



Studi Intrusi Air Laut di Wilayah Pulau Bungkutoko, Kota Kendari
Study of Seawater Intrusions in the Bungkutoko Island Area, Kendari City

Saputra Saputra^{1*}, Asmadin Asmadin¹, Asrin Ginong Pratikino¹

¹Program Studi Oseanografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

*Corresponding author: E-mail: saputra05032003@gmail.com

(Received: 09 Januari 2026, Accepted: 28 Februari 2026, Online: 10 September 2026)

Abstract

Bungkutoko Island is a coastal area vulnerable to seawater intrusion due to low elevation and intensive groundwater use. This study aims to analyze groundwater quality (salinity, temperature, pH, TDS, and electrical conductivity) during high and low tides, and map the distribution of seawater intrusion. The method used was quantitative descriptive through field surveys at 33 observation stations. Parameter measurements were conducted using PCE-PHD 1 device, while tidal data were analyzed using MATLAB and spatial mapping was performed using IDW interpolation in QGIS. Results showed that salinity, TDS, and electrical conductivity values increased during high tide. Several points showed light to moderate intrusion, especially in areas near the coastline and at low elevations. This region has a mixed semi-diurnal tidal type ($F = 0.49$), which contributes to increased seawater intrusion.

Keywords: *Seawater Intrusion, Groundwater Quality, Tides, Bungkutoko Island, Interpolation*

Abstrak

Pulau Bungkutoko merupakan kawasan pesisir yang rentan terhadap intrusi air laut akibat elevasi rendah dan pemanfaatan air tanah yang intensif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air tanah (salinitas, suhu, pH, TDS, dan DHL) saat pasang dan surut, serta memetakan sebaran intrusi air laut. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif melalui survei lapangan di 33 stasiun pengamatan. Pengukuran parameter dilakukan dengan alat PCE-PHD 1, sementara data pasang surut dianalisis menggunakan MATLAB dan pemetaan spasial dilakukan dengan interpolasi IDW di QGIS. Hasil menunjukkan bahwa nilai salinitas, TDS, dan DHL meningkat saat pasang. Beberapa titik menunjukkan intrusi dari ringan hingga sedang, terutama di area dekat garis pantai dan elevasi rendah. Wilayah ini memiliki tipe pasang surut campuran condong semidiurnal ($F = 0,49$), yang berkontribusi terhadap peningkatan intrusi air laut.

Kata Kunci: Intrusi Air Laut, Kualitas Air Tanah, Pasang Surut, Pulau Bungkutoko, Interpolasi

PENDAHULUAN

Intrusi air laut merupakan tantangan lingkungan yang kian mendesak di banyak daerah pesisir tropis, termasuk di Indonesia. Fenomena ini terjadi ketika air laut memasuki lapisan akuifer air tawar, yang dapat berujung pada kelangkaan air bersih, degradasi lahan, dan dampak negatif jangka panjang terhadap keberlanjutan lingkungan dan sosial (Arliska *et al.*, 2022). Pulau Bungkutoko, salah satu wilayah pesisir strategis di Kota Kendari, menghadapi krisis air bersih akibat intrusi air laut yang semakin mengkhawatirkan (Sofyan *et al.*, 2023).

Penelitian Kete *et al.*, (2020) menemukan bahwa sekitar 79% air tanah di wilayah Kota Kendari telah mengalami intrusi air laut yang disebabkan oleh faktor geologi dan elevasi muka air tanah. Berbagai faktor mempercepat laju intrusi, termasuk dinamika pasang surut, peningkatan muka air laut global akibat perubahan iklim, penurunan muka air tanah akibat eksploitasi berlebih, serta karakteristik geologi akuifer yang permeabel (Wijaya *et al.*, 2024). Namun, pemahaman spesifik mengenai dinamika dan tingkat keparahan intrusi air laut di Pulau Bungkutoko yang diakibatkan faktor dinamika pasang surut masih sangat terbatas.

