

IDENTIFIKASI POTENSI INTRUSI AIR LAUT DAN STATUS KUALITAS AIR TANAH DANGKAL DI PULAU MANSINAM, KELURAHAN PASIR PUTIH, DISTRIK MANOKWARI TIMUR

Identification of Seawater Intrusion Potential and Shallow Groundwater Quality Status on Mansinam Island, Pasir Putih Urban Village, East Manokwari District

Susanto Tumangger¹, Richard Lewerissa^{2*}, Adelhard Beni Rehiara³

¹Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju, Kelurahan Amban, Distrik Manokwari Barat, Kabupaten Manokwari, Papua Barat, Indonesia, 98314

Riwayat Artikel

Submitted :03/05/2026

Published :25/08/2026

* Email Korespondensi:

r.lewerissa@unipa.ac.id



Abstrak : Pulau Mansinam merupakan wilayah pulau kecil dan pesisir yang memiliki kerentanan terhadap perubahan kualitas air tanah akibat interaksi air tanah dengan air laut. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi intrusi air laut berdasarkan distribusi resistivitas bawah permukaan, menentukan kedalaman lapisan yang berpotensi terpengaruh, mengevaluasi kualitas air tanah dangkal, serta menganalisis keterkaitan hasil geolistrik dengan parameter kualitas air. Penelitian dilaksanakan di Pulau Mansinam, Kelurahan Pasir Putih, Distrik Manokwari Timur, Kabupaten Manokwari, pada bulan Februari hingga Juli 2026. Data geolistrik diperoleh menggunakan metode resistivitas konfigurasi Wenner pada enam lintasan, kemudian diolah menggunakan perangkat ZondRes2D melalui inversi dua dimensi. Kualitas air tanah dianalisis berdasarkan parameter suhu, pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), Daya Hantar Listrik (DHL/EC), salinitas, natrium (Na^+), dan klorida (Cl^-), serta parameter berdasarkan pengamatan seperti rasa, warna dan bau. Hasil menunjukkan bahwa zona resistivitas rendah terutama dijumpai pada Lintasan 4, Lintasan 6, dan Lintasan 5. Lapisan yang berpotensi dipengaruhi intrusi berada pada kedalaman sekitar 2-10 meter. Nilai TDS berkisar 238-1.018 mg/L, DHL 470-2.010 $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinitas 0,2-0,6%, Na^+ 199,41-220,23 mg/L, dan Cl^- 21,99-431,87 mg/L. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa Lintasan 4 memiliki indikasi potensi intrusi air laut paling kuat, ditandai oleh zona resistivitas rendah. Hal ini didukung oleh hasil pengujian Sumur 2 yang berdekatan dengan lintasan tersebut, yang menunjukkan nilai TDS, DHL, salinitas, Na^+ , dan Cl^- tertinggi dibandingkan lokasi lainnya. Integrasi data geolistrik dan kualitas air mengindikasikan bahwa potensi intrusi air laut di Pulau Mansinam bersifat lokal dengan tingkat pengaruh yang bervariasi antar lokasi.

Kata kunci: intrusi air laut, geolistrik resistivitas, konfigurasi Wenner, kualitas air tanah, Pulau Mansinam

Abstract: Mansinam Island is a small coastal island that is vulnerable to changes in groundwater quality due to interactions between groundwater and seawater. This study aimed to identify the potential for seawater intrusion based on the subsurface resistivity distribution, determine the depth of layers potentially affected by seawater intrusion, evaluate shallow groundwater quality, and analyze the relationship between geoelectrical results and groundwater quality parameters. The study was conducted on Mansinam Island, Pasir Putih Urban Village, East Manokwari District, Manokwari Regency, from February to July 2026. Geoelectrical data were acquired using the Wenner resistivity configuration along six survey lines and processed using ZondRes2D software through two-dimensional inversion. Groundwater quality was assessed based on temperature, pH, Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), salinity, sodium (Na^+), and chloride (Cl^-), as well as sensory parameters including taste, color, and odor. The results showed that low-resistivity zones were predominantly identified along Lines 4, 6, and 5, with potentially seawater-affected layers occurring at depths of approximately 2–10 m. TDS values ranged from 238 to 1,018 mg/L, EC from 470 to 2,010 $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinity from 0.2 to 0.6%, Na^+ concentrations from 199.41 to 220.23 mg/L, and Cl^- concentrations from 21.99 to 431.87 mg/L. Line 4 exhibited the strongest indication of potential seawater intrusion, characterized by a low-resistivity zone and supported by groundwater quality results from Well 2, located adjacent to the survey line, which showed the highest TDS, EC, salinity, Na^+ , and Cl^- values among the investigated locations. The integration of geoelectrical and groundwater quality data indicates that the potential for seawater intrusion on Mansinam Island is localized, with varying degrees of influence among different locations.

Keywords: seawater intrusion, electrical resistivity, Wenner configuration, groundwater quality, Mansinam Island

1. PENDAHULUAN

Pulau Mansinam merupakan salah satu kawasan bersejarah dan destinasi wisata religi di Kabupaten Manokwari, Papua Barat. Pulau ini dikenal sebagai lokasi pendaratan Carl Wilhelm Ottow dan Johann Gottlob Geissler pada 5 Februari 1855 yang menjadi bagian penting dalam sejarah

masuknya Injil di Tanah Papua. Selain memiliki nilai sejarah dan religi, Pulau Mansinam juga memiliki potensi wisata alam berupa pemandangan pesisir, kawasan pantai, serta berbagai aktivitas wisata bahari [1]. Kondisi tersebut menjadikan Pulau Mansinam tidak hanya memiliki nilai historis dan budaya, tetapi juga mempunyai fungsi penting bagi

aktivitas masyarakat dan pariwisata di wilayah pesisir Manokwari.

Sebagai pulau kecil yang dikelilingi oleh laut, kondisi sumber daya air tanah di Pulau Mansinam memiliki karakteristik yang berbeda dengan wilayah daratan yang lebih luas. Akuifer pesisir memiliki hubungan hidrolik dengan air laut sehingga keseimbangan antara air tawar dan air laut dapat terganggu akibat perubahan kondisi hidrologi maupun pemanfaatan air tanah. Bear dkk. (1999) [2] menjelaskan bahwa akuifer pesisir memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap gangguan karena keberadaan air tawar berhubungan langsung dengan sistem air laut. Kondisi tersebut dapat semakin dipengaruhi oleh karakteristik litologi, permeabilitas akuifer, kondisi hidrogeologi, serta aktivitas pemanfaatan air tanah. Fetter (2001) [3] menjelaskan bahwa penurunan muka air tanah akibat pengambilan air tanah secara berlebihan dapat menyebabkan perubahan keseimbangan hidrolik dan meningkatkan kemungkinan bergerakanya air laut ke arah akuifer air tawar.

Intrusi air laut merupakan proses masuknya air laut ke dalam sistem akuifer air tawar akibat perubahan keseimbangan hidrolik pada wilayah pesisir. Proses tersebut dapat menyebabkan peningkatan kandungan garam terlarut dan ion-ion utama dalam air tanah, terutama klorida (Cl^-) dan natrium (Na^+), sehingga kualitas air tanah dapat mengalami perubahan dari kondisi tawar menjadi payau atau asin. Bear dkk. (1999) [2] menyatakan bahwa intrusi air laut merupakan salah satu permasalahan utama dalam pemanfaatan akuifer pesisir karena dapat menyebabkan sumber air tanah kehilangan kualitasnya sebagai sumber air tawar. Oleh karena itu, keberadaan potensi intrusi air laut pada Pulau Mansinam perlu mendapat perhatian karena perubahan kualitas air tanah dapat memengaruhi pemanfaatan sumber air oleh masyarakat.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan dan potensi intrusi air laut adalah metode geolistrik resistivitas. Metode geolistrik merupakan metode geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan material bawah permukaan untuk memperkirakan kondisi dan karakteristik formasi batuan berdasarkan kemampuan material dalam menghantarkan atau menghambat arus listrik. Telford dkk. (1990) [4] menjelaskan bahwa metode resistivitas dapat digunakan untuk mengetahui variasi sifat kelistrikan material bawah permukaan melalui pengukuran respons listrik yang dihasilkan oleh arus yang diinjeksikan ke dalam tanah.

