineung area, Aceh Besar Regency, still rely on shallow wells with brackish and less suitable water quality for daily consumption. This study aims to identify aquifer layers in Lampineung Village using the Induced Polarization (IP) geoelectrical method with the Wenner-Schlumberger configuration. Data acquisition was conducted through two survey lines followed by subsurface modeling using Res2Dinv software to obtain chargeability distribution. The results indicate variations in chargeability values associated with differences in lithological characteristics beneath the surface. Low chargeability zones are interpreted as water-saturated layers with relatively good permeability, indicating potential aquifer presence. In contrast, high chargeability values are associated with more compact lithological units or clay-rich materials. The interpretation suggests that aquifer zones in the study area are distributed at several depths with varying groundwater potential. This study demonstrates that the Induced Polarization method effectively identifies subsurface aquifer characteristics and provides scientific information for groundwater exploration in Lampineung.

Keywords: aquifer; chargeability; induced polarization; groundwater.

ABSTRAK

Ketersediaan air tanah menjadi isu penting dalam mendukung kebutuhan air bersih, khususnya pada wilayah pesisir yang memiliki keterbatasan akses terhadap sumber air bersih. Masyarakat di kawasan Lampineung, Kabupaten Aceh Besar, masih bergantung pada sumur resepandangan kualitas air payau dan kurang layak untuk dikonsumsi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi lapisan akuifer di Lampineung menggunakan metode geolistrik *Induced Polarization* (IP) dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Akuisisi data dilakukan melalui dua lintasan pengukuran, kemudian dimodelkan menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* untuk memperoleh distribusi nilai *chargeability* bawah permukaan. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi nilai *chargeability* yang berkaitan dengan perbedaan karakteristik litologi bawah permukaan. Zona dengan nilai *chargeability* rendah diinterpretasikan sebagai lapisan jenuh air dengan permeabilitas relatif baik sehingga berpotensi sebagai akuifer, sedangkan nilai *chargeability* tinggi diasosiasikan dengan material yang lebih kompak atau kaya lempung. Interpretasi menunjukkan bahwa zona akuifer tersebar pada beberapa kedalaman dengan potensi air tanah yang berbeda. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Induced Polarization* efektif digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik akuifer bawah permukaan sebagai informasi ilmiah dalam eksplorasi air tanah di wilayah Lampineung.

Kata kunci: akuifer; air tanah; *chargibilitas*; induksi polarisasi

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih telah menjadi isu kritis di berbagai wilayah berkembang karena pertumbuhan penduduk yang meningkat dan akses terbatas terhadap sumber daya air berkelanjutan. Di daerah yang air tanah tidak mencukupi atau tidak tersedia, air tanah berfungsi sebagai sumber alternatif penting untuk konsumsi domestik karena ketersediaan dan aksesibilitasnya yang relatif stabil. Air tanah umumnya tersimpan di dalam formasi geologi bawah permukaan yang dikenal sebagai akuifer, yang memiliki kapasitas untuk menyimpan dan mengalirkan air melalui ruang pori dan retakan yang saling terhubung (Kodoatie, 1996; Seyhan, 1990).