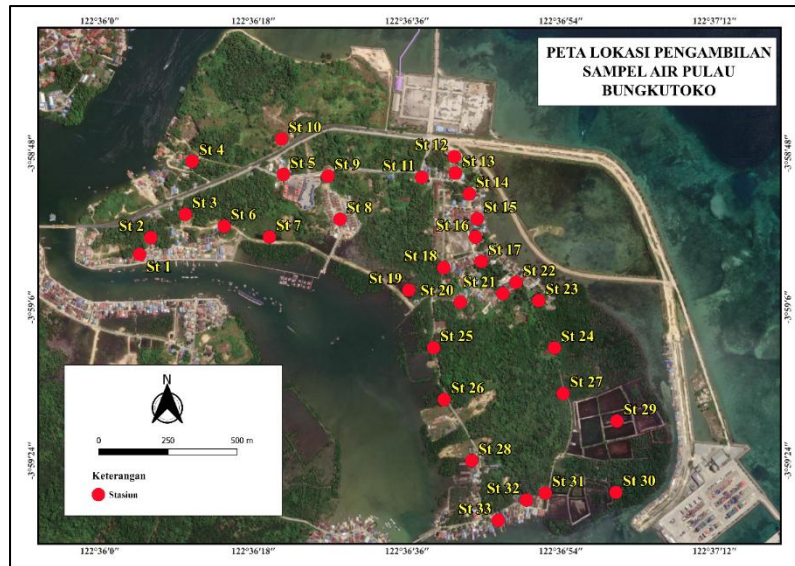
Salah satu metode yang umum digunakan untuk identifikasi intrusi air laut adalah pemantauan kualitas air tanah. Pengukuran parameter kunci seperti salinitas, konduktivitas listrik, total padatan terlarut, pH, dan suhu dapat menganalisis distribusi vertikal air asin (Puteri *et al.*, 2023). Dinamika pasang surut memiliki hubungan yang berpengaruh terhadap jangkauan salinitas, dimana perbedaan tinggi pergerakan pasang surut menyebabkan gangguan keseimbangan hidrostatik dan pencampuran massa air tawar dengan air laut (Sedyoko *et al.*, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan nilai konsentrasi salinitas, suhu, pH, Total Dissolved Solid, dan Daya Hantar Listrik air tanah pada saat pasang dan surut, serta memetakan sebaran intrusi air laut di wilayah Pulau Bungkutoko.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga September 2025 di wilayah Pulau Bungkutoko, Kota Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara. Pengambilan sampel air dilakukan pada tanggal 29 Mei 2025 saat kondisi air laut pasang tertinggi (*spring tide*) dan 4 Juni 2025 saat kondisi air laut surut tertinggi (*neap tide*). Pada setiap kondisi pasang surut, pengukuran dilakukan di 33 stasiun pengamatan di Pulau Bungkutoko menggunakan metode purposive sampling dengan mempertimbangkan jarak dari garis pantai, lokasi mata air, dan elevasi muka air tanah.



Gambar 1 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengumpulan Data

Data primer meliputi pengukuran parameter kualitas udara tanah yaitu salinitas, suhu, pH, *Total Dissolved Solid* (TDS) atau total padatan terlarut, dan Daya Hantar Listrik (DHL) atau konduktivitas listrik menggunakan alat *Meter PCE-PHD 1* yang dikalibrasi dengan aquades. Pengukuran dilakukan tiga kali per stasiun untuk mendapatkan nilai rata-rata. Untuk kondisi pasang, pengukuran dilakukan pada saat air mencapai ketinggian maksimum (pasang tertinggi), sedangkan untuk kondisi surut dilakukan pada saat air mencapai ketinggian minimum (surut terendah). Setiap pengukuran di satu stasiun diulang sebanyak tiga kali untuk memastikan konsistensi data, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Elevasi muka air tanah diukur menggunakan roll meter dan aplikasi Avenza Maps. Data sekunder berupa data pasang surut yang diperoleh dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (PUSHIDROS AL) melalui website <https://www.pushidrosal.id/>, data topografi dari *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) Badan Informasi Geospasial (BIG) melalui <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/>, serta data batas wilayah dan garis pantai dari Ina Geoportal melalui <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>."

