doi:10.56099/ophi.v8i2.p31-39 http://ophiolite.uho.ac.id/

Vol. 08, No. 02, Tahun 2026: 31–39
OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan
|e-ISSN 2715-4440|
Program Studi Teknik Geologi, Universitas Halu Oleo

|Research Article

Indikasi Intrusi Air Laut Berdasarkan Resistivitas 2D dan Kualitas Air Tanah di Penjaringan dan Tambora, Jakarta

Muhammad Lutfi Hakim[1]✉, Darwin Harahap[1], Fatma Peera[1], Mahmud Yusuf[1,2]

[1] Program Studi Geofisika, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG), Jl. Meteorologi No.5, Tangerang, Banten, Indonesia 15119
[2] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Jl. Angkasa I No. 2, Kemayoran, Jakarta Pusat, DKI Jakarta, Indonesia 10720

ARTICLE INFO

Article history:
Received: June 28, 2026
Accepted: August 29, 2026
Published: November 8, 2026

Keywords:
resistivitas 2D
salinitas airtanah
intrusi air laut
akuifer dangkal
jakarta

Corresponding author:
Muhammad Lutfi Hakim
Email: hakim23082002@gmail.com

Read online:
Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Copyright © 2026 Authors

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Salinitas air tanah di pesisir Jakarta sulit diidentifikasi hanya berdasarkan resistivitas rendah karena endapan lempung jenuh juga menghasilkan respons konduktif. Penelitian ini bertujuan memetakan distribusi lateral dan vertikal zona resistivitas rendah serta mengevaluasi keterkaitannya dengan kualitas air tanah dan kondisi geologi di Penjaringan dan Tambora, Jakarta. Pengukuran resistivitas dua dimensi dilakukan pada dua lintasan menggunakan ARES II dengan konfigurasi *Wenner–Schlumberger*, spasi elektroda 5 m, dan panjang lintasan masing-masing 235 m dan 355 m. Data diinversi menggunakan RES2DINV dengan memasukkan koreksi topografi. Interpretasi didukung oleh pengukuran daya hantar listrik (DHL) dan *total dissolved solids* (TDS) pada empat sumur air tanah serta informasi geologi setempat. Lintasan Penjaringan didominasi resistivitas 0,5–2,0 Ωm hingga kedalaman sekitar 45 m, sedangkan lintasan Tambora menunjukkan resistivitas 0,5–4,5 Ωm hingga sekitar 70 m dengan beberapa anomali resistif lokal sebesar 15–100 Ωm. Nilai DHL berkisar 1,144–3,414 dS/m dan TDS 763–2.277,14 mg/L. Tiga sampel tergolong payau, sedangkan satu sampel tergolong tawar. Hasil integrasi menunjukkan bahwa salinitas air pori berkontribusi terhadap rendahnya resistivitas, tetapi kandungan lempung, lanau, dan tingkat kejenuhan juga berperan penting. Temuan ini mengindikasikan salinisasi yang konsisten dengan kemungkinan pengaruh intrusi air laut, tetapi belum dapat memastikan sumber, arah aliran, dan batas regional intrusi.

ABSTRACT

Groundwater salinity in coastal Jakarta is difficult to identify solely from low-resistivity values because saturated clay deposits can also produce conductive responses. This study aims to map the lateral and vertical distribution of low-resistivity zones and evaluate their relationship with groundwater quality and geological conditions in Penjaringan and Tambora, Jakarta. Two-dimensional resistivity surveys were conducted along two profiles using an ARES II system with a Wenner–Schlumberger configuration, a 5 m electrode spacing, and profile lengths of 235 m and 355 m, respectively. The data were inverted using RES2DINV with topographic correction. Interpretation was supported by measurements of electrical conductivity and total dissolved solids from four groundwater wells, together with local geological information. The Penjaringan profile is dominated by resistivity values of 0.5–2.0 Ωm to a depth of approximately 45 m, whereas the Tambora profile shows resistivity values of 0.5–4.5 Ωm to a depth of about 70 m, with several local resistive anomalies ranging from 15 to 100 Ωm. Electrical conductivity values range from 1.144 to 3.414 dS/m, while TDS values range from 763 to 2,277.14 mg/L. Three samples are classified as brackish water, whereas one sample is classified as fresh water. The integrated results indicate that pore-water salinity contributes to the low-resistivity response, although clay content, silt content, and saturation level also play important roles. These findings indicate groundwater salinization consistent with the possible influence of seawater intrusion, but they do not yet confirm its source, flow direction, or regional extent.

How to cite: Hakim, M.L., Darwin, H., Peera, F. dan Yusuf, M. (2026). Indikasi Intrusi Air Laut Berdasarkan Resistivitas 2D dan Kualitas Air Tanah di Penjaringan dan Tambora, Jakarta. OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan, 8(2), pp. 31-39. https://doi.org/10.56099/ophi.v8i2.p31-39

1 Pendahuluan

DKI Jakarta menghadapi permasalahan keberlanjutan air tanah akibat tingginya kebutuhan air dan pemanfaatan air tanah secara terus-menerus (Kooy dkk., 2018). Pengambilan air tanah yang berlebihan dapat menurunkan muka air tanah dan mengganggu keseimbangan hidrostatik antara air tawar dan air laut pada akuifer pesisir (Handika dkk., 2024). Kondisi tersebut dapat mendorong pergerakan air laut menuju daratan, menurunkan kualitas air tanah, dan membatasi pemanfaatannya (Ashillah dkk., 2025; Karunia dan Ikhwali, 2021). Permasalahan ini penting dikaji di Jakarta bagian utara karena wilayah tersebut memiliki elevasi rendah, tingkat pembangunan tinggi, dan tekanan pemanfaatan air tanah yang besar. Di Penjaringan, perubahan muka air tanah pada periode 2013–2014 dilaporkan mencapai sekitar 3,86 m, yang menunjukkan adanya tekanan terhadap sistem air tanah setempat (Agus dkk., 2015).