Perbedaan kandungan fluida dan material penyusun bawah permukaan dapat menghasilkan variasi nilai resistivitas. Air yang memiliki kandungan ion terlarut dan salinitas tinggi cenderung mempunyai konduktivitas listrik yang lebih besar sehingga menghasilkan nilai resistivitas yang relatif rendah. Reynolds (2011) [5] menjelaskan bahwa variasi resistivitas bawah

permukaan dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan kondisi geologi dan keberadaan fluida dalam pori batuan. Oleh karena itu, metode resistivitas dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi zona yang berpotensi dipengaruhi air laut berdasarkan distribusi nilai resistivitas secara lateral dan vertikal.

Penggunaan pencitraan resistivitas dua dimensi memungkinkan distribusi resistivitas bawah permukaan divisualisasikan berdasarkan posisi dan kedalaman. Loke (2004) [6] menjelaskan bahwa metode pencitraan resistivitas dapat digunakan untuk memperoleh gambaran variasi resistivitas bawah permukaan secara dua dimensi maupun tiga dimensi. Dalam kajian intrusi air laut, zona dengan resistivitas rendah dapat menjadi indikasi adanya material jenuh air atau fluida dengan konduktivitas tinggi. Namun, resistivitas rendah tidak dapat secara langsung dianggap sebagai bukti intrusi air laut karena nilai tersebut juga dapat disebabkan oleh material berbutir halus, seperti lempung, atau sedimen jenuh air. Dengan demikian, interpretasi hasil geolistrik perlu dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi geologi, hidrogeologi, serta data kualitas air tanah.

Kajian mengenai kualitas air tanah menjadi penting untuk memperkuat interpretasi geolistrik. Parameter seperti *Total Dissolved Solids* (TDS), Daya Hantar Listrik (DHL/EC), salinitas, natrium (Na^+), dan klorida (Cl^-) dapat memberikan informasi mengenai kandungan zat terlarut dan tingkat mineralisasi air tanah. Penggabungan antara data resistivitas dan kualitas air dapat memberikan interpretasi yang lebih kuat dalam membedakan zona yang hanya memiliki resistivitas rendah akibat kondisi litologi dengan zona yang benar-benar menunjukkan pengaruh air laut.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi intrusi air laut dan mengevaluasi status kualitas air tanah dangkal di Pulau Mansinam. Penelitian memadukan survei geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner pada enam lintasan dengan pengujian kualitas air tanah pada lima sumur.

Data resistivitas diolah menggunakan inversi dua dimensi untuk memperoleh distribusi resistivitas bawah permukaan. Selanjutnya, hasil interpretasi geolistrik dikorelasikan dengan parameter kualitas air tanah untuk memperoleh gambaran mengenai keterkaitan kondisi bawah permukaan dengan karakteristik air tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis distribusi resistivitas bawah permukaan dan mengidentifikasi zona yang berpotensi dipengaruhi air laut; (2) menentukan karakteristik dan kedalaman lapisan konduktif yang berpotensi berkaitan dengan air tanah dan pengaruh salinitas; (3) mengevaluasi kualitas air tanah dangkal berdasarkan parameter fisik dan kimia; serta (4) mengintegrasikan hasil survei geolistrik dan pengujian kualitas air tanah untuk memperoleh

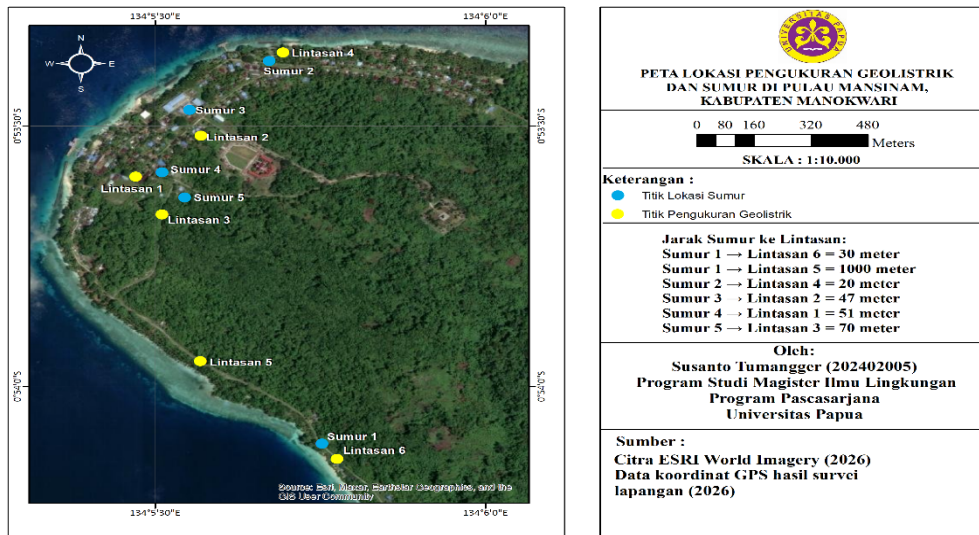
gambaran potensi intrusi air laut di Pulau Mansinam.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Desain Penelitian

Penelitian dilakukan di Pulau Mansinam, Kelurahan Pasir Putih, Distrik Manokwari Timur, Kabupaten Manokwari, Papua Barat. Enam lintasan geolistrik dipilih untuk mewakili kondisi hidrogeologi yang berbeda dan lima sumur yang dipilih sebagai

data pendukung untuk menggambarkan kondisi kualitas air tanah melalui pengukuran serta pengamatan langsung disekitar pengukuran geolistrik yang telah dilakukan. Masing-masing lintasan menggunakan panjang sekitar 100 meter dan spasi elektroda 5 meter. Pemilihan lokasi mempertimbangkan kedekatan dengan garis pantai, penggunaan air tanah oleh masyarakat, kondisi topografi, dan variasi litologi.



Gambar 1. Peta lokasi lintasan pengukuran geolistrik dan titik pengambilan sampel air tanah di Pulau Mansinam

2.2 Akuisisi dan Pengolahan Data Geolistrik

Pengukuran bawah permukaan dilakukan menggunakan metode resistivitas dengan konfigurasi Wenner. Konfigurasi ini terdiri atas empat elektroda yang disusun secara berurutan dengan jarak antar-elektroda yang sama. Variasi jarak elektroda digunakan untuk memperoleh informasi mengenai perubahan sifat kelistrikan bawah permukaan terhadap posisi dan kedalaman. Telford dkk. (1990) [4] menjelaskan bahwa metode resistivitas dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial melalui elektroda potensial untuk menentukan karakteristik kelistrikan material bawah permukaan. Nilai resistivitas semu diperoleh berdasarkan hubungan antara kuat arus listrik, beda potensial, dan faktor geometrik susunan elektroda. Data hasil pengukuran lapangan selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak ZondRes2D melalui proses inversi dua dimensi untuk memperoleh model distribusi resistivitas bawah permukaan. Loke (2004) [6] menjelaskan bahwa proses inversi pada pencitraan resistivitas digunakan untuk menghasilkan model resistivitas bawah permukaan berdasarkan data pengukuran di permukaan sehingga variasi resistivitas secara lateral dan vertikal dapat diinterpretasikan.

Interpretasi hasil inversi dilakukan dengan mempertimbangkan nilai resistivitas, pola distribusi lateral dan vertikal, kedalaman zona konduktif, kondisi geologi, serta posisi masing-masing lintasan

terhadap garis pantai. Zona dengan resistivitas rendah digunakan sebagai indikasi awal keberadaan material atau fluida yang bersifat konduktif. Namun, zona resistivitas rendah tidak secara langsung ditetapkan sebagai zona intrusi air laut karena material lempung, sedimen berbutir halus, dan lapisan jenuh air juga dapat menghasilkan nilai resistivitas rendah. Reynolds (2011) [5] menjelaskan bahwa nilai resistivitas bawah permukaan dipengaruhi oleh karakteristik material, porositas, kandungan fluida, serta sifat elektrolit fluida yang mengisi pori batuan. Oleh karena itu, interpretasi zona yang diduga mengalami intrusi dilakukan dengan mengintegrasikan hasil geolistrik dengan data kualitas air tanah.