Analisis Data

Pasang Surut

Data pasang surut diolah menggunakan MATLAB R2023a untuk menentukan konstanta harmonik dan nilai Formzahl (F) dengan persamaan sebagai berikut (Pasaribu *et al.*, 2022).

$$F = \frac{(O1 + K1)}{(M2 + S2)}$$

Keterangan:

- M2 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi bulan
- S2 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi matahari
- K1 : Deklinasi sistem bulan dan matahari
- O1 : Deklinasi Bulan

Tingkat Intrusi Air Laut

Tingkat intrusi air laut ditentukan menggunakan metode skoring berdasarkan klasifikasi parameter salinitas, TDS, dan DHL yang telah di modifikasi dengan persamaan sebagai berikut (Octavia dalam Tjasyono, 2019)

$$TI = SP1 + SP2 + SP3$$

Keterangan :

- TI : Tingkat Intrusi
 SP1 : Skoring Parameter Salinitas
 SP2 : Skoring Parameter TDS
 SP3 : Skoring Parameter DHL

Inverse Distance Weighting (IDW)

Pemetaan sebaran intrusi menggunakan metode interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) di software QGIS dengan persamaan sebagai berikut (Pramono, 2008):

$$Z(x_i) = \frac{\sum_n^N z_n / d^n}{\sum_n^N 1/d^n}$$

Keterangan :

- $Z(x_i)$: Nilai interpolasi dititik x_i
 z_n : Nilai intrusi pada titik sampel n -th
 D : Jarak antara titik x_i dan tiap titik sampel n -th
 N : Jumlah titik sampel
 n : Indeks titik sampel
 x_i : Koordinat titik interpolasi

Regresi Linear

Untuk melihat hubungan antara elevasi pasang surut dengan parameter kualitas air menggunakan persamaan Regresi Linear sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$a = \frac{\sum Y (\sum X^2) - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Keterangan:

Y: variabel terikat (data parameter kualitas air)

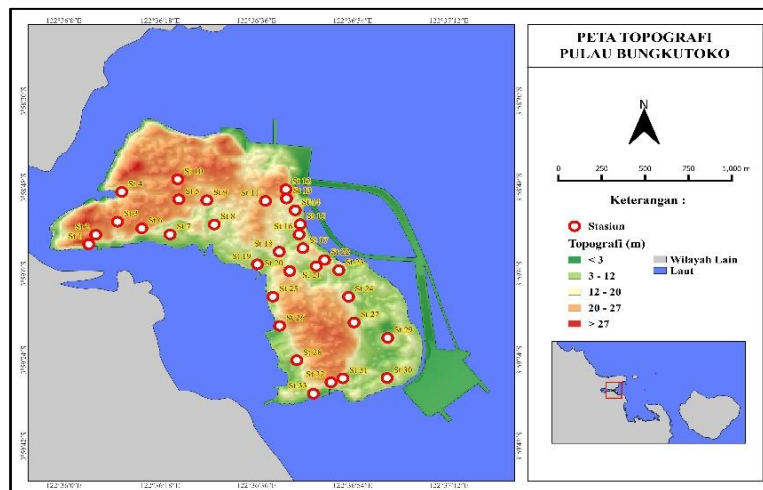
X: variabel bebas (data elevasi pasang surut, muka air tanah, dan garis pantai)

a,b : koefisien regresi

HASIL DAN PEMBAHASAN

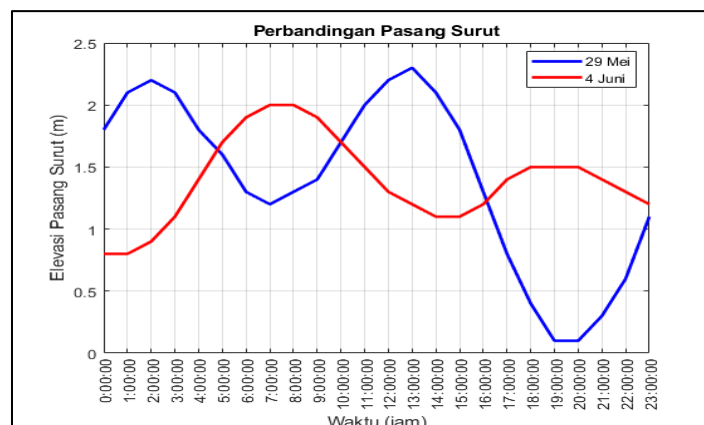
Karakteristik Topografi dan Pasang Surut