Penelitian terdahulu telah mengkaji salinisasi air tanah di Cekungan Air Tanah Jakarta dengan berbagai pendekatan. Agus dkk. (2015) menemukan anomali gravitasi mikro antarwaktu positif sebesar 0,0016–0,1783 mGal di Jakarta bagian utara hingga Jakarta Pusat, termasuk Penjaringan dan Tambora. Anomali tersebut dikaitkan dengan penambahan massa bawah permukaan akibat intrusi air laut, perubahan muka air tanah, dan amblesan tanah. Meskipun memberikan gambaran regional, metode gravitasi belum dapat menjelaskan distribusi vertikal dan kedalaman zona air asin secara langsung. Penelitian hidrokimia dan hidroisotop menunjukkan bahwa air tanah asin pada akuifer tertekan atas umumnya ditemukan pada jarak kurang dari 3 km dari pantai, sedangkan air sedikit asin dapat ditemukan hingga kurang dari 9 km Indikasi intrusi ditentukan berdasarkan nilai TDS lebih dari 1.000 mg/L, rasio Na/Cl kurang dari 1, rasio Cl/HCO_3 lebih dari 0,55, serta komposisi isotop $\delta^{18}O$ dan $\delta^{2}H$ (Asseggaf dkk., 2017; Setiawan dkk., 2017).

Metode geolistrik juga telah diterapkan di Tanjung Priok, Koja, dan Marunda. Rosid dkk. (2019) menemukan zona konduktif pada akuifer dangkal dengan kecenderungan aliran fluida bawah permukaan dari utara menuju selatan. Farhan dan Rosid (2020) juga mengidentifikasi lapisan beresistivitas kurang dari 1 Ωm di Marunda yang berkaitan dengan air tanah bersalinitas tinggi. Namun, resistivitas rendah tidak memiliki interpretasi tunggal. Respons tersebut juga dapat dipengaruhi oleh lempung, lanau, porositas, kejenuhan, serta kandungan ion dalam air pori. Oleh karena itu, interpretasi geolistrik memerlukan dukungan data kualitas air dan kondisi geologi.

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Penjaringan, Jakarta Utara, dan Kecamatan Tambora, Jakarta Barat. Penjaringan mewakili wilayah pesisir yang berdekatan dengan Laut Jawa, sedangkan Tambora mewakili wilayah yang lebih jauh ke arah daratan. Kedua lokasi membentuk kemenerusan dari kawasan pesisir menuju daratan untuk mengevaluasi perubahan karakter zona konduktif. Objek penelitian meliputi distribusi resistivitas bawah permukaan pada dua lintasan geolistrik serta karakteristik DHL dan TDS pada empat sumur air tanah dangkal. Lapisan pasir berpotensi menjadi jalur pergerakan air tanah, namun lapisan lempung juga dapat menghasilkan resistivitas rendah.

Meskipun penelitian intrusi air laut di Jakarta telah banyak dilakukan, kajian yang secara khusus membandingkan distribusi lateral dan vertikal zona konduktif pada akuifer dangkal Penjaringan dan Tambora melalui integrasi resistivitas 2D, kualitas air tanah, dan kondisi geologi masih terbatas. Permasalahan penelitian ini adalah belum diketahuinya distribusi lateral dan vertikal zona resistivitas rendah pada Penjaringan dan Tambora serta belum jelasnya kontribusi salinitas dan litologi terhadap respons konduktif tersebut. Penelitian ini menggunakan metode *Electrical Resistivity Tomography* 2D yang diintegrasikan dengan pengukuran DHL, TDS, dan data geologi. Metode resistivitas digunakan untuk memetakan geometri material konduktif, sedangkan DHL dan TDS digunakan untuk menilai kualitas air tanah. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi distribusi lateral dan vertikal zona resistivitas rendah serta mengevaluasi keterkaitannya dengan kualitas air tanah dan kondisi geologi untuk menilai indikasi intrusi air laut di Penjaringan dan Tambora. Hasil penelitian diharapkan menjadi informasi awal untuk mendukung pemantauan dan pengelolaan sumber daya air tanah di wilayah pesisir Jakarta.

2 Geologi dan Hidrogeologi Daerah Penelitian

Wilayah Penjaringan dan Tambora berada pada dataran rendah Jakarta bagian utara. Penjaringan terletak lebih dekat dengan garis pantai, sedangkan Tambora berada lebih ke arah daratan. Secara geologi, daerah penelitian didominasi oleh Formasi Aluvium (Qa) yang tersusun atas lempung, lanau, pasir, kerikil, kerakal, hingga bongkah. Selain Formasi Aluvium, berdasarkan peta geologi, terpetakan pula Formasi Endapan Pematang Pantai (Qbr) yang memanjang di sekitar batas wilayah Penjaringan. Formasi Endapan Pematang Pantai ini tersusun atas material pasir berukuran halus hingga kasar. Kedua lintasan geolistrik yang digunakan secara spasial berada pada Formasi Aluvium. Keberadaan pasir pada formasi tersebut dapat meningkatkan permeabilitas dan membentuk jalur pergerakan air tanah. Di sisi lain,

kandungan lempung dan lanau pada Formasi Aluvium dapat menghasilkan respons resistivitas rendah akibat konduksi permukaan dan tingkat kejenuhan air yang tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan respons resistivitas bawah permukaan dapat dipengaruhi oleh interaksi antara variasi ukuran butir, proporsi lempung, tingkat kejenuhan, kualitas air pori, serta material timbunan perkotaan (Indriatmoko, 2016).

Berdasarkan peta geologi yang ditunjukkan pada Gambar 1, tidak terpetakan sesar atau lipatan regional yang memotong langsung kedua lintasan. Dengan demikian, struktur geologi tidak dianggap sebagai pengontrol utama distribusi resistivitas pada skala penelitian, sehingga kondisi bawah permukaan lebih dipengaruhi oleh variasi litologi, kejenuhan, dan salinitas air pori.