Metode resistivitas digunakan dalam penelitian ini karena perubahan kandungan dan sifat fluida pori dapat menghasilkan variasi nilai resistivitas. Air dengan kandungan ion terlarut dan salinitas yang lebih tinggi umumnya memiliki konduktivitas listrik yang lebih besar sehingga menghasilkan nilai resistivitas yang lebih rendah dibandingkan air tawar. Bear dkk. (1999) [2] menjelaskan bahwa keberadaan air laut dalam akuifer dapat memengaruhi sifat fisik dan kimia air tanah serta kondisi zona transisi antara air tawar dan air laut. Dengan demikian, distribusi resistivitas digunakan sebagai data geofisika pendukung untuk mengidentifikasi zona yang berpotensi dipengaruhi air laut.

2.3 Pengambilan dan Analisis Kualitas Air

Sampel air tanah diperoleh dari lima sumur masyarakat yang berada di sekitar lokasi survei geolistrik. Pemilihan sumur dilakukan dengan mempertimbangkan keterkaitannya dengan lintasan pengukuran geolistrik dan kondisi pemanfaatan air tanah oleh masyarakat. Pengambilan sampel dan pengukuran kualitas air dilakukan untuk memperoleh data pendukung dalam menginterpretasikan kondisi hidrogeologi dan potensi pengaruh air laut terhadap air tanah dangkal.

Parameter kualitas air tanah yang dianalisis meliputi parameter fisik dan kimia, yaitu suhu, pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), Daya Hantar Listrik (DHL), salinitas, natrium (Na^+), dan klorida (Cl^-). Parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi mineralisasi dan kandungan zat terlarut dalam air tanah. TDS dan DHL/EC digunakan sebagai indikator umum kandungan zat terlarut dan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik, sedangkan salinitas, Na^+ , dan Cl^- digunakan sebagai parameter pendukung untuk mengevaluasi kemungkinan pengaruh air laut. Selain itu, dilakukan pengamatan langsung terhadap parameter fisik air, meliputi warna, rasa, dan bau, pada setiap sumur di lokasi penelitian.

Hasil pengukuran kualitas air tanah selanjutnya dibandingkan dengan ketentuan kualitas air yang relevan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 [7]. Perbandingan dilakukan dengan memperhatikan jenis penggunaan air dan parameter yang memiliki nilai persyaratan dalam regulasi tersebut. Hasil pengukuran tidak hanya digunakan untuk menentukan kesesuaian kualitas air, tetapi juga dikorelasikan dengan hasil interpretasi resistivitas untuk mengetahui hubungan antara kondisi kimia air tanah dan karakteristik kelistrikan bawah permukaan.

Parameter DHL/EC dan salinitas digunakan sebagai indikator pendukung dalam mengevaluasi tingkat mineralisasi air tanah. Peningkatan nilai DHL/EC menunjukkan bertambahnya kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik yang berkaitan dengan keberadaan ion-ion terlarut, sedangkan salinitas menggambarkan konsentrasi garam terlarut dalam air Reynolds (2011) [5]. Namun, kedua parameter tersebut tidak dapat digunakan secara tunggal untuk menyatakan terjadinya intrusi air laut karena peningkatan konduktivitas dan mineralisasi air tanah juga dapat dipengaruhi oleh kondisi litologi, pelarutan mineral, material berbutir halus, maupun sumber ion terlarut lainnya Bear dkk. (1999) [2]. Oleh karena itu, interpretasi potensi intrusi air laut dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan keterkaitan antara distribusi nilai resistivitas, parameter kualitas air, kondisi hidrogeologi, dan kedekatan lokasi pengamatan dengan garis pantai Bear dkk. (1999) [2]; Reynolds (2011) [5].

2.4 Evaluasi Model Inversi dan Interpretasi

Kualitas model inversi dinilai berdasarkan kesesuaian antara pola data resistivitas semu hasil pengamatan dan hasil perhitungan serta nilai *Root Mean Square Error* (RMS Error) yang dihasilkan pada setiap lintasan. Loke (2004) [6] menjelaskan bahwa proses inversi pada pencitraan resistivitas bertujuan memperoleh model resistivitas bawah permukaan yang mampu merepresentasikan data hasil pengukuran dengan tingkat kesalahan yang dapat diterima. Dalam penelitian ini, model inversi dengan nilai *RMS Error* tidak melebihi batas 10-15% dan memiliki pola data hasil pengamatan serta perhitungan yang relatif konsisten digunakan sebagai dasar interpretasi distribusi resistivitas bawah permukaan.

Selain mempertimbangkan nilai *RMS Error*, interpretasi model inversi juga dilakukan dengan memperhatikan kontinuitas zona resistivitas, kedalaman, bentuk dan pola anomali, kondisi geologi, serta posisi lintasan terhadap garis pantai. Reynolds (2011) [5] menjelaskan bahwa interpretasi data geofisika perlu mempertimbangkan hubungan antara respons geofisika dengan kondisi geologi dan sifat material bawah permukaan.

Oleh karena itu, zona resistivitas rendah tidak langsung diinterpretasikan sebagai intrusi air laut, tetapi terlebih dahulu dibandingkan dengan kondisi litologi dan karakteristik hidrogeologi di lokasi penelitian. Pendekatan tersebut digunakan untuk mengurangi risiko kesalahan interpretasi akibat anomali konduktif yang dapat disebabkan oleh material lempung, sedimen halus jenuh air, atau kondisi bawah permukaan lainnya.

2.5 Integrasi dan Klasifikasi Potensi Intrusi

Klasifikasi potensi intrusi air laut dilakukan secara kualitatif berdasarkan integrasi tiga kelompok bukti, yaitu bukti geolistrik, bukti hidrogeokimia, dan konteks hidrogeologi. Bukti geolistrik ditunjukkan oleh keberadaan zona resistivitas rendah serta kontinuitasnya secara lateral dan vertikal. Loke (2004) [6] menjelaskan bahwa distribusi resistivitas hasil inversi dapat digunakan untuk mengidentifikasi variasi sifat kelistrikan bawah permukaan, tetapi interpretasinya perlu dikaitkan dengan kondisi geologi dan karakteristik material.

Bukti hidrogeokimia ditinjau berdasarkan perubahan nilai TDS, DHL/EC, salinitas, natrium (Na^+), dan klorida (Cl^-). Parameter tersebut digunakan sebagai indikator pendukung untuk mengetahui perubahan kandungan zat terlarut dan tingkat mineralisasi air tanah. Bear dkk. (1999) [2] menjelaskan bahwa masuknya air laut ke dalam akuifer dapat menyebabkan perubahan karakteristik air tanah akibat meningkatnya kandungan garam terlarut. Namun, peningkatan nilai parameter kualitas air tidak secara otomatis menunjukkan intrusi air laut karena mineralisasi air tanah juga dapat dipengaruhi oleh proses hidrogeokimia dan kondisi material penyusun akuifer.

Konteks hidrogeologi dalam klasifikasi meliputi kedekatan lokasi dengan garis pantai, elevasi, kondisi topografi, serta karakteristik sedimen dan litologi. Faktor-faktor tersebut dipertimbangkan karena hubungan hidraulik antara air tawar dan air laut serta karakteristik akuifer dapat memengaruhi kerentanan suatu lokasi terhadap intrusi air laut Bear dkk. (1999) [2]. Berdasarkan integrasi ketiga kelompok bukti tersebut, lokasi dikategorikan memiliki potensi rendah apabila zona konduktif terbatas dan parameter kualitas air relatif rendah; potensi sedang apabila terdapat zona resistivitas rendah yang didukung oleh sebagian parameter kualitas air; dan potensi tinggi apabila zona sangat konduktif berasosiasi dengan peningkatan yang kuat pada parameter kualitas air serta menunjukkan karakteristik air payau.

Klasifikasi tersebut bersifat interpretatif dan digunakan untuk membandingkan tingkat potensi pengaruh air laut antar lokasi penelitian. Klasifikasi tidak dimaksudkan sebagai ukuran kuantitatif terhadap laju atau besarnya perkembangan intrusi air laut, melainkan sebagai pendekatan integratif untuk menentukan tingkat indikasi berdasarkan kesesuaian antara data geolistrik, kualitas air tanah, dan kondisi hidrogeologi setempat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Distribusi Resistivitas dan Akuifer

Hasil inversi menunjukkan bahwa kondisi bawah permukaan Pulau Mansinam bersifat heterogen. Variasi nilai resistivitas yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan karakteristik material penyusun bawah permukaan, baik secara lateral maupun vertikal. Lapisan dengan resistivitas relatif tinggi umumnya berkaitan dengan material yang lebih kompak, pasir yang relatif kering, fragmen karang, atau material dengan tingkat kejenuhan yang lebih rendah. Sebaliknya, zona dengan resistivitas lebih rendah dapat berasosiasi dengan sedimen yang lebih jenuh air, material berbutir halus, atau material yang memiliki kandungan fluida dengan konduktivitas listrik lebih tinggi Reynolds (2011) [5].