Pulau Bungkutoko memiliki karakteristik morfologi yang dominan datar dengan elevasi berkisar 0 hingga 28 meter di atas permukaan laut. Bagian pesisir timur dan tenggara didominasi oleh dataran rendah dengan ketinggian kurang dari 3 meter. Distribusi pengamatan stasiun ditampilkan pada Gambar 1. Stasiun 33 yang memiliki jarak terdekat ke garis pantai (21 meter) terletak di pesisir timur pulau, sedangkan Stasiun 27 yang memiliki jarak terjauh (311 meter) terletak di bagian tengah pulau dengan koordinat. Elevasi muka air tanah terendah tercatat pada Stasiun 8 (-12 meter) dan tertinggi pada Stasiun 2 (13 meter).



Gambar 2 Peta Topografi Pulau Bungkutoko

Hasil analisis pasang surut menunjukkan nilai *Formzahl* sebesar 0,49, yang menunjukkan tipe pasang surut di perairan sekitar pulau Bungkutoko bertipe campuran condong semidiurnal dengan dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari. Nilai ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Naufal (2018) di perairan Teluk Kendari yang melaporkan nilai *Formzahl* 0,44, yang menunjukkan variasi tipe pasang surut di wilayah Teluk Kendari. Berdasarkan data pengamatan selama periode penelitian, pada tanggal 29 Mei 2025 kondisi pasang purnama atau pasang purnama) yang digunakan sebagai waktu pengambilan sampel kondisi *spring tide* ketinggian maksimum mencapai 2,3 meter dengan jarak pasang surut 2,2 meter. Sedangkan pada tanggal 4 Juni 2025 (kondisi pasang surut atau pasang perbani) yang digunakan sebagai waktu pengambilan sampel kondisi kondisi *neap tide*, ketinggian maksimum mencapai 2,0 meter dengan jarak pasang surut 1,2 meter."