Secara hidrogeologi, Cekungan Jakarta merupakan sistem akuifer berlapis yang terdiri atas akuifer tidak tertekan pada kedalaman kurang dari sekitar 40 m, akuifer tertekan atas pada 40–140 m, akuifer tertekan tengah pada 140–250 m, dan akuifer tertekan bawah pada kedalaman lebih dari 250 m (Wijaya dkk., 2019). Lapisan pasir dan kerikil berpotensi membentuk akuifer karena memiliki porositas dan permeabilitas relatif lebih tinggi, sedangkan lapisan lempung dan lanau dapat bertindak sebagai akuitar. Kedalaman investigasi pada penelitian ini mencakup akuifer dangkal dan kemungkinan bagian atas sistem akuifer tertekan. Oleh karena itu, interpretasi zona resistivitas rendah dilakukan dengan mempertimbangkan litologi, kejenuhan, DHL, dan TDS untuk membedakan pengaruh fluida salin dari respons lapisan lempung jenuh.

3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui integrasi data resistivitas dua dimensi, parameter fisik-kimia air tanah, dan informasi geologi. Data primer terdiri atas dua lintasan resistivitas dan empat sampel air tanah yang dipilih berdasarkan posisi terhadap garis pantai, kedekatan dengan lintasan, ketersediaan sumur, dan aksesibilitas, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Titik pengamatan membentuk kemenerusan dari Kecamatan Penjaringan, Jakarta Utara, menuju Kecamatan Tambora, Jakarta Barat. Pengambilan data dilakukan pada bulan April dan Mei tahun 2026 dalam kondisi peralihan dari musim hujan ke kemarau.

Pengukuran resistivitas dilakukan menggunakan *resistivity meter* ARES II dengan konfigurasi *Wenner–Schlumberger*. Konfigurasi ini dipilih karena memiliki sensitivitas yang seimbang terhadap perubahan resistivitas secara lateral dan vertikal serta memberikan kekuatan sinyal yang relatif baik pada lingkungan perkotaan. Arus listrik diinjeksikan melalui dua elektroda arus, sedangkan beda potensial diukur melalui dua elektroda potensial (Telford dkk., 1990). Nilai resistivitas semu dihitung secara otomatis oleh instrumen berdasarkan arus, beda potensial, dan faktor geometri susunan elektroda.

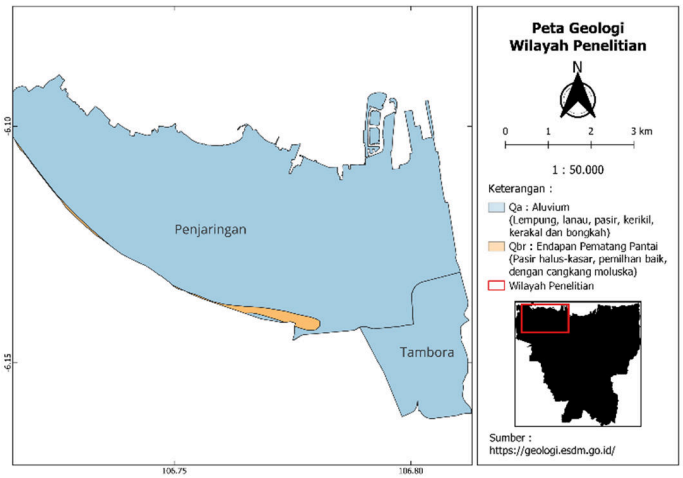
Lintasan Penjaringan memiliki panjang 235 m dengan jumlah 48 elektroda, sedangkan lintasan Tambora memiliki panjang 355 m dengan jumlah 72 elektroda. Kedua lintasan menggunakan spasi elektroda 5 m. Lintasan Penjaringan berarah N 0° E, sedangkan lintasan Tambora berarah N 350° E. Tahanan kontak diperiksa sebelum pengukuran, kemudian diperbaiki melalui penambahan air atau penanaman ulang elektroda apabila nilainya terlalu tinggi dan mengganggu kestabilan pembacaan.

Elevasi setiap elektroda diperoleh dari DEM. Data topografi dimasukkan dalam proses inversi agar geometri model mengikuti kondisi permukaan sebenarnya. Data lapangan diperiksa untuk mengidentifikasi datum dengan kesalahan pengukuran tinggi, nilai negatif, atau nilai yang menyimpang dari pola data. Datum yang tidak memenuhi kriteria kualitas dihapus sebelum proses inversi.

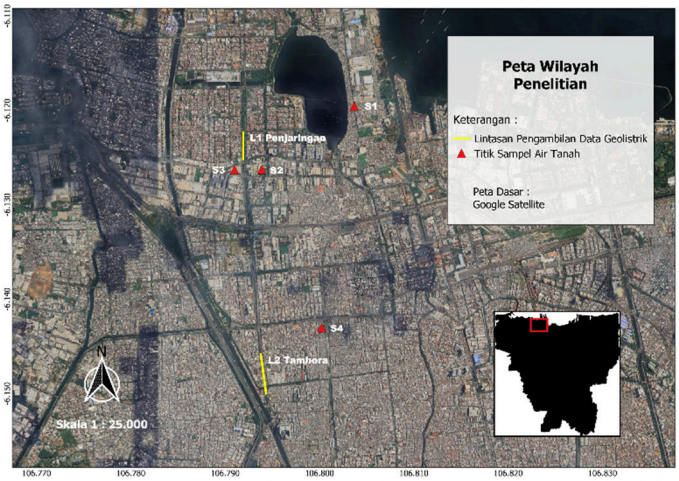
Data resistivitas semu diolah menggunakan RES2DINV. Proses inversi menggunakan pendekatan *smoothness-constrained least-squares* untuk memperoleh distribusi resistivitas sebenarnya pada penampang dua dimensi (Loke, 2021). Inversi dilakukan dengan memasukkan data topografi dan dihentikan ketika perubahan nilai kesalahan antar iterasi tidak lagi signifikan atau telah mencapai batas iterasi yang ditentukan. Kualitas model dinilai berdasarkan nilai kesalahan absolut, kesesuaian pola antara data terukur dan data terhitung.