Variasi resistivitas bawah permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis material penyusun, porositas, tingkat kejenuhan, serta sifat fluida yang mengisi ruang pori. Telford dkk. (1990) [4] menjelaskan bahwa nilai resistivitas batuan dan sedimen dipengaruhi oleh karakteristik material serta kandungan fluida di dalam pori.

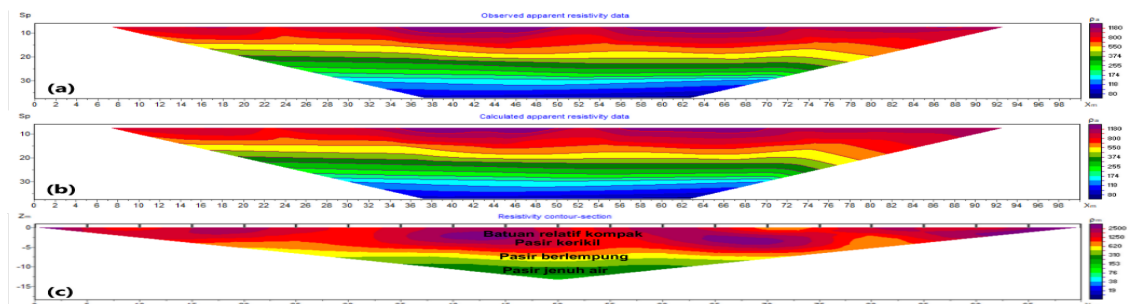
Dengan demikian, zona resistivitas rendah pada hasil inversi tidak dapat secara langsung diinterpretasikan sebagai indikasi intrusi air laut karena kondisi tersebut juga dapat disebabkan oleh sedimen halus atau lapisan yang memiliki tingkat kejenuhan air tinggi Reynolds (2011) [5].

Pada kawasan pesisir umumnya, zona yang terdapat jenuh air dapat menunjukkan nilai resistivitas yang semakin rendah apabila fluida pengisi pori memiliki kandungan ion terlarut yang tinggi. Air dengan konsentrasi ion terlarut yang lebih besar memiliki keadaan konduktivitas listrik yang lebih tinggi sehingga dapat menghasilkan respons resistivitas yang lebih rendah Bear dkk. (1999) [2]. Kondisi tersebut menjadi penting dalam interpretasi akuifer pesisir karena keberadaan air laut atau air tanah yang telah mengalami peningkatan salinitas dapat menghasilkan zona yang sangat konduktif.

Berdasarkan hubungan tersebut, interpretasi distribusi resistivitas pada Pulau Mansinam dilakukan dengan mempertimbangkan nilai resistivitas, kedalaman, kontinuitas zona, kondisi litologi, serta posisi setiap lintasan terhadap garis pantai. Zona resistivitas rendah yang berada pada kedalaman tertentu dan menunjukkan kontinuitas lateral kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran kualitas air tanah. Pendekatan integratif tersebut digunakan untuk membedakan zona konduktif yang kemungkinan disebabkan oleh kejenuhan air atau material berbutir halus dengan zona yang memiliki indikasi lebih kuat terhadap pengaruh air laut Bear dkk. (1999) [2].

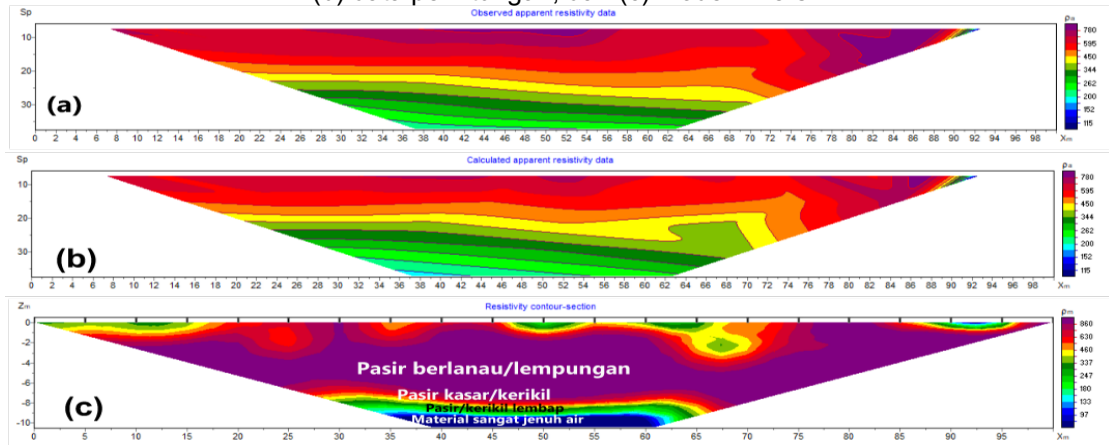
Tabel 1. Ringkasan rentang resistivitas dan interpretasi zona berpotensi dipengaruhi air laut

Lintasan	Rentang resistivitas (Ωm)	Zona penting	Interpretasi potensi
Lintasan 1	19-2.500	5-15 meter 19-500 Ωm	Rendah-lokal
Lintasan 2	97-860	8-10 meter 97-180 Ωm	Rendah
Lintasan 3	46-990	Lokal 107-164 Ωm	Rendah
Lintasan 4	2,5-56	2-10 meter 2,5-6 Ωm	Tinggi
Lintasan 5	6-54	4-10 meter 6-20 Ωm	Sedang
Lintasan 6	19-1.300	5-10 meter 19-64 Ωm	Sedang

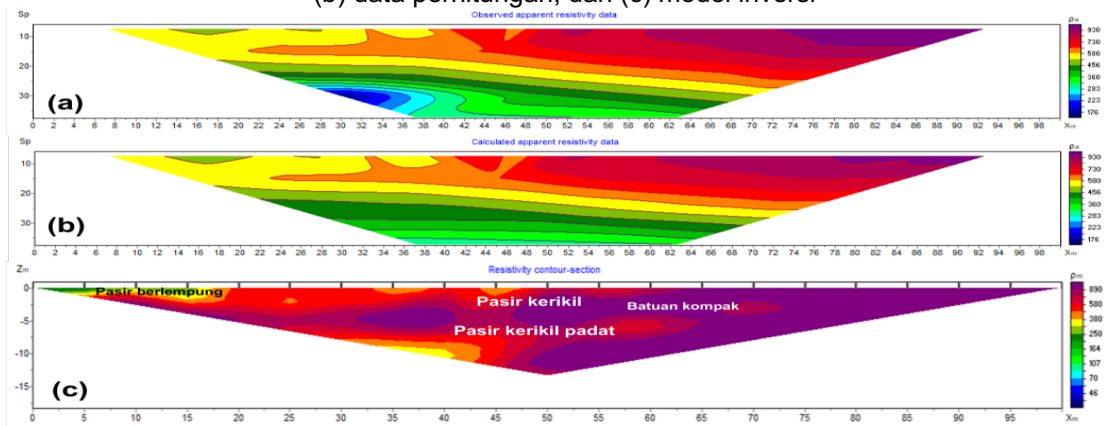


Gambar 2. Penampang resistivitas Lintasan 1; (a) data pengamatan,

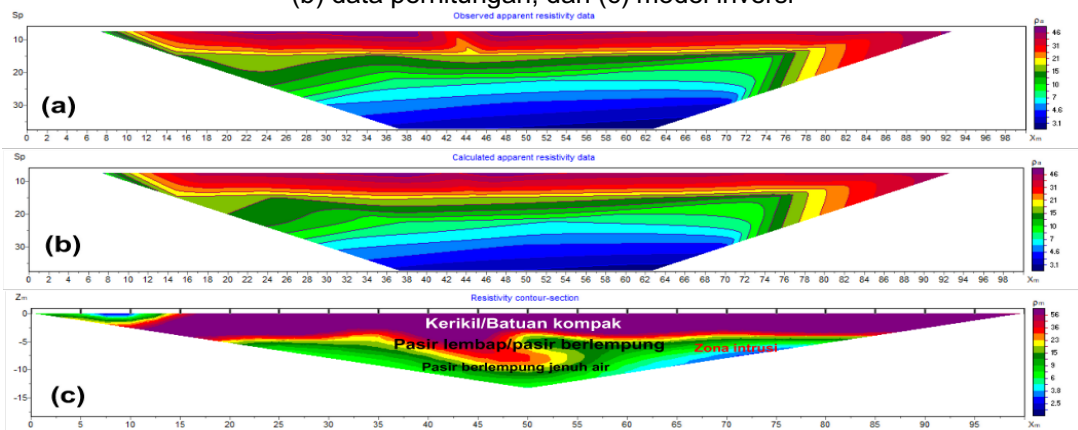
(b) data perhitungan, dan (c) model inversi