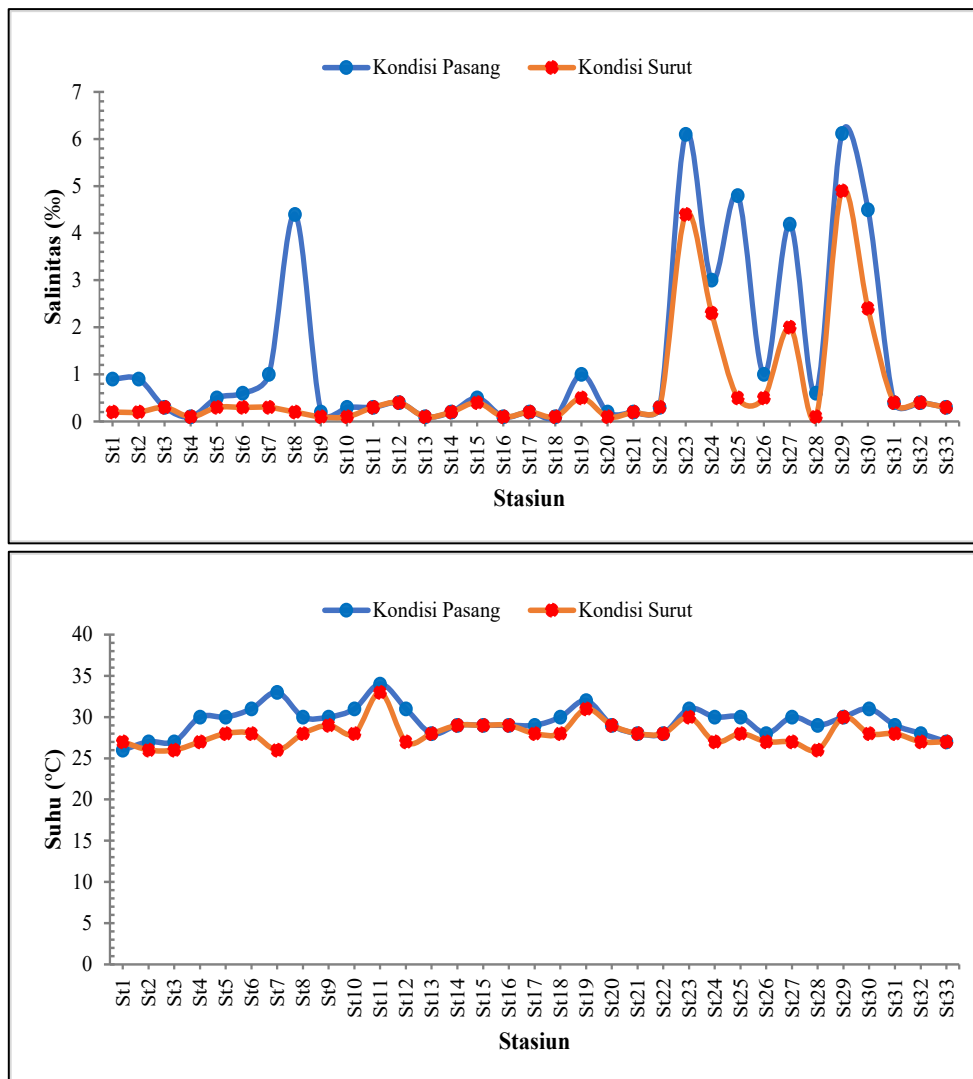


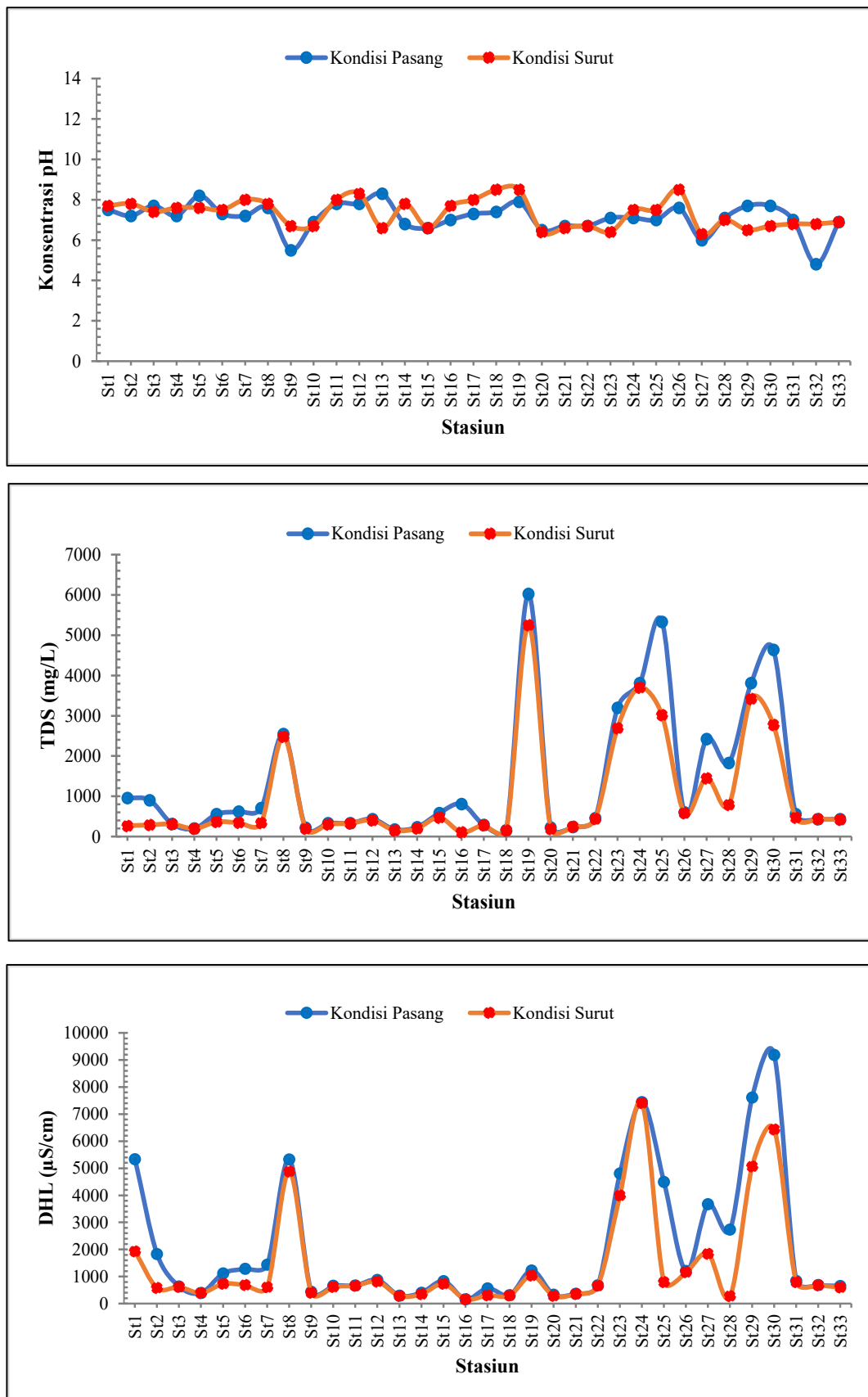
Gambar 3 Grafik Elevasi Pasang Surut

Konsentrasi Parameter Kualitas Air Tanah

Nilai salinitas berkisar 0,1 - 6,1‰ saat pasang dan 0,1 - 4,9‰ saat surut, dengan salinitas tertinggi tercatat pada Stasiun 23 dan 29. Nilai TDS berkisar 156 - 6024 mg/L saat pasang dan 105 - 5250 mg/L saat surut, dengan rata-rata 1297 mg/L dan 1090 mg/L. Nilai DHL berkisar 162 - 9188 $\mu\text{S}/\text{cm}$ saat pasang dan 159 - 7406 $\mu\text{S}/\text{cm}$ saat surut, dengan rata-rata 1912 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan 1479 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Suhu berkisar 26 - 34°C dengan rata-rata 29,5°C saat pasang dan 26 - 33°C dengan rata-rata 28,1°C saat surut. Nilai pH berkisar 4,8 - 8,3 saat pasang dan 6,3 - 8,5 saat surut dengan rata-rata 7,1 dan 7,3.

Secara umum, nilai salinitas, TDS, dan DHL cenderung lebih tinggi pada saat pasang dibandingkan saat surut di hampir seluruh stasiun pengamatan. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh intrusi air laut yang masuk ke perairan pantai pada saat pasang (Salnuddin *et al.*, 2024). Beberapa stasiun seperti Stasiun 8, 19, 23, 24, 25, 27, 28, 29, dan 30 menunjukkan nilai TDS dan DHL yang sangat tinggi, mengindikasikan zona yang kuat terpengaruh oleh air laut.