Model resistivitas diklasifikasikan dengan mengacu pada Tabel 1 yang bersumber dari (Zohdy dkk., 1993). Nilai 0,5–2,0 Ωm dikategorikan sebagai zona sangat konduktif, nilai 2,0–4,5 Ωm sebagai zona konduktif, dan nilai lebih tinggi sebagai material yang relatif lebih resistif. Klasifikasi tersebut tidak digunakan secara tunggal karena resistivitas rendah dapat disebabkan oleh air asin, lempung jenuh, porositas tinggi, atau kombinasi faktor tersebut. Interpretasi akhir dilakukan dengan mempertimbangkan data kualitas air dan geologi lokal.

Copyright © 2026 Hakim et. al.
This work is licensed under the CC-BY-SA license



Gambar 1 Geologi wilayah penelitian (Turkandi dkk., 1992)



Gambar 2 Peta wilayah penelitian

Tabel 1 Klasifikasi resistivitas untuk air dan sedimen (Zohdy dkk., 1993)

Resistivity, Ωm	Sediments	Interpretation
0,5 – 2,0	Very porous sand, or saturated clay	Seawater; very saline water; TDS: about 20.000 mg/l
2,0 – 4,5	Porous sand, or saturated clay	Saline water; TDS: about 10.000 mg/l
4,5 – 10,0	Sandy saturated, or sandy clay	Salty brackish water; TDS: 10.000 – 1.500 mg/l
10,0 – 15,0	Sandy clay, sandy gravel	Brackish water; TDS: 5.000 – 1.500 mg/l
15,0 – 30,0	Sand, gravel, some clay	Poor quality fresh water; TDS: 1.500 – 700 mg/l
30,0 – 70,0	Sand, gravel, minor clay	Intermediate quality fresh water; TDS ~ 100 mg/l
70,0 – 100,0	Sand, gravel, no clay	Good quality fresh water; TDS small
More than 100,0	Coarse sand, gravel, no clay	Very good quality fresh water; TDS very small

Pengukuran air tanah dilakukan pada empat sumur menggunakan parameter daya hantar Listrik (DHL) dan *total dissolved solid* (TDS). Sampel S1, S2, dan S3 berada di wilayah Penjaringan, sedangkan S4 berada di wilayah Tambora. Pemilihan titik sumur dilakukan dengan mempertimbangkan variasi jarak terhadap garis pantai, ketersediaan sumur, dan aksesibilitas lapangan. Keterbatasan ruang bebas di lingkungan yang padat menyebabkan lintasan geolistrik tidak dapat memotong langsung lokasi sumur. Meskipun terdapat jarak antara sumur dan lintasan, titik-titik sampel tersebut dinilai representatif untuk mewakili salinitas lateral dari pesisir ke arah daratan. Sampel diperoleh dari sumur dengan kedalaman muka air tanah yang bervariasi antara 0,2 hingga 10,0 m di bawah muka tanah. Variasi kedalaman muka air ini sangat dipengaruhi oleh fluktuasi topografi lokal dan intensitas pemompaan domestik. Namun, secara hidrogeologis, keempat sumur tersebut dipastikan berada pada tipe reservoir yang sama, yakni sistem akuifer tidak tertekan dangkal pada Formasi Aluvium yang secara regional berada pada kedalaman kurang dari 40 m.

Pengujian parameter fisik-kimia air tanah dilakukan menggunakan *water quality tester portabel* Multifunction EZ-9909SP. Sebelum digunakan,

instrumen dikalibrasi sesuai petunjuk pabrikan menggunakan larutan standar 1413 µS/cm. Pengukuran dilakukan pada suhu lingkungan air tanah dan dikoreksi secara otomatis ke suhu referensi 25°C menggunakan fitur *Automatic Temperature Compensation* (ATC) pada instrumen. Pada penelitian ini, nilai TDS bukan merupakan pengujian independen, melainkan data turunan yang dikonversi secara otomatis oleh instrumen dari nilai konduktivitas (DHL) menggunakan setelan faktor konversi konstan sebesar 0,667. Penggunaan faktor konversi yang konsisten diaplikasikan pada seluruh sampel untuk menjaga validitas spasial.

Integrasi data dilakukan dengan membandingkan posisi, kedalaman, dan kemenerusan zona resistivitas rendah terhadap nilai DHL dan TDS sumur terdekat serta geologinya. Zona resistivitas rendah yang didukung nilai DHL dan TDS tinggi diinterpretasikan sebagai zona yang terindikasi mengalami salinisasi, sedangkan zona resistivitas rendah tanpa peningkatan kedua parameter tersebut dipertimbangkan sebagai respons lapisan lempung atau material konduktif lainnya. Indikasi intrusi air laut ditentukan berdasarkan keterkaitan antara posisi terhadap pantai, kemenerusan zona konduktif, kualitas air tanah, dan kondisi geologi. Karena penelitian ini belum mencakup ion utama, isotop, dan arah aliran air tanah, interpretasi dibatasi pada indikasi air asin yang konsisten dengan kemungkinan pengaruh air laut.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Distribusi Resistivitas Bawah Permukaan

Pada Gambar 3, model inversi lintasan Penjaringan diperoleh setelah 12 iterasi dengan kesalahan absolut sebesar 2,0%. Penampang memetakan kondisi bawah permukaan sepanjang 235 m hingga kedalaman sekitar 45 m. Distribusi resistivitas didominasi oleh nilai sangat rendah sebesar 0,5–2,0 Ωm yang menerus hampir di sepanjang lintasan, baik pada bagian dangkal maupun bagian bawah penampang. Zona resistivitas 2,0–4,5 Ωm hanya ditemukan secara terbatas sebagai lapisan dan kantung tipis di dekat permukaan.