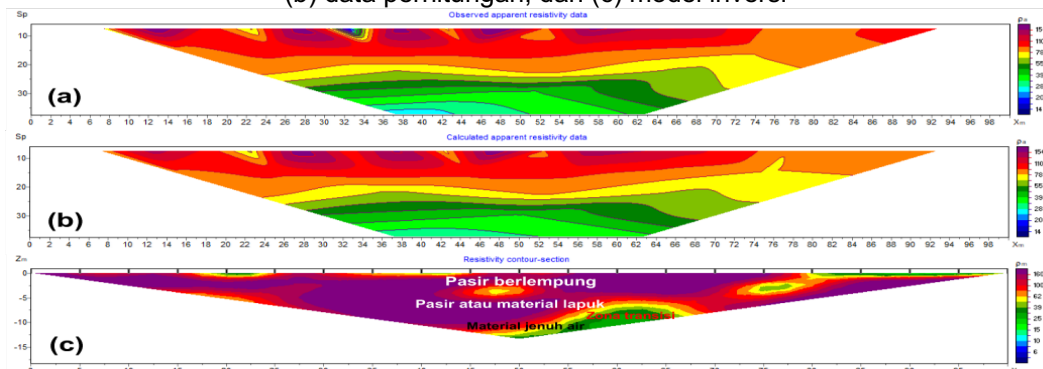
Gambar 3. Penampang resistivitas Lintasan 2; (a) data pengamatan, (b) data perhitungan, dan (c) model inversi



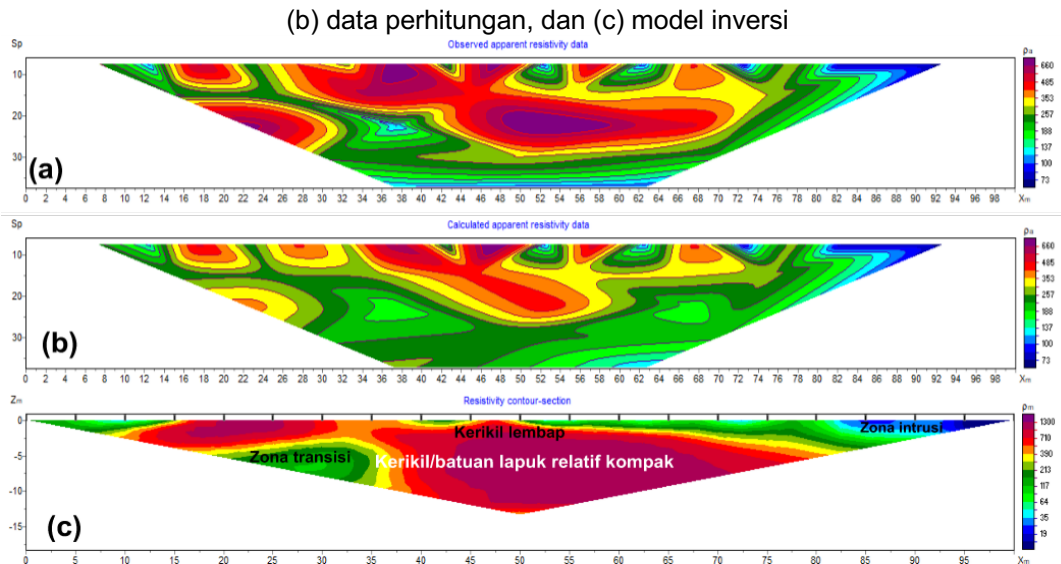
Gambar 4. Penampang resistivitas Lintasan 3; (a) data pengamatan, (b) data perhitungan, dan (c) model inversi



Gambar 5. Penampang resistivitas Lintasan 4; (a) data pengamatan, (b) data perhitungan, dan (c) model inversi



Gambar 6. Penampang resistivitas Lintasan 5; (a) data pengamatan, (b) data perhitungan, dan (c) model inversi



Gambar 7. Penampang resistivitas Lintasan 6; (a) data pengamatan, (b) data perhitungan, dan (c) model inversi

]

Hasil interpretasi geolistrik yang dipadukan dengan analisis kualitas air tanah menunjukkan bahwa tingkat potensi intrusi air laut di Pulau Mansinam berbeda pada setiap lokasi pengamatan. Perbedaan tersebut berkaitan dengan kondisi geologi, karakter litologi, elevasi wilayah, serta kedekatan akuifer terhadap garis pantai. Model inversi resistivitas memperlihatkan adanya beberapa zona dengan nilai resistivitas rendah yang tersebar secara lokal.

Zona-zona tersebut menunjukkan lapisan bawah permukaan yang memiliki sifat lebih konduktif dan dapat berasosiasi dengan sedimen jenuh air atau material yang mengandung fluida dengan konsentrasi ion terlarut relatif tinggi. Telford dkk. (1990) [4] menjelaskan bahwa nilai resistivitas material bawah permukaan dipengaruhi oleh jenis material, porositas, kandungan air, serta sifat fluida yang terdapat dalam ruang pori. Kondisi tersebut menyebabkan lapisan yang lebih jenuh atau mengandung fluida yang lebih konduktif dapat menunjukkan nilai resistivitas yang lebih rendah Reynolds (2011) [5].

Namun demikian, zona resistivitas rendah tidak selalu menunjukkan adanya intrusi air laut. Material berbutir halus seperti lanau dan lempung dapat memiliki konduktivitas listrik yang relatif tinggi akibat keberadaan air pori dan sifat permukaan mineralnya, sehingga menghasilkan respons resistivitas rendah Reynolds (2011) [5]. Oleh sebab itu, interpretasi zona konduktif dalam penelitian ini tidak didasarkan pada nilai resistivitas semata, tetapi juga mempertimbangkan kedalaman, kontinuitas zona, kondisi litologi, posisi terhadap garis pantai, serta karakteristik kualitas air tanah.

Pada akuifer pesisir, keberadaan air laut atau air tanah yang telah mengalami peningkatan salinitas dapat meningkatkan konduktivitas listrik dan menurunkan nilai resistivitas bawah permukaan. Bear dkk. (1999) [2] menjelaskan

bahwa masuknya air laut ke dalam akuifer dapat mengubah karakteristik air tanah akibat meningkatnya kandungan garam terlarut. Oleh karena itu, zona resistivitas rendah yang berasosiasi dengan peningkatan TDS, DHL/EC, salinitas, Na^+ , dan Cl^- memiliki indikasi yang lebih kuat terhadap pengaruh air laut dibandingkan zona resistivitas rendah yang tidak disertai perubahan parameter kualitas air.

Keterpaduan hasil geolistrik dan kualitas air tanah dalam penelitian ini memperlihatkan hubungan yang saling mendukung dalam mengidentifikasi potensi intrusi air laut. Hasil geolistrik memberikan informasi mengenai distribusi zona konduktif secara lateral dan vertikal, sedangkan data kualitas air memberikan informasi mengenai karakteristik fisik dan kimia air tanah. Dengan mengintegrasikan kedua kelompok data tersebut, interpretasi potensi intrusi dapat dilakukan secara lebih hati-hati dan dapat membedakan zona konduktif yang berpotensi dipengaruhi air laut dari zona konduktif yang kemungkinan disebabkan oleh faktor litologi atau kejenuhan air.