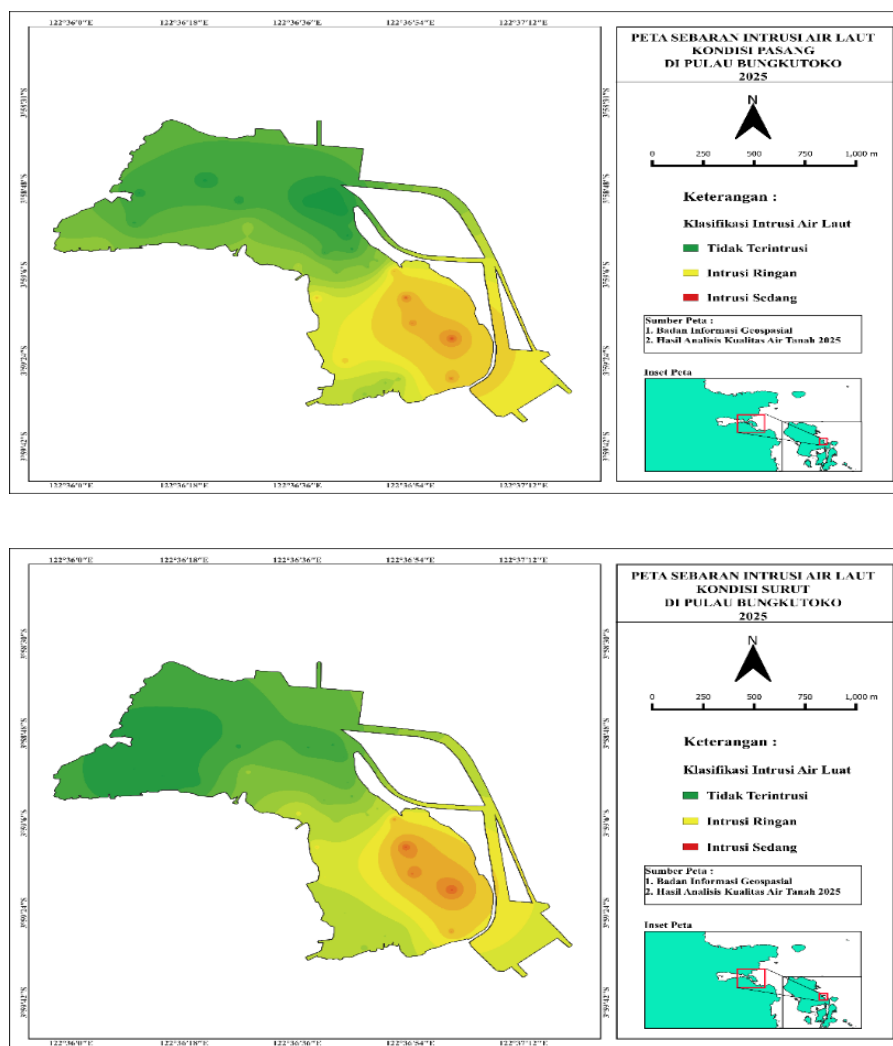


Gambar 4 Grafik Konsentrasi Parameter Kualitas Air

Sebaran Intrusi Air Laut

Berdasarkan analisis spasial menggunakan metode interpolasi IDW, tingkat intrusi di Pulau Bungkutoko terbagi dalam tiga klasifikasi yaitu tidak terintrusi (16 sampel atau 48,48%), intrusi ringan (8 sampel atau 24,24%), dan intrusi sedang (9 sampel atau 27,27%). Zona dengan tingkat intrusi sedang terkonsentrasi di wilayah timur dan tenggara Pulau Bungkutoko, terutama di area dekat garis pantai dan elevasi rendah.

Stasiun yang mengalami intrusi sedang meliputi Stasiun 8, 19, 23, 24, 25, 27, 28, 29, dan 30. Perlu dicatat bahwa beberapa stasiun (19, 23, 24, 25, 27, 30) merupakan genangan air akibat banjir pasang, sedangkan Stasiun 29 merupakan tambak. Menurut Sahana *et al.*, (2020), banjir pasang berpotensi memperburuk intrusi air laut ke dalam akuifer pesisir dan menurunkan kualitas air tanah.



Gambar 5 Sebaran Intrusi Air Laut Waktu Pasang dan Surut

Pengaruh Pasang Surut terhadap Intrusi

Hasil analisis regresi linear menunjukkan korelasi yang cukup signifikan antara elevasi air laut dengan parameter intrusi. Salinitas menunjukkan nilai R sebesar 0,45 saat pasang dan 0,43 saat surut. Parameter TDS dan DHL masing-masing menunjukkan nilai R sebesar 0,47 dan 0,44 saat pasang, serta 0,44 dan 0,41 saat surut. Korelasi positif ini mengindikasikan bahwa peningkatan elevasi air laut menyebabkan peningkatan konsentrasi parameter intrusi.

Saat pasang, tekanan hidrostatik air laut yang lebih tinggi mendorong massa air asin masuk ke dalam akuifer air tawar (Salnuddin *et al.*, 2024). Meskipun terdapat penurunan konsentrasi saat surut, beberapa stasiun masih mempertahankan nilai yang tinggi, mengindikasikan adanya akumulasi atau

sulitnya pemulihan akuifer dari dampak intrusi. Faktor lain yang mempengaruhi meliputi jarak dari garis pantai dan elevasi muka air tanah yang rendah (Masitoh & Saifanto, 2024).