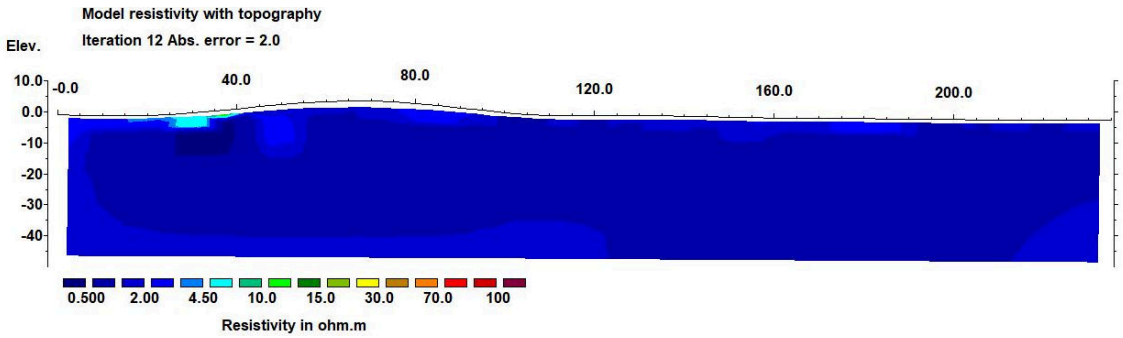
Dominasi resistivitas kurang dari 2,0 Ωm menunjukkan bahwa bawah permukaan Penjaringan tersusun oleh material dengan konduktivitas tinggi. Pola yang relatif homogen secara lateral membedakan lintasan ini dari lintasan Tambora yang lebih heterogen. Zona tersebut dikategorikan sebagai zona sangat konduktif yang dapat dipengaruhi oleh air asin, lempung jenuh, atau kombinasi keduanya.

Pada Gambar 4, model inversi lintasan Tambora diperoleh setelah 11 iterasi dengan kesalahan absolut sebesar 3,8%. Penampang sepanjang 355 m memetakan kondisi bawah permukaan hingga kedalaman sekitar 70 m. Bagian bawah penampang secara umum didominasi oleh resistivitas rendah sebesar 0,5–4,5 Ωm, terutama mulai kedalaman sekitar 10 m hingga batas bawah investigasi.

Berbeda dengan lintasan Penjaringan, zona dangkal lintasan Tambora menunjukkan variasi resistivitas lateral lebih tinggi. Beberapa anomali resistif dengan nilai berkisar 15–100 Ωm ditemukan pada bagian dangkal dan tengah lintasan. Anomali paling menonjol pada jarak sekitar 110–150 m dan berkembang hingga kedalaman kurang lebih 30 m. Anomali resistif lain yang berukuran lebih kecil dijumpai pada bagian awal dan bagian timur lintasan. Variasi tersebut menunjukkan kondisi bawah permukaan yang lebih heterogen dibandingkan Penjaringan. Anomali resistif lokal diduga berkaitan dengan material berbutir lebih kasar, material timbunan, atau zona dengan kandungan lempung dan tingkat kejenuhan yang lebih rendah.

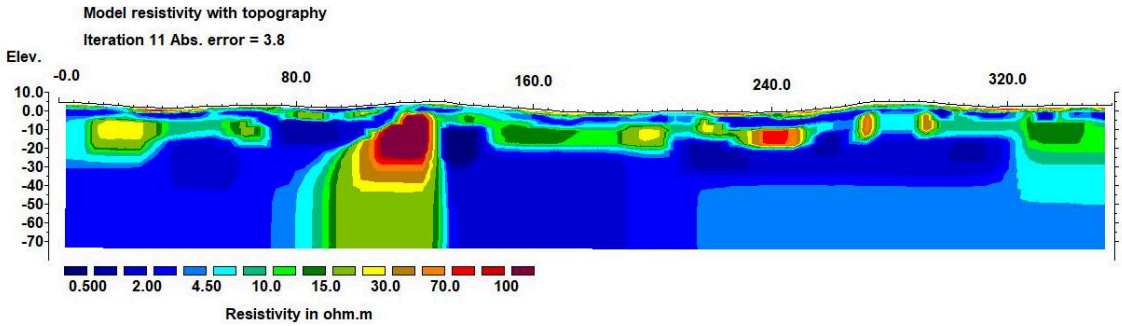
4.2 Karakteristik Hidrokimia dan Kualitas Air Tanah

Pada Tabel 2, pengukuran pada empat sumur menunjukkan nilai DHL sebesar 1,144–3,414 dS/m dan TDS sebesar 763–2.277,14 mg/L. Sampel S1 memiliki nilai terendah, yaitu DHL 1,144 dS/m dan TDS 763 mg/L. Sampel S4 menunjukkan nilai tertinggi dengan