3.2 Indikasi Potensi Intrusi

Pada Lintasan 1, model inversi memiliki rentang resistivitas 19-2.500 $\Omega\cdot m$. Zona dengan resistivitas 19-500 $\Omega\cdot m$ pada kedalaman sekitar 5-15 meter menunjukkan lapisan yang relatif lebih konduktif dan berpotensi berkaitan dengan lapisan jenuh air atau akuifer dangkal. Keberadaan fluida dalam ruang pori dapat memengaruhi nilai resistivitas material bawah permukaan, sehingga lapisan yang lebih jenuh air cenderung menunjukkan resistivitas yang lebih rendah dibandingkan material yang relatif kering Telford dkk. (1990) [4]. Namun, nilai resistivitas minimum pada lintasan ini masih relatif tinggi dan tidak menunjukkan zona sangat konduktif yang menerus. Dengan demikian, berdasarkan hasil geolistrik, potensi pengaruh intrusi air laut pada Lintasan 1 relatif rendah.

Lintasan 2 menunjukkan rentang resistivitas 97-860 Ω m. Zona dengan resistivitas 97-180 Ω m berkembang pada kedalaman sekitar 8-10 meter dan menunjukkan kondisi yang lebih konduktif dibandingkan lapisan di atasnya. Kondisi tersebut dapat berkaitan dengan lapisan yang lebih jenuh air atau perubahan karakteristik material bawah permukaan. Reynolds (2011) [5] menjelaskan bahwa nilai resistivitas dipengaruhi oleh jenis material, porositas, tingkat kejenuhan, dan sifat fluida yang mengisi ruang pori. Namun, pada lintasan ini tidak ditemukan zona resistivitas sangat rendah yang berkembang secara menerus. Hasil tersebut konsisten dengan kondisi air sumur yang secara visual tidak menunjukkan karakteristik payau dan memiliki nilai klorida yang relatif rendah. Berdasarkan keterpaduan data tersebut, potensi pengaruh air laut pada Lintasan 2 dinilai relatif rendah.

Pada Lintasan 3, rentang resistivitas hasil inversi berada pada 46-990 Ω m dengan zona 107-164 Ω m yang berkembang secara lokal. Nilai minimum sekitar 46 Ω m belum menunjukkan karakteristik konduktivitas yang cukup kuat untuk secara langsung dikaitkan dengan pengaruh air laut. Zona konduktif tersebut lebih tepat ditafsirkan sebagai lapisan akuifer dangkal atau lapisan lembap yang dipengaruhi oleh kondisi litologi setempat. Hal ini perlu diperhatikan karena nilai resistivitas rendah tidak selalu menunjukkan keberadaan air laut. Material berbutir halus seperti lanau dan lempung, terutama dalam kondisi jenuh air, juga dapat menghasilkan respons resistivitas yang relatif rendah Reynolds (2011) [5]. Oleh karena itu, potensi intrusi pada Lintasan 3 dikategorikan relatif rendah berdasarkan bukti geolistrik.

Lintasan 4 merupakan lintasan dengan indikasi geofisika paling kuat. Rentang resistivitas yang diperoleh adalah 2,5-56 Ω m, dengan kemunculan zona resistivitas sangat rendah sekitar 2,5-6 Ω m pada kedalaman sekitar 7-10 meter. Zona tersebut menunjukkan material atau fluida yang memiliki sifat sangat konduktif. Pada lingkungan akuifer pesisir, peningkatan kandungan garam terlarut dalam air pori dapat meningkatkan konduktivitas listrik dan menyebabkan penurunan nilai resistivitas Bear dkk. (1999) [2]. Kedekatan lintasan dengan garis pantai serta karakteristik sedimen pantai memperkuat interpretasi bahwa zona tersebut berpotensi berkaitan dengan air tanah yang telah mengalami peningkatan kandungan ion terlarut. Dengan demikian, Lintasan 4 menunjukkan indikasi potensi intrusi air laut paling kuat dibandingkan lintasan lainnya.

Lintasan 5 memiliki rentang resistivitas 6-54 Ω m. Zona resistivitas 6-20 Ω m berkembang pada

bagian tengah lintasan dengan kedalaman sekitar 4-10 meter dan ditafsirkan sebagai lapisan jenuh yang berpotensi mengalami peningkatan salinitas. Nilai resistivitas yang rendah dapat menunjukkan kondisi yang lebih konduktif akibat keberadaan fluida dalam pori. Namun, zona resistivitas rendah juga dapat disebabkan oleh material berbutir halus seperti lanau dan lempung yang jenuh air Reynolds (2011) [5]. Oleh karena itu, indikasi potensi intrusi pada Lintasan 5 tidak ditentukan berdasarkan data resistivitas saja, tetapi perlu diverifikasi melalui parameter kualitas air, terutama TDS, DHL/EC, salinitas, Na^+ , dan Cl^- .

Lintasan 6 menunjukkan rentang resistivitas 19-1.300 Ω m. Zona resistivitas rendah berkembang pada bagian dangkal dan menunjukkan lapisan yang relatif lebih konduktif serta berpotensi berkaitan dengan akuifer. Keberadaan akuifer pada wilayah pesisir dapat dipengaruhi oleh hubungan hidrologik antara air tawar dan air laut serta kondisi hidrogeologi setempat Bear dkk. (1999) [2]. Karena lokasi Lintasan 6 relatif lebih dekat dengan garis pantai dan zona konduktif berasosiasi dengan peningkatan beberapa parameter kualitas air dibandingkan lokasi yang lebih terlindung, maka pengaruh air laut pada lintasan ini dinilai berada pada tingkat sedang.

Secara keseluruhan, hasil interpretasi enam lintasan menunjukkan bahwa potensi pengaruh air laut di Pulau Mansinam bersifat lokal dan bervariasi antar lokasi. Lintasan 4 menunjukkan indikasi paling kuat berdasarkan keberadaan zona resistivitas sangat rendah pada kedalaman sekitar 7-10 meter dan dukungan kondisi lingkungan pesisir. Lintasan 6 menunjukkan indikasi sedang, sedangkan Lintasan 1, 2, dan 3 cenderung menunjukkan potensi rendah. Lintasan 5 menunjukkan adanya zona konduktif yang memerlukan penguatan interpretasi melalui data kualitas air.

Pendekatan ini sejalan dengan prinsip bahwa dalam hal interpretasi resistivitas pada akuifer pesisir perlu mempertimbangkan kondisi geologi dan hidrogeologi serta tidak hanya didasarkan pada nilai resistivitas tunggal Bear dkk. (1999) [2]; Reynolds (2011) [5].

3.3 Status Kualitas Air Tanah

Secara umum, air tanah pada lima sumur berwarna jernih dan tidak menunjukkan bau yang mencolok. Nilai pH seluruh sampel berada pada kisaran 6,5-7,8 sehingga masih berada dalam rentang baku mutu yang digunakan. Meskipun demikian, parameter yang berhubungan dengan mineralisasi menunjukkan perbedaan yang jelas di setiap lokasi.

Tabel. 2 Hasil pengujian kualitas air tanah di setiap lokasi sumur

Lokasi	Suhu	pH	TDS	DHL	Salinitas	Natrium (Na^+)	Klorida (Cl^-)	Warna	Rasa	Bau
Sumur 1	31.8	6.5	262	520	0.2	209	42.98	Tidak Bewarna	Tidak Berasa	Tidak Berbau

Sumur 2	35.6	7.8	1018	2010	0.6	220.23	431.87	Tidak Bewarna	Payau	Tidak Berbau
Sumur 3	32.5	7.5	238	470	0.3	202.43	21.99	Tidak Bewarna	Tidak Berasa	Tidak Berbau
Sumur 4	33.3	6.9	640	1242	0.5	199.41	221.93	Tidak Bewarna	Tidak Berasa	Tidak Berbau
Sumur 5	33.8	6.8	589	1174	0.5	218.12	240.93	Tidak Bewarna	Sedikit Payau	Tidak Berbau

Sumur 2 menunjukkan tingkat mineralisasi tertinggi dibandingkan seluruh lokasi pengamatan, dengan nilai TDS 1.018 mg/L, DHL 2.010 μ S/cm, salinitas 0,6%, Na^+ 220,23 mg/L, dan Cl^- 431,87 mg/L. Beberapa parameter tersebut telah melampaui acuan kualitas air berdasarkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023) [7]. Tingginya TDS, DHL, salinitas, Na^+ , dan Cl^- menunjukkan karakteristik air yang lebih termineralisasi dan mengarah pada kondisi payau. Peningkatan ion utama yang umum terdapat dalam air laut, khususnya Na^+ dan Cl^- , menjadi indikator pendukung pengaruh air laut terhadap air tanah pesisir (Bear et al., 1999) [2]. Temuan hidrogeokimia ini memperkuat interpretasi zona resistivitas sangat rendah pada Lintasan 4. Sumur 2 dipilih karena berjarak sekitar 20 meter dari titik pengukuran geolistrik pada lintasan tersebut, sehingga hasil kualitas air dapat digunakan untuk mendukung interpretasi geolistrik.