Tabel 1 Pengaruh Parameter Kualitas Air dengan Pasang Surut Air Laut

Parameter Kualitas Air	Korelasi Parameter Kualitas Air terhadap Elevasi Muka Air Laut Kondisi Pasang			Korelasi Parameter Kualitas Air terhadap Elevasi Muka Air Laut Kondisi Surut		
	R ²	r	Korelasi	R ²	r	Korelasi
Salinitas	0,1892	0,5	Cukup	0,2112	0,4	Cukup
Suhu	0,1543	0,3	Rendah	0,0785	0,2	Rendah
pH	0,0002	0	Sangat Rendah	0	0	Sangat Rendah
TDS	0,2143	0,5	Cukup	0,1893	0,4	Cukup
DHL	0,1314	0,4	Cukup	0,1272	0,3	Cukup

KESIMPULAN

Nilai konsentrasi salinitas, TDS, dan DHL air tanah di Pulau Bungkutoko menunjukkan perbedaan signifikan antara kondisi pasang dan surut, dengan nilai yang cenderung lebih tinggi saat pasang. Sebaran intrusi air laut terbagi dalam tiga klasifikasi yaitu tidak terintrusi (48,48%), intrusi ringan (24,24%), dan intrusi sedang (27,27%), dengan konsentrasi tertinggi di wilayah pesisir timur dan tenggara. Tipe pasang surut campuran condong semidiurnal ($F = 0,49$) berkontribusi terhadap peningkatan intrusi air laut, yang ditunjukkan oleh korelasi positif antara elevasi pasang surut dengan parameter intrusi ($R = 0,4-0,47$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Halu Oleo, PUSHIDROS AL, dan masyarakat Kelurahan Bungkutoko atas dukungan dan bantuan selama penelitian ini berlangsung.

PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak terdapat konflik kepentingan finansial maupun non-finansial yang dapat memengaruhi, atau secara wajar dapat dianggap memengaruhi, penelitian, interpretasi temuan, atau publikasi artikel ini.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN (AI)

Tidak ada teknologi berbasis kecerdasan buatan (AI) yang digunakan dalam penyusunan, analisis, atau pembuatan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Andi BSAP., Muhammad AS. Tabbu, Marsa APR. 2023. Kajian Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Masyarakat Pesisir Kecamatan Abeli dan Nambo Kota Kendari. *LaGeografia*, 21(2): 152–162.

Arliska EA., Anda P., Hasan ES. 2022. Identifikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Vertical Electrical Sounding Di Kecamatan Sawa. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 8(3): 197–209. <https://doi.org/10.23960/jge.v8i3.223>

Kete, SCR., Suprihatin S., Tarigan SD., Effendi H. 2020. Identifikasi dan Sebaran Intrusi Air Laut terhadap Airtanah Dangkal di Kota Kendari Sulawesi Tenggara. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2): 74–182. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.3808>

Mahardika WR., Akbarsyah N., Thirafi L., Fauzan F., Nuraliza M. 2024. LEMURU Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Indonesia. *Jurnal Ilmu Perikanan Dan Kelautan Indonesia*, 6(1): 39–

47. <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/lemuru/>
- Masitoh F. Saifanto BA. 2024. Pendugaan Kerentanan Airtanah Dangkal Terhadap Intrusi Airlaut Menggunakan Metode GALDIT di Kecamatan Sukolilo Kota Surabaya. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(2): 153–165. <https://doi.org/10.14710/buloma.v13i2.53625>
- Pasaribu RP., Sewiko R., Arifin A. 2022. Penerapan Metode Admiralty Untuk Mengolah Data Pasang Surut Di Perairan Selat Nasik - Bangka Belitung. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(1): 146. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.39719>
- Pramono GH. 2008. Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan. *Forum Geografi*, 22(2): 145. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v22i2.4988>
- Sahana MI., Santoso R., Waspodo B. 2020. Mapping of Seawater Intrusion into Coastal Aquifer : A Case Study of Pekalongan Coastal Area in Central Java. *Journal of Civil Engineering Forum*, 6(5): 183–192. <https://doi.org/10.22146/jcef.53736>
- Salnuddin S., Bemba J., Harahap ZA., Kader MF., Wahidin N., Ichsan KH., Taeran I. 2024. Pengaruh Pergerakan Pasang Surut terhadap Perubahan Kualitas Air Sumur Gali Masyarakat di Pesisir Kelurahan Fitu – Kota Ternate Selatan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3): 781–792. <https://doi.org/10.14710/jil.22.3.781-792>
- Sedyoko DA., Yusuf M., Widada S., Kelautan JL., Perikanan F., Diponegoro U., Soedharto