Gambar 3 Penampang resistivitas 2D Lintasan Penjaringan

Copyright © 2026 Hakim et. al.
This work is licensed under the CC-BY-SA license



Gambar 4 Penampang resistivitas 2D Lintasan Tambora

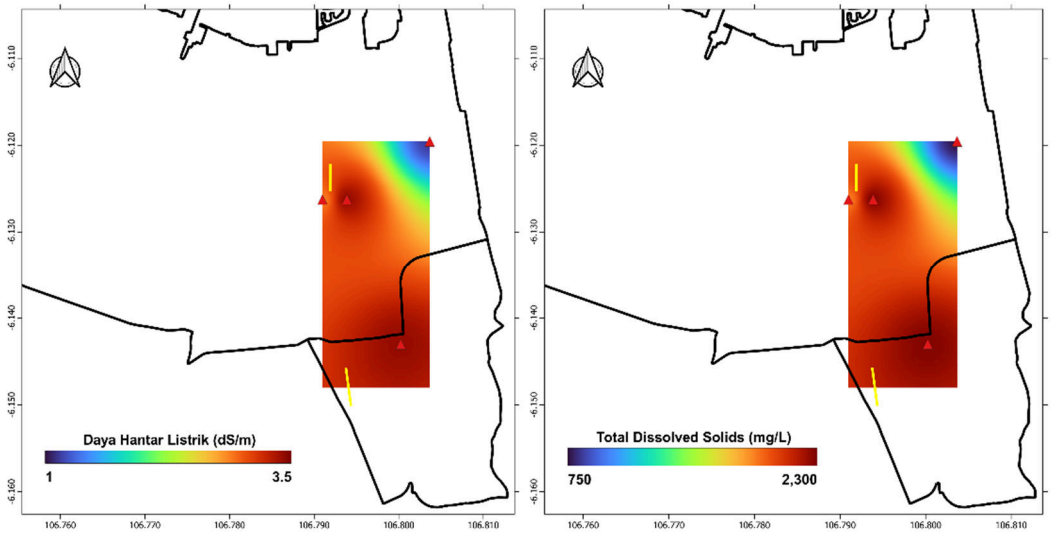
DHL 3,414 dS/m dan TDS 2.277,14 mg/L. Sampel S2 dan S3 masing-masing memiliki TDS sebesar 2.273 dan 1.920 mg/L. Berdasarkan klasifikasi salinitas air tanah, sampel S1 termasuk air tawar berkualitas buruk karena memiliki TDS di bawah 1.000 mg/L. Sampel S2, S3, dan S4 dikategorikan sebagai air payau karena memiliki TDS antara 1.000 dan 3.000 mg/L. Dengan demikian, tiga dari empat sumur menunjukkan peningkatan kandungan zat terlarut, tetapi tidak terdapat sampel yang tergolong air sangat asin, yang persebarannya dapat dilihat pada Gambar 5.

Terdapat ketidakcocokan yang jelas antara rentang resistivitas terukur di lapangan dengan klasi fikasi teoretis Zohdy dkk. (1993). Berdasarkan klasifikasi tersebut, nilai resistivitas 0,5–4,5 Ωm idealnya berasosiasi dengan air sangat asin hingga air laut murni dengan TDS yang berkisar antara 10.000 hingga 20.000 mg/L. Namun, nilai TDS maksimum yang terukur pada penelitian ini hanya mencapai kisa ran 2.277,14 mg/L. Ketidaksesuaian ini menegaskan bahwa anomali zona sangat konduktif pada lintasan Penjaringan dan Tambora tidak semata-mata dikontrol oleh salinitas fluida pori, melainkan didominasi kuat oleh efek konduksi permukaan dari mineral lempung penyusun Formasi Aluvium yang dalam kondisi jenuh air.

Salinitas air tanah yang tergolong payau pada sampel S2, S3, dan S4 tidak dapat secara mutlak disimpulkan murni sebagai akibat dari intrusi air laut. Keberadaan air tanah payau pada akuifer dangkal di Cekungan Jakarta juga dapat bersumber dari jebakan air laut purba (*connate water*) yang tertinggal saat fase sedimentasi laut dangkal di masa lampau. Di samping

Tabel 2 Nilai parameter hidrokimia sampel air

Sampel	Longitude	Latitude	MAT (m.bmt)	DHL (dS/m)	TDS (mg/L)
S1	106,8036731	-6,11956887	0,20	1,144	763,00
S2	106,7938760	-6,12625655	1,88	3,410	2.273,00
S3	106,7909943	-6,12626618	0,89	2,880	1.920,00
S4	106,8002485	-6,14302990	10,0	3,414	2.277,14



Gambar 5 Peta distribusi DHL dan TDS

itu, mengingat lokasi penelitian berada di kawasan urban dan industri yang padat, faktor aktivitas antropogenik, seperti peresapan limbah cair domestik maupun industri perkotaan sangat berpotensi meningkatkan nilai konduktivitas dan TDS air tanah dangkal tanpa harus melibatkan air laut.

Oleh karena itu, meskipun Setiawan dkk. (2017) menggolongkan nilai TDS 1.000–3.000 mg/L di pesisir Jakarta sebagai indikasi air sedikit asin akibat intrusi, penelitian ini mengakui bahwa tanpa dukungan analisis lanjutan seperti rasio ion utama (Na/Cl dan Cl/HCO_3) serta hidroisotop ($\delta^{18}O$ dan $\delta^{2}H$), hipotesis mengenai sumber salinitas dari *connate water* maupun pencemaran antropogenik tetap menjadi faktor pengontrol yang sangat mungkin terjadi dan harus dipertimbangkan.

4.3 Diskusi dan Integrasi Data

Kedua lintasan menunjukkan dominasi resistivitas rendah sebesar 0,5–4,5 Ωm, sedangkan hasil pengukuran air tanah menunjukkan kondisi tawar hingga payau. Sampel S2, S3, dan S4 memiliki TDS lebih dari 1.000 mg/L sehingga menunjukkan salinisasi air tanah pada lokasi pengambilan sampel. Namun, nilai TDS maksimum sebesar 2.277 mg/L masih jauh lebih rendah dibandingkan nilai sekitar 10.000–20.000 mg/L yang dalam klasifikasi (Zohdy dkk., 1993) diasosiasikan dengan resistivitas kurang dari 4,5 Ωm.

Ketidaksesuaian tersebut menunjukkan bahwa nilai resistivitas sangat rendah pada kedua lintasan tidak hanya dikontrol oleh kandungan zat terlarut. Untuk memberikan bukti kuantitatif terhadap pengaruh litologi, dilakukan perhitungan estimasi Faktor Formasi (F). Faktor Formasi merupakan perbandingan antara resistivitas formasi batuan secara keseluruhan (Ro) yang terekam pada penampang ERT dengan resistivitas air pori murni (Rw). Nilai resistivitas air pori (Rw) dapat diestimasi dari nilai DHL terukur (dS/m) menggunakan hubungan $Rw = 10/DHL$.