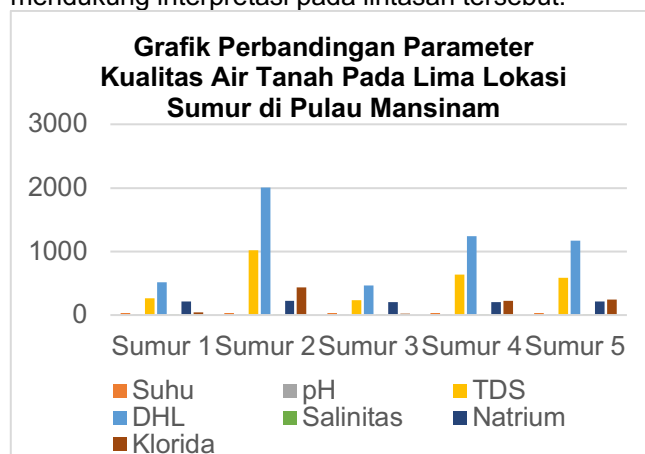
Sumur 4 dan Sumur 5 menunjukkan tingkat mineralisasi yang relatif tinggi, dengan TDS masing-masing 640 dan 589 mg/L serta DHL 1.242 dan 1.174 μ S/cm. Keduanya memiliki salinitas 0,5%, sedangkan konsentrasi Cl^- masing-masing sebesar 221,93 dan 240,93 mg/L dan Na^+ sebesar 199,41 dan 218,12 mg/L. Kombinasi parameter tersebut menunjukkan mineralisasi yang lebih tinggi dibandingkan Sumur 1 dan Sumur 3, tetapi masih lebih rendah dibandingkan Sumur 2. Peningkatan DHL dan ion terlarut dapat mengindikasikan perubahan karakteristik kimia air tanah, namun tidak dapat digunakan secara tunggal untuk memastikan intrusi air laut (Reynolds, 2011) [5]. Sumur 4 dan Sumur 5 masing-masing berjarak sekitar 51 meter dari Lintasan 1 dan 70 meter dari Lintasan 3, sehingga data kualitas air digunakan sebagai pendukung interpretasi geolistrik.

Sumur 1 dan Sumur 3 menunjukkan karakteristik air dengan tingkat mineralisasi relatif rendah. Sumur 1 memiliki TDS 262 mg/L, DHL 520 μ S/cm, salinitas 0,2%, Na^+ 209 mg/L, dan Cl^- 42,98 mg/L, sedangkan Sumur 3 memiliki TDS 238 mg/L, DHL 470 μ S/cm, salinitas 0,3%, Na^+ 202,43 mg/L, dan Cl^- 21,99 mg/L. Rendahnya konsentrasi Cl^- menunjukkan bahwa indikasi pengaruh air laut pada kedua lokasi relatif lemah, meskipun nilai Na^+ sedikit melampaui acuan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023) [7].

Secara keseluruhan, indikasi hidrogeokimia pengaruh air laut paling kuat ditemukan pada Sumur 2, diikuti Sumur 4 dan Sumur 5, sedangkan Sumur 1 dan Sumur 3 menunjukkan tingkat

mineralisasi yang lebih rendah. Integrasi data kualitas air dengan hasil inversi resistivitas menunjukkan bahwa zona resistivitas rendah yang disertai peningkatan TDS, DHL, salinitas, Na^+ , dan Cl^- memberikan indikasi lebih kuat terhadap kemungkinan pengaruh air laut (Bear et al., 1999) [2].

Sumur 3 berjarak sekitar 47 meter dari Lintasan 2. Pada Lintasan 5 tidak ditemukan sumur masyarakat karena lokasi tersebut berada di kawasan berhutan dan tidak berpenghuni, sehingga Sumur 1 digunakan sebagai titik pembanding dengan jarak sekitar 1.000 meter. Sementara itu, Sumur 1 berjarak sekitar 30 meter dari Lintasan 6 dan digunakan sebagai titik pembanding untuk mendukung interpretasi pada lintasan tersebut.



Gambar 8. Perbandingan parameter kualitas air tanah antar lokasi

3.4 Integrasi Geolistrik dan Kualitas Air

Integrasi data geolistrik dan kualitas air menunjukkan bahwa zona resistivitas rendah cenderung berasosiasi dengan peningkatan DHL, TDS, salinitas, Na^+ , dan Cl^- . Peningkatan ion terlarut menyebabkan konduktivitas listrik fluida meningkat sehingga resistivitas medium jenuh air menurun Telford dkk. (1990) [4]; Reynolds (2011) [5]. Pada akuifer pesisir, kondisi tersebut dapat berkaitan dengan masuknya air laut yang meningkatkan kandungan garam dan ion terlarut dalam air tanah Bear dkk. (1999) [2].

Berdasarkan integrasi kedua kelompok data, Lintasan 4 menunjukkan potensi pengaruh air laut paling kuat, Lintasan 5 dan 6 menunjukkan indikasi sedang, sedangkan Lintasan 1, 2, dan 3 relatif rendah. Pola tersebut menunjukkan bahwa pengaruh air laut di Pulau Mansinam bersifat lokal dan bervariasi antar lokasi. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh litologi, permeabilitas, elevasi,

kondisi hidrogeologi, serta posisi akuifer terhadap garis pantai Bear dkk. (1999) [2].

Resistivitas rendah tidak secara langsung menunjukkan intrusi air laut karena material berbutir halus, seperti lanau dan lempung jenuh air, juga dapat menghasilkan respons konduktif Reynolds 2011)[5]. Oleh karena itu, interpretasi resistivitas perlu dikonfirmasi dengan kondisi litologi dan parameter kualitas air. Kesesuaian antara zona resistivitas rendah dengan peningkatan TDS, DHL, salinitas, Na^+ , dan Cl^- memberikan bukti yang lebih kuat mengenai kemungkinan pengaruh air laut dibandingkan penggunaan satu parameter secara terpisah Bear dkk. (1999) [2].

3.5 Pembahasan Berdasarkan Lokasi Lintasan

a. Lintasan 1

Lintasan 1 berada pada elevasi sekitar 24 mdpl dengan rentang resistivitas 19-2.500 Ωm . Lapisan permukaan yang relatif resistif diinterpretasikan sebagai material relatif kering, sedangkan zona 100-500 Ωm pada kedalaman sekitar 5-15 meter diduga merupakan material yang lebih jenuh air dan berpotensi sebagai akuifer dangkal. Nilai minimum 19 Ωm belum membentuk zona resistivitas rendah yang menerus. Hasil kualitas air menunjukkan TDS 640 mg/L, DHL 1.242 $\mu\text{S/cm}$, salinitas 0,5%, Na^+ 199,41 mg/L, dan Cl^- 221,93 mg/L, yang menunjukkan peningkatan mineralisasi. Namun, integrasi data geolistrik dan kualitas air menunjukkan indikasi pengaruh air laut pada Lintasan 1 masih lebih rendah dibandingkan Lintasan 4.

b. Lintasan 2

Lintasan 2 berada pada elevasi sekitar 28 mdpl dengan rentang resistivitas 97-860 Ωm . Zona 97-180 Ωm pada kedalaman sekitar 8-10 meter menunjukkan material yang lebih jenuh air, tetapi tidak berkembang sebagai zona konduktif yang luas. Kondisi ini sejalan dengan kualitas air yang relatif rendah mineralisasi, dengan TDS 238 mg/L, DHL 470 $\mu\text{S/cm}$, salinitas 0,3%, dan Cl^- 21,99 mg/L. Meskipun Na^+ sebesar 202,43 mg/L sedikit melampaui acuan, secara keseluruhan Lintasan 2 menunjukkan potensi pengaruh air laut yang relatif rendah.