Keberadaan dan produktivitas akuifer sangat dipengaruhi oleh karakteristik geologi, komposisi litologi, porositas, dan permeabilitas material bawah permukaan. Akuifer umumnya berkembang di formasi permeabel seperti pasir, kerikil, dan batugamping yang retak, sedangkan material kedap air seperti tanah liat atau batuan padat cenderung membatasi pergerakan air tanah (Todd, 1976). Oleh karena itu, mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan sangat penting untuk menentukan zona pembawa air tanah, terutama di wilayah yang mengalami keterbatasan akses terhadap sumber daya air bersih. Desa Lampineung, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar sering menghadapi tantangan terkait ketersediaan sumber daya air tanah bersih. Penduduk setempat sebagian besar bergantung pada sumur tradisional dangkal dengan kualitas air payau menunjukkan keterbatasan kesesuaian untuk konsumsi domestik. Masalah ini kemungkinan terkait dengan kondisi geologi yang didominasi oleh endapan aluvial dan vulkanik serta pengaruh pesisir yang berpotensi menyebabkan salinisasi air tanah (Bennet dkk., 1981). Aryaseta et al. (2017) di Surabaya Timur, IP bahkan digunakan untuk membantu mengidentifikasi intrusi air laut. Zona dengan resistivitas sangat rendah dan *chargeability* rendah diinterpretasikan sebagai zona yang kemungkinan telah terisi air asin. Sementara itu, penelitian Attwa & Günther (2013) memperluas penggunaan IP dari sekadar pemetaan akuifer menjadi estimasi sifat hidrolik akuifer, khususnya konduktivitas hidrolik (K). Mereka menemukan bahwa parameter waktu relaksasi dari SIP memiliki hubungan dengan nilai K yang diukur. Berbagai metode geofisika telah banyak diterapkan untuk eksplorasi air tanah karena bersifat non-destruktif, hemat biaya, dan mampu memberikan informasi bawah permukaan baik secara lateral maupun vertikal. Metode geolistrik Polarisasi Terinduksi (IP) telah menunjukkan potensi yang cukup besar dalam mengkarakterisasi litologi bawah permukaan berdasarkan respons polarisasi listrik. Metode IP mengukur respons listrik tertunda dari material bawah permukaan setelah injeksi arus listrik, menghasilkan parameter sebagai *chargeability* yang terkait erat dengan karakteristik litologi, interaksi fluida pori, dan komposisi mineral (Keller, 1966; Reynolds, 1997). Nilai *chargeability* dipengaruhi oleh ukuran butir batuan, porositas, permeabilitas, dan mobilitas ion dalam media berpori, sehingga parameter ini sangat berguna untuk interpretasi akuifer (Telford et al., 1990; Murali, 2006).

Studi-studi dengan pendekatan geolistrik IP telah menunjukkan bahwa kemampuan mengidentifikasi formasi pembawa air tanah dan akuifer dangkal. Selain itu, konfigurasi *Wenner-Schlumberger* telah diakui kemampuannya untuk memberikan sensitivitas yang seimbang terhadap variasi bawah permukaan lateral dan vertikal, sehingga cocok untuk investigasi air tanah dangkal (Syafnur et al., 2023; Loke, 2004).

Akuifer yang berada di bawah permukaan tanah dibedakan menjadi empat jenis akuifer. Empat jenis akuifer tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut, yakni;

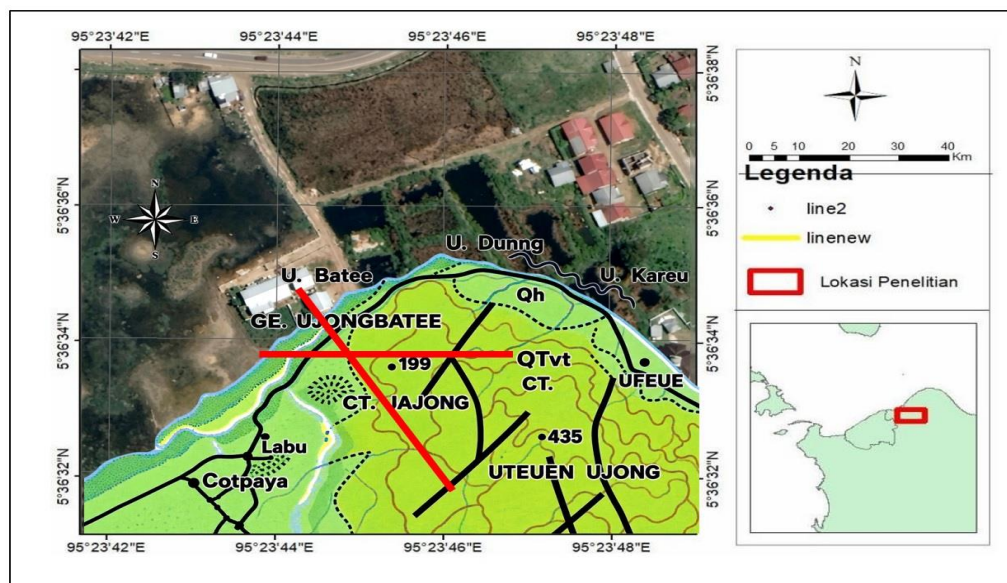
- a. Akuifer bebas (*unconfined aquifer*) merupakan akuifer yang memiliki satu lapisan pembatas kedap air yang terletak di bagian bawahnya. Muka air tanah merupakan bidang batas dari daerah jenuh air. Akuifer ini dikenal sebagai *phreatic aquifer*.
- b. Akuifer tertekan (*confined aquifer*) adalah akuifer jenuh air yang pada lapisan atas dan lapisan bawahnya merupakan lapisan kedap air sebagai pembatasnya. Pada lapisan pembatasnya tidak terdapat air yang mengalir (*no flux*). Pada akuifer ini tekanan air lebih besar daripada tekanan atmosfer. Akuifer ini disebut juga (*pressure aquifer*).

- c. Akuifer setengah tertekan (*semiconfined aquifer*) ialah akuifer jenuh air dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air (nilai kelulusan airnya terletak antara akuifer dan akuitar). Pada bagian bawah dibatasi oleh lapisan kedap air. Pada lapisan pembatas dibagian atas sehingga memungkinkan masih ada air yang mengalir ke akuifer tersebut. Akuifer ini dikenal dengan *leaky-artesian aquifer*.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lapisan akuifer di Desa Lampineung menggunakan metode IP dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* berdasarkan distribusi muatan bawah permukaan. Keunggulan penelitian ini terletak pada penerapan interpretasi muatan untuk identifikasi akuifer di lingkungan pesisir di mana ketersediaan air tanah masih yang terbatas. Temuan ini diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah untuk eksplorasi air tanah, mendukung pengelolaan air bersih berkelanjutan, dan berkontribusi pada studi hidrogeofisika yang berkaitan dengan karakterisasi akuifer di lingkungan pesisir (Loke, 2004; Bennet dkk., 1981).

2. RESEARCH METHOD

Penelitian ini dilakukan di kawasan Lampineung, Baitussalam, Aceh Besa. Secara geografis, wilayah penelitian terletak pada koordinat $5^{\circ}36'44.63''$ – $5^{\circ}38'46.72''$ LU dan $95^{\circ}23'49.94''$ – $95^{\circ}30'51.90''$ LS. Berdasarkan pemetaan geologi regional, wilayah ini didominasi oleh endapan aluvial dan formasi vulkanik Lamteuba, berupa lumpur, pasir halus, breksi vulkanik, dan material piroklastik yang berpotensi memengaruhi keberadaan air tanah dan karakteristik litologi bawah permukaan (Bennet dkk., 1981) Lokasi survei dapat dilihat pada Gambar 1.



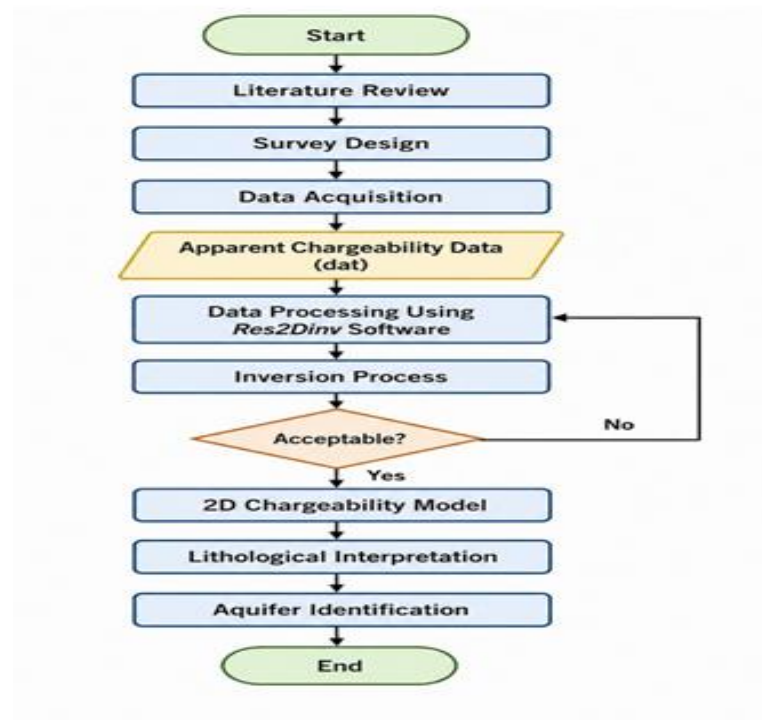
Gambar 1. Lintasan pengukuran dan peta geologi Kawasan penelitian

2.1 Akuisisi data

Investigasi air tanah dilakukan menggunakan metode Polarisasi Terinduksi (IP) geolistrik dalam sistem pengukuran domain waktu. Pengukuran lapangan dilakukan di sepanjang 2 (dua) lintasan masing masing sepanjang 150 meter yang menggunakan empat elektroda yang terdiri dari dua elektroda arus dan dua elektroda potensial. Arus listrik diinjeksikan ke bawah permukaan, dan respons listrik dicatat untuk mendapatkan nilai muatan semu. Data lapangan yang diperoleh diproses menggunakan perangkat lunak Res2Dinv untuk menghasilkan model bawah permukaan dua dimensi berdasarkan distribusi muatan. Inversi data diterapkan untuk mendapatkan citra bawah permukaan yang lebih representatif dengan meminimalkan perbedaan antara nilai terukur dan nilai yang dihitung. Identifikasi akuifer dilakukan melalui interpretasi zona muatan rendah yang terkait dengan formasi berpori dan permeabel yang mengandung air tanah.

2.2 Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan dalam gambar 2 di bawah ini.



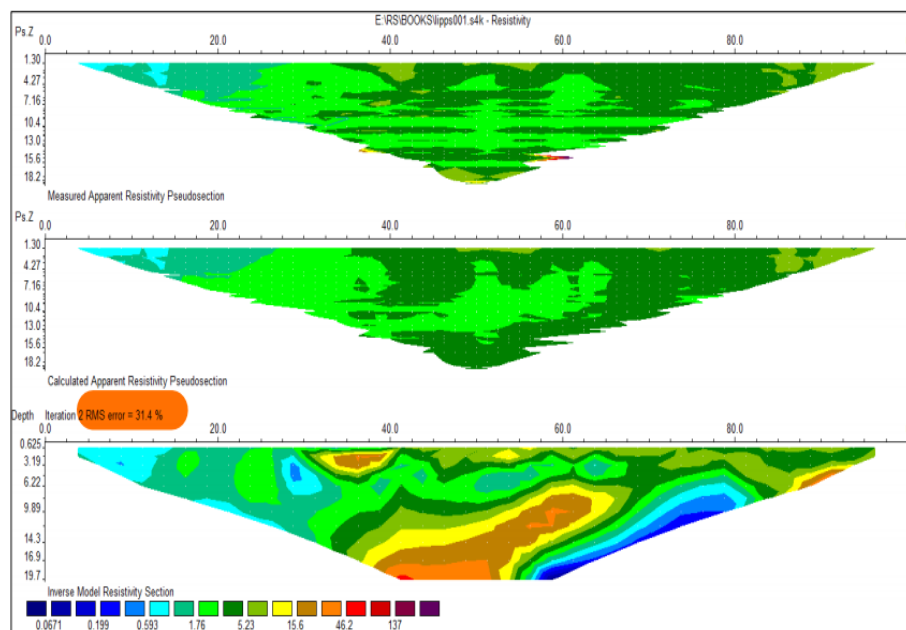
Gambar 2. Diagram alir penelitian untuk identifikasi akuifer menggunakan metode IP.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Akuisisi pada lintasan 1

Hasil inversi survei pada lintasan 1 mengungkapkan variasi distribusi muatan bawah permukaan yang terkait dengan heterogenitas litologi di kawasan Lampineung. Berdasarkan model muatan dua dimensi (2D), zona muatan rendah dan tinggi dapat diidentifikasi dan menunjukkan perbedaan sifat material bawah permukaan. *Chargeability* rendah tersebar di beberapa interval kedalaman, sedangkan *Chargeability* lebih tinggi terkonsentrasi pada formasi bawah permukaan yang padat. Variasi spasial nilai muatan menunjukkan kondisi bawah permukaan yang heterogen di sepanjang lintasan survei. Zona *Chargeability* rendah diduga terkait dengan formasi berpori yang jenuh dengan akuifer, sedangkan *Chargeability* lebih tinggi menunjukkan formasi material berbutir halus.

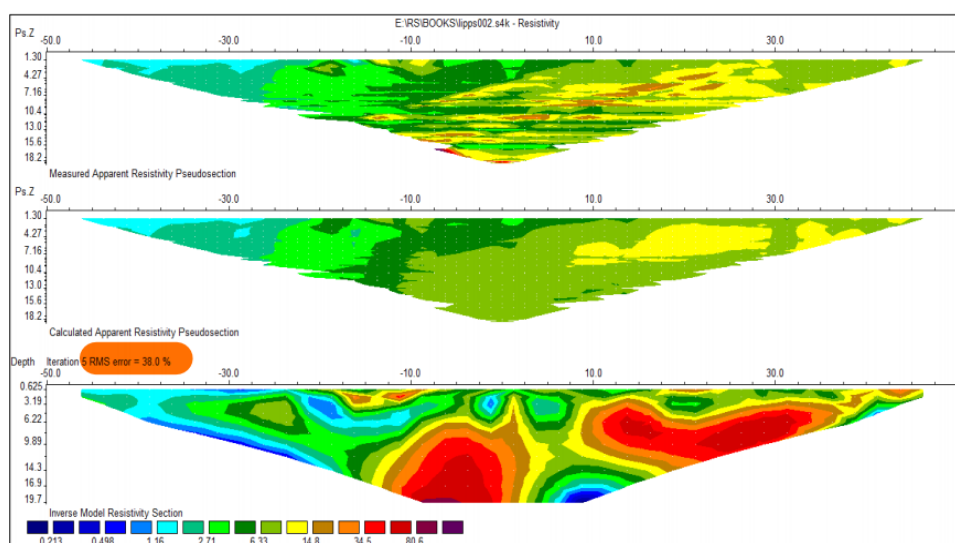
Pada gambar 3 terlihat bahwa data observasi di lapangan, data perhitungan serta data pemodelan dalam dua dimensi dengan distribusi nilai chargeabilitas. Nilai chargeabilitas terdistribui mulai yang rendah, sedang dan tinggi. Nilai-nilai ini menunjukkan litologi bawah permukaan dan kedalaman akuifer yang menjadi target air tanah.



Gambar 3. Distribusi nilai *chargeability* semu hasil akuisisi pada lintasan 1

3.2 Hasil Akuisisi pada lintasan 2

Karakteristik nilai *chargeability* pada lintasan 2 ditunjukkan oleh gambar 4 dimana variasi muatan yang signifikan di bawah daerah penelitian. Penampang muatan dua dimensi yang dihasilkan menunjukkan beberapa zona anomali yang ditandai dengan respons muatan yang berbeda, menunjukkan variasi komposisi litologi dan keberadaan air tanah. Dibandingkan dengan lintasan 1, distribusi *Chargeability* pada lintasan 2 menunjukkan karakteristik bawah permukaan yang berbeda yang mungkin mencerminkan perubahan komposisi sedimen, porositas, dan kandungan fluida. Beberapa *Chargeability* rendah pada zona tersebut terlihat jelas pada gambar 4 diinterpretasikan sebagai formasi yang berpotensi mengandung air tanah.



Gambar 4. Distribusi nilai *chargeability* semu hasil akuisisi pada lintasan 2

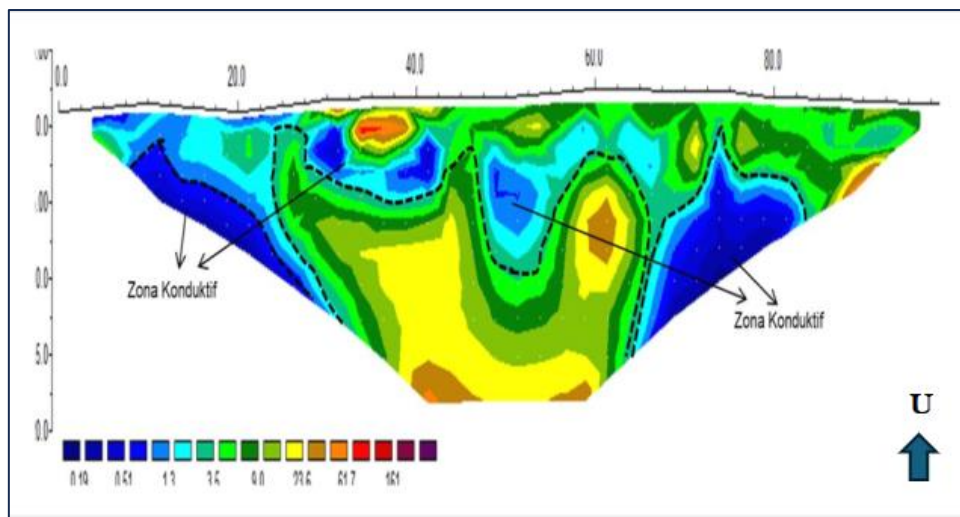
3.3 Pembahasan komparatif nilai *chargeability*

Untuk lebih memahami kondisi bawah permukaan di area penelitian, perbandingan antara dua lintasan survei dilakukan berdasarkan karakteristik *chargeability*, perkiraan kedalaman akuifer, dan interpretasi sifat litologi. Tabel 1 menunjukkan bahwa perbandingan karakteristik distribusi *chargeability*

Table 1. Perbandingan karakteristik dari nilai distribusi *chargeability*

Parameter	Line 1	Litologi	Line 2	Litologi
Zona rendah <i>chargeability</i> (msec)	<3,5-9,0	Lapisan air tanah lempung, pasir	< 2,71	Zona tersaturasi air tanah, lempung pasir
Zona sedang <i>chargeability</i> (msec)	9,0-23,6	Pasir, pasir lempungan	2,71-6,3	Pasir, lempungan
Zona tinggi <i>chargeability</i> (msec)	> 23,6	Tufa, lempung pasir, batuan lempung kompak	> 6,3	Tufa, lempung, pasir kompak sebagai lapisan <i>bedrock</i>

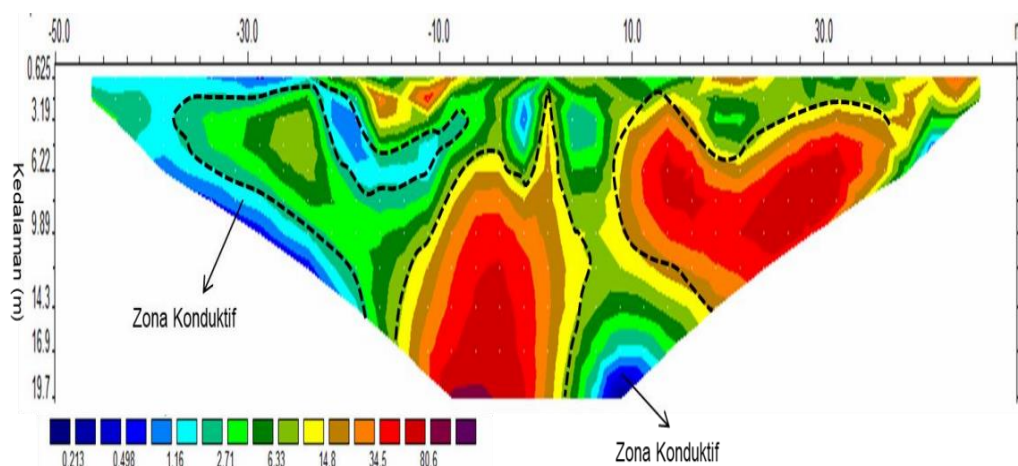
Zona-zona dengan daya serap rendah yang teridentifikasi di kedua lintasan survei yang diinterpretasikan sebagai formasi berpori dan permeabel yang jenuh dengan air tanah, hal ini mewakili lapisan akuifer yang diinginkan. Kondisi geologi Desa Lampineung, yang didominasi oleh material aluvial dan vulkanik, juga mendukung keberadaan sistem akuifer dangkal di bawah area penelitian. Satuan litologi yang diinterpretasikan kemungkinan terkait dengan sedimen yang tidak terkonsolidasi yang mampu mentransmisikan air tanah. Kondisi geologi Desa Lampineung, yang didominasi oleh material aluvial dan vulkanik, juga mendukung keberadaan sistem akuifer dangkal di bawah area penelitian. Satuan litologi yang diinterpretasikan terkait dengan sedimen yang tidak terkonsolidasi yang mampu mengalirkan air tanah sebagaimana terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Interpretasi litologi berdasarkan distribusi nilai *chargeability* lintasan 1

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa nilai chargeabilitas yang diperoleh pada lintasan 2 relatif bervariasi dengan informasi kedalaman mencapai 19,7 m dari permukaan. Nilai chargeabilitas sebenarnya yang didapatkan dari hasil inversi menggunakan perangkat Res2Dinv menunjukkan perbedaan nilai yang cukup mencolok antara kawasan konduktif dan resistif dengan rentang nilai berkisar antara 0,213 – 80,6 msec. Sehubungan dengan informasi yang dicari relatif berfokus pada kontras antara nilai chargeabilitas rendah,

menengah dan tinggi. Kontras chargeabilitas pada lintasan ini hampir sama dengan lintasan 1, dimana daerah bernilai chargeabilitas rendah yang dicitrakan dengan warna biru muda hingga biru tua terakumulasi pada dua bagian terpisah yang dibatasi oleh zona dengan nilai chargeabilitas menengah hingga tinggi (warna hijau muda, kuning, merah hingga ungu). Pada zona chargeabilitas rendah berada di lapisan atas dengan kedalaman antara 0.625 – 14.3 m. Zona chargeabilitas rendah dengan nilai chargeabilitas <2,71 msec diduga sebagai tanah, lempung dan lempung pasir, umumnya bersifat lepas dan berdasarkan pengamatan di lapangan, material tersebut tersaturasi dengan air. Material ini umumnya bersifat lepas/lapuk dan cukup berpori sehingga dapat meloloskan air dengan tingkat rendah. Di sisi lain, pada kedalaman 16,9 – 19,7 m terdapat zona konduktif dengan nilai chargeabilitas <2,71 msec diduga sebagai lapisan air tanah.



Gambar 6. Interpretasi penampang 2D lintasan 2

3.4 Interpretasi perbandingan nilai *chargeability* per lintasan

Berdasarkan hasil pengolahan data *true chargeability* diperoleh pola perlapisan atau susunan lapisan yang diinterpretasikan sebagai zona konduktif dan zona resistif. Kawasan dangkal dengan kedalaman 0 – 5 m memiliki pola persebaran nilai chargeabilitas dengan range antara 3,5 - 9 msec yang berdasarkan pengamatan di lapangan merupakan lapisan lempung dan lempung pasir. Lapisan dangkal tersebut merupakan hasil dari sedimentasi yang umumnya bersifat lepas/lapuk dan berpori sehingga dapat meloloskan air atau permeable. Zona dengan chargeabilitas sedang hingga tinggi mendominasi area pada bentangan 25-65 meter di kedalaman 2–20 meter yang diduga sebagai tufa-lempung pasir dan batuan lempung kompak. Material ini umumnya bersifat kompleks dan tidak dapat meloloskan air atau *impermeable*.

Zona dengan nilai chargeabilitas sedang dengan nilai chargeabilitas 9.0–23,6 msec diinterpretasikan sebagai pasir dan pasir lempungan hasil dari produk sedimentasi di kawasan tersebut yang merupakan kawasan pesisir. Pada penampang 2D didapatkan zona-zona konduktif yang mengidentifikasi sebagai lapisan air tanah. Zona tersebut memiliki nilai chargeabilitas berkisar antara 0,19 – 0,51 msec. Kedalaman zona konduktif tersebut berkisar antara 5 hingga 15 meter di bawah permukaan. Terdapatnya zona yang diidentifikasi sebagai akuifer ini dapat menjadi potensi alternatif untuk mendapatkan air tanah.

Dibandingkan dengan investigasi air tanah sebelumnya yang terutama didasarkan pada interpretasi resistivitas, studi ini menekankan analisis nilai *chargeability* sebagai parameter utama untuk delineasi akuifer. Penerapan metode Polarisasi Terinduksi memberikan informasi hidrogeofisika tambahan mengenai heterogenitas litologi dan keberadaan air tanah. Penggunaan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* memungkinkan karakterisasi variasi bawah permukaan lateral dan vertikal secara efektif, mendukung identifikasi akuifer yang lebih komprehensif. Studi serupa menunjukkan bahwa menggabungkan analisis nilai

chargeability dengan interpretasi geologi meningkatkan akurasi karakterisasi bawah permukaan. Kontribusi ilmiah dari studi ini terletak pada penerapan interpretasi nilai *chargeability* untuk identifikasi akuifer di Desa Lampineung, di mana informasi hidrogeofisika masih terbatas. Temuan ini diharapkan dapat mendukung eksplorasi air tanah dan pengelolaan sumber daya air berkelanjutan di wilayah studi.

4. KESIMPULAN

Studi ini berhasil mengidentifikasi lapisan akuifer bawah permukaan di Desa Lampineung, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar menggunakan metode geolistrik *Induced Polarization* (IP) dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Distribusi nilai *chargeability* yang diperoleh dari dua garis survei mengungkapkan variasi bawah permukaan yang signifikan terkait dengan heterogenitas litologi dan keberadaan air tanah. Zona nilai *chargeability* rendah yang diidentifikasi di kedua lintasan survei diinterpretasikan sebagai formasi berpori dan permeabel yang jenuh dengan air tanah, menunjukkan potensi lapisan akuifer, sedangkan nilai muatan yang relatif tinggi dikaitkan dengan formasi kompak dan material kaya lempung. Temuan ini menunjukkan bahwa metode Polarisasi Terinduksi efektif untuk karakterisasi akuifer di lingkungan pesisir dengan ketersediaan air tanah bersih yang terbatas. Zona akuifer yang diidentifikasi memberikan informasi ilmiah yang dapat mendukung eksplorasi air tanah dan meningkatkan akses terhadap sumber air bersih bagi masyarakat setempat di Desa Lampineung, Aceh Besar.

Studi selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan analisis resistivitas dan hidrokimia untuk meningkatkan karakterisasi air tanah dan penilaian kualitas air di daerah pesisir.

ACKNOWLEDGMENTS

Ucapan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penelitian ini, baik mahasiswa maupun kolega dari departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan departemen Kebumihan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

REFERENCES

- Attwa, M., & Günther, T. (2013). Spectral induced polarization measurements for predicting the hydraulic conductivity in sandy aquifers. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, 4079–4094. <https://doi.org/10.5194/hess-17-4079-2013> (HESS)
- Aryaseta, B., Warnana, D. D., & Widodo, A. (2017). Identifikasi intrusi air laut pada air tanah menggunakan metode induced polarization studi kasus daerah Surabaya Timur. *Jurnal Geosaintek*. (IPTEK Journal)
- Bennet, J. D., Bridge, D. M., Cameron, N. R., Djunuddin, A., Ghazali, S. A., Jeffery, D. H., Kartawa, W., Keats, W., Rock, N. M. S., Thomson, S. J., & Whandoyo, R. (1981). *Geological map of Banda Aceh quadrangle, Sumatra*. Geological Research and Development Centre.
- Keller, G. V. (1966). *Induced polarization methods in geophysical prospecting*. Pergamon Press.
- Kodoatie, R. J. (1996). *Pengantar hidrogeologi*. Andi Offset.
- Loke, M. H. (2004). *Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys*. Geotomo Software.
- Syafnur, A., Rahman, A., & Hidayat, T. (2023). Identification of shallow aquifers using Wenner-Schlumberger configuration in groundwater investigation, Geocelbes, 7(2), 89-101.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Todd, D. K. (1976). *Groundwater hydrology* (2nd ed.). John Wiley & Sons.