Berdasarkan perhitungan, estimasi nilai Rw pada keempat sumur berkisar antara 2,93 Ωm hingga 8,74 Ωm. Di sisi lain, nilai resistivitas formasi (Ro) pada zona konduktif dari model ERT didominasi oleh rentang 0,5–4,5 Ωm. Substitusi nilai-nilai ini menghasilkan nilai Faktor Formasi ($F = Ro/Rw$) yang secara umum bernilai kurang dari 1 (rentang F berkisar 0,23 hingga 1,23 pada zona sangat konduktif). Secara teoretis, pada media berpori non-konduktif seperti pasir bersih, nilai Ro harus selalu lebih besar dari Rw (F > 1). Oleh karena itu, perolehan nilai F < 1 memberikan pembuktian kuantitatif bahwa resistivitas bawah permukaan tidak semata-mata dikontrol oleh konduksi elektrolitik akibat salinitas, melainkan sangat dipengaruhi oleh adanya konduksi permukaan dari dominasi mineral lempung penyusun Formasi Aluvium.

Meskipun demikian, zona konduktif berkembang luas pada kedua lintasan, tetapi memiliki geometri yang berbeda. Penjaringan memperlihatkan resistivitas 0,5–2,0 Ωm yang relatif homogen dan menerus hampir sepanjang lintasan hingga kedalaman sekitar 45 m. Tambora menunjukkan distribusi yang lebih heterogen, dengan zona 0,5–4,5 Ωm yang dominan pada kedalaman lebih dari sekitar 10 m dan diselingi anomali resistif lokal. Variasi di Tambora dapat berhubungan dengan heterogenitas Formasi Aluvium, perbedaan ukuran butir, material urugan perkotaan, dan variasi tingkat kejenuhan.

Perbedaan distribusi lateral tersebut didukung oleh kondisi geologinya. Posisi spasial kedua lintasan geolistrik berada pada Formasi Aluvium yang tersusun atas lempung, lanau, pasir, dan kerikil. Lapisan pasir berpotensi menjadi jalur pergerakan air laut, tetapi konektivitasnya belum dapat dipastikan tanpa data bor dan hidrostratigrafi. Tanpa data bor, proporsi campuran lempung-lanau jenuh dan lapisan pasir pembawa air bermineralisasi ini belum dapat ditentukan secara pasti.

Beberapa bukti mendukung kemungkinan pengaruh air laut, yaitu kedudukan Penjaringan yang dekat dengan pesisir, keberadaan zona resistivitas sangat rendah yang luas, serta TDS lebih dari 1.000 mg/L pada tiga sampel. Meskipun demikian, bukti tersebut belum cukup untuk memastikan bahwa seluruh salinitas berasal dari intrusi air laut. Sampel S1 yang berada di bagian utara memiliki TDS 763 mg/L dan tergolong tawar. Temuan ini menunjukkan bahwa jarak dari pantai bukan satu-satunya faktor pengontrol kualitas air tanah.

Dominasi resistivitas kurang dari 4,5 Ωm pada penelitian ini sejalan dengan temuan Rosid dkk. (2019) di Tanjung Priok dan Koja serta Farhan dan Rosid (2020) di Marunda, yang mengaitkan zona resistivitas rendah dengan akuifer dangkal bermineralisasi tinggi. Namun, penelitian terdahulu menggunakan data self-potential untuk memperkirakan arah aliran, sedangkan penelitian ini belum memiliki data untuk menentukan arah pergerakan fluida. Temuan zona konduktif juga mendukung hasil penelitian microgravity di Penjaringan dan Tambora, sekaligus memberikan gambaran tambahan mengenai distribusi lateral dan vertikal material konduktif. Berbeda dengan Setiawan dkk. (2017), penelitian ini belum menggunakan rasio Na/Cl, Cl/HCO_3, dan isotop. Oleh karena itu, data TDS dalam penelitian ini menunjukkan salinisasi, tetapi belum dapat memastikan asal air asin tersebut.

Distribusi kualitas air kemungkinan juga dipengaruhi oleh kedalaman sumur, perbedaan lapisan akuifer, konektivitas pasir, pemompaan air

Copyright © 2026 Hakim et. al.
This work is licensed under the CC-BY-SA license

tanah, dan keberadaan lempung. Meskipun demikian, jumlah sampel yang terbatas serta belum tersedianya data ion utama, isotop, muka air tanah, arah aliran, dan log bor menyebabkan sumber salinitas belum dapat ditentukan secara pasti. Oleh karena itu, hasil penelitian ini lebih tepat menunjukkan indikasi salinisasi air tanah yang konsisten dengan kemungkinan pengaruh intrusi air laut.

5 Kesimpulan

Integrasi data resistivitas 2D, DHL, TDS, dan geologi menunjukkan keberadaan zona konduktif serta indikasi salinisasi air tanah di Penjaringan dan Tambora. Lintasan Penjaringan didominasi resistivitas sangat rendah sebesar 0,5–2,0 Ωm yang menerus hingga kedalaman sekitar 45 m. Lintasan Tambora menunjukkan resistivitas 0,5–4,5 Ωm hingga kedalaman sekitar 70 m dengan beberapa anomali resistif lokal sebesar 15–100 Ωm. Hasil pengukuran empat sumur menunjukkan TDS sebesar 763–2.277,14 mg/L. Tiga sampel tergolong air payau, sedangkan satu sampel tergolong air tawar.

Keberadaan air payau pada wilayah yang didominasi resistivitas rendah menunjukkan bahwa salinitas air pori turut memengaruhi respons kelistrikan bawah permukaan. Namun, resistivitas sangat rendah di sekitar sampel yang memiliki TDS 763 mg/L menunjukkan bahwa sifat konduktif tidak hanya dikontrol oleh salinitas, tetapi juga oleh kandungan lempung, lanau, dan tingkat kejenuhan. Implikasi dari temuan ini adalah identifikasi zona intrusi air laut, khususnya di lingkungan dataran aluvial seperti Cekungan Jakarta, tidak boleh dilakukan hanya dengan menggunakan metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) secara tunggal. Penggunaan ERT tanpa validasi hidrokimia berisiko tinggi menghasilkan *false positive*, di mana lapisan lempung jenuh air tawar dapat disalahartikan sebagai zona intrusi air asin. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan salinisasi yang konsisten dengan kemungkinan pengaruh intrusi air laut, tetapi belum dapat memastikan sumber, arah aliran, dan batas regional intrusi secara pasti.