c. Lintasan 3

Lintasan 3 memiliki rentang resistivitas 46-990 Ωm dengan dominasi nilai sedang hingga tinggi. Zona resistivitas rendah berkembang secara lokal dan lebih sesuai diinterpretasikan sebagai lapisan lembap atau akuifer daripada zona intrusi yang

menerus. Namun, kualitas air menunjukkan peningkatan mineralisasi dengan TDS 589 mg/L, DHL 1.174 $\mu\text{S/cm}$, salinitas 0,5%, Na^+ 218,12 mg/L, dan Cl^- 240,93 mg/L. Kondisi tersebut menunjukkan adanya pengaruh mineralisasi yang perlu diperhatikan, meskipun respons geolistrik belum menunjukkan indikasi intrusi yang kuat.

d. Lintasan 4

Lintasan 4 menunjukkan indikasi potensi intrusi air laut paling kuat. Zona resistivitas sangat rendah sebesar 2,5-6 Ωm berkembang pada kedalaman sekitar 7-10 meter dan menunjukkan kontras yang jelas dengan lapisan permukaan yang lebih resistif. Interpretasi tersebut diperkuat oleh hasil kualitas air Sumur 2 yang memiliki TDS, DHL, salinitas, Na^+ , dan Cl^- tertinggi dibandingkan lokasi lainnya. Kesesuaian antara respons geolistrik dan hidrogeokimia menjadikan lokasi Bunker Jepang sebagai zona prioritas untuk pemantauan potensi intrusi air laut.

e. Lintasan 5

Lintasan 5 memiliki rentang resistivitas 6-54 Ωm , dengan zona 6-20 Ωm pada kedalaman sekitar 4-10 meter yang mengindikasikan lapisan jenuh air. Karena lintasan berada di kawasan berhutan tanpa sumur masyarakat, tidak tersedia data kualitas air yang dapat digunakan sebagai verifikasi langsung. Oleh karena itu, zona resistivitas rendah pada Lintasan 5 diinterpretasikan sebagai indikasi potensi pengaruh air laut, bukan sebagai bukti langsung intrusi. Pengambilan sampel air tanah di sekitar lintasan diperlukan untuk memperkuat interpretasi.

f. Lintasan 6

Lintasan 6 berada pada elevasi sekitar 13 mdpl dengan rentang resistivitas 19-1.300 Ωm dan menunjukkan heterogenitas bawah permukaan yang kuat.

Zona resistivitas rendah mengindikasikan lapisan yang lebih jenuh dan konduktif, sedangkan zona resistivitas tinggi diduga berkaitan dengan pasir, kerikil, atau fragmen karang yang relatif kurang jenuh. Sumur 1 yang berjarak sekitar 30 meter dari lintasan memiliki TDS 262 mg/L, DHL 520 $\mu\text{S/cm}$, salinitas 0,2%, Na^+ 209 mg/L, dan Cl^- 42,98 mg/L.

Hasil tersebut menunjukkan mineralisasi relatif rendah, sehingga Lintasan 6 dikategorikan memiliki potensi pengaruh air laut tingkat sedang berdasarkan kombinasi kondisi geolistrik dan kedekatannya dengan garis pantai.



Gambar 9. Kegiatan pengukuran geolistrik pada setiap lintasan

3.6 Implikasi Pengelolaan Air Tanah

Variasi potensi pengaruh air laut menunjukkan bahwa pengelolaan air tanah di Pulau Mansinam perlu dilakukan secara spasial. Lintasan 4 menjadi prioritas pengawasan karena menunjukkan kesesuaian antara zona resistivitas rendah dan peningkatan parameter kualitas air. Lintasan 5 dan 6 perlu dipantau karena terdapat zona konduktif yang berpotensi berkaitan dengan peningkatan mineralisasi, sedangkan Lintasan 1, 2, dan 3 menunjukkan kondisi relatif lebih rendah namun tetap memerlukan pemantauan.

Pengambilan air tanah, terutama di wilayah dekat pantai, perlu dikendalikan untuk mencegah penurunan muka air tanah yang dapat meningkatkan peluang pergerakan air laut ke dalam akuifer Bear dkk. (1999) [2]. Pemantauan berkala terhadap muka air tanah serta TDS, DHL/EC, salinitas, Na^+ , dan Cl^- diperlukan untuk mendeteksi perubahan kualitas air. Pemantauan pada musim hujan dan kemarau juga penting untuk mengidentifikasi variasi musiman dan kecenderungan perubahan jangka panjang.

Penelitian selanjutnya disarankan memperluas dan memperapat lintasan geolistrik serta menempatkan titik pengambilan sampel air sedekat mungkin dengan lintasan untuk meningkatkan korelasi spasial antara resistivitas dan kondisi hidrogeokimia Loke (2004)[6]. Analisis dapat dilengkapi dengan ion utama seperti seperti Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , dan HCO_3^- serta pengukuran muka air tanah untuk membedakan pengaruh air laut dari faktor litologi dan sumber mineralisasi lainnya Bear dkk. (1999) [2]. Pendekatan tersebut dapat menjadi dasar pemantauan air tanah yang lebih terarah dan adaptif guna menjaga keberlanjutan sumber daya air tanah di Pulau Mansinam.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi bawah permukaan Pulau Mansinam bersifat heterogen, ditunjukkan oleh variasi resistivitas yang berkaitan dengan perbedaan litologi dan tingkat kejenuhan air. Zona resistivitas rendah ditemukan

secara lokal pada beberapa lintasan, dengan indikasi paling kuat pada Lintasan 4 pada kedalaman sekitar 7-10 meter. Zona tersebut didukung oleh hasil kualitas air Sumur 2 yang menunjukkan TDS 1.018 mg/L, DHL 2.010 $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinitas 0,6%, Na^+ 220,23 mg/L, dan Cl^- 431,87 mg/L, yang mengindikasikan karakter air lebih termineralisasi dan payau. Berdasarkan integrasi data geolistrik dan kualitas air, Lintasan 4 dikategorikan memiliki potensi pengaruh air laut paling kuat, diikuti Lintasan 5 dan 6 dengan indikasi sedang, sedangkan Lintasan 1, 2, dan 3 relatif rendah.

Secara keseluruhan, kualitas air tanah menunjukkan variasi antar lokasi, dengan beberapa parameter seperti TDS, DHL, salinitas, Na^+ , dan Cl^- mengalami peningkatan pada lokasi tertentu. Integrasi metode resistivitas dan analisis kualitas air memberikan interpretasi yang lebih kuat dalam mengidentifikasi zona yang berpotensi dipengaruhi air laut dibandingkan penggunaan satu metode secara terpisah. Hasil ini menunjukkan bahwa potensi pengaruh air laut di Pulau Mansinam bersifat lokal dan bervariasi antar lokasi, sehingga diperlukan pemantauan berkala pada zona yang memiliki kombinasi resistivitas rendah dan peningkatan mineralisasi air tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Pascasarjana Universitas Papua atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. Richard Lewerissa, S.Si., M.Sc. dan Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Adelhar B. Rehiara, S.T., MSCE., IPM. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, masukan, dan dukungan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ilmiah. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa Program Studi S1 Fisika, S1 Kimia, S1 Teknik Geologi, S1 Teknik Perminyakan, dan S1 Teknik Pertambangan yang telah membantu dalam observasi, pengambilan data geolistrik, serta pengujian kualitas air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dinas Pariwisata Ekonomi Kreatif dan Kebudayaan Kabupaten Manokwari, "Wonderful Manokwari, Aug. 20, 2024. [Online]. Available: <https://pariwisata.manokwarikab.go.id/2021/08/pulau-mansinam-dan-pulau-lemon.html>. [Accessed: Mar. 12, 2026].
- [2] J. Bear, A. H.-D. Cheng, S. Sorek, D. Ouazar, and I. Herrera, Eds., *Seawater Intrusion in Coastal Aquifers: Concepts, Methods and Practices*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [3] C. W. Fetter, *Applied Hydrogeology*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2001. [4] L. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, 2nd ed. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990.
- [5] J. M. Reynolds, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, 2nd ed. Chichester, U.K.: Wiley-Blackwell, 2011.
- [6] M. H. Loke, *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*, 2004. [Online]. Available: <https://www.geotomosoft.com/downloads.php>
- [7] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023.