Keunggulan penelitian ini terletak pada integrasi pemodelan resistivitas 2D dengan pengukuran kualitas air tanah dan kondisi geologi, sehingga ambiguitas antara fluida air asin dan lapisan lempung dapat dievaluasi secara lebih kritis. Keterbatasan penelitian mencakup jumlah sampel dan lintasan yang terbatas, belum tersedianya data kedalaman saringan dan log litologi sumur, serta pengambilan sampel yang hanya dilakukan pada satu musim sehingga tidak merekam dinamika fluktuasi hidrogeologi musiman. Selain itu, tidak adanya analisis ion utama, isotop, dan jaringan data hidrostatik yang memadai membatasi penentuan arah aliran. Penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk menambah lintasan dan titik sampel pada kemenurusan pesisir ke daratan, melakukan pengukuran pada musim berbeda, menganalisis ion Na^+, Cl^-, dan HCO_3^- serta isotop $\delta^{18}O$ dan δ^2H, dan mengintegrasikan data hidrostratigrafi, muka air tanah, serta metode self-potential untuk memperjelas sumber dan distribusi salinitas.

Referensi

Agus, R. N., Ferrina, Q., Yusuf, M., 2015, Analisis Potensi Intrusi Air Asin Menggunakan Metode Anomali Gravity Mikro Antar Waktu (Studi Kasus: DKI Jakarta), Proseding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya, Jatinangor, pp. FB-02.

Ashillah, A. H., Zakianis, Z., Kusnoputranto, H., Fitratunnisa, E. P., Fauzia, S., Lestari, F., Shaw, R., Adiwibowo, A., 2025, Linking Urban Sustainability and Water Quality: Spatial Analysis of Topographic, Sociodemographic, and Flood-Related Factors Affecting Well Water in Jakarta (2017–2019), Sustainability. 17(8), pp. 3373. https://doi.org/10.3390/su17083373

Asseggaf, A., Hendarmawan, Hutasoit, L. M., Hutabarat, J., 2017, Salinitas Airtanah Akifer Tertekan Kedalaman 0–20 m Daerah Kalideres–Cengkareng, Jakarta Barat, Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan. 27(1), pp. 15–25. http://doi.org/10.14203/risetgeotam2017.v27.458

Farhan, M., Rosid, M.S., 2020, Identification of subsurface fluid flow using the 2D geoelectric method in Marunda, North Jakarta, Journal of Physics: Conference Series. 1524, pp. 01210, http://doi.org/10.1088/1742-6596/1524/1/012010

Handika, R., Widodo, J., Pravitasari, A. E., 2024, Combined Land Subsidence Analysis in Jakarta Based on Ps-InSAR and MICMAC Methods, Jurnal Teknologi Lingkungan. 25(1), pp. 137-145. http://doi.org/10.55981/jtl.2024.1125

Indriatmoko, R., 2016, Analisis Terhadap Perubahan Salinitas Air Tanah Dangkal pada Sistem Akuifer Tak Tertekan Cekungan Jakarta. Jurnal Air Indonesia. 9(1), pp. 37-46. https://doi.org/10.29122/jai.v9i1.2474

Karunia, T. U., Ikhwali, M. F., 2021, Effects of population and land-use change on water balance in DKI Jakarta, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 622, pp. 012045. http://doi.org/10.1088/1755-1315/622/1/012045

Kooy, M., Walter, C. T., dan Prabaharyaka, I., 2018, Inclusive development of urban water services in Jakarta: The role of groundwater, Habitat International. 73, pp. 109-118. http://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.10.006

Loke, M. H., 2021, Tutorial : 2-D and 3-D electrical imaging surveys Geotomo Software, Penang. URL https://www.geotomosoft.com/downloads.php (22 Juli 2026)

Rosid, M. S., Kusuma, F. B., Ayu, G. P., 2019, Identification of Saline Water and Fluid Flow in Tanjung Priok and Koja North Jakarta Using Geoelectric Method, Journal of Physics: Conference Series. 1351, pp. 012048. http://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012048

Setiawan, T., Yermia, E., Purnomo, B. J., dan Tirtomihardjo, H., 2017, Intrusi Air Laut Pada Sistem Akuifer Tertekan Cekungan Air Tanah Jakarta Berdasarkan Analisis Hidrokimia Dan Hidroisotop. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan. 27(1), pp. 1–14. http://doi.org/10.14203/risetgeotam2017.v27.430

Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E., 1990, Applied Geophysics, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge. http://doi.org/10.1017/CBO9781139167932

Turkandi, T., Sidarto, Agustiyanto, D. A., dan Purbo-Hadiwidjoyo, M. M., 1992, Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu, Jawa, Skala 1:100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Wijaya, A. R., Kuntoro, A. A., dan Gondodinoto, E. A. S., 2019, Pemodelan Intrusi Air Asin pada Akuifer Pantai (Studi Kasus: DKI Jakarta), Jurnal Teknik Hidraulik. 10(1), pp. 15-28. http://doi.org/10.32679/jth.v10i1.583

Zohdy, A. A. R., Martin, P. M., dan Bisdorf, R. J., 1993, A Study of Seawater Intrusion Using Direct-Current Soundings in the Southeastern Part of the Oxnard Plain, California, U.S. Geological Survey Open-File Report 93-524. U.S. Geological Survey, Denver. http://doi.org/10.3133/ofr93524

Copyright © 2026 Hakim et. al.
This work is licensed under the CC-BY-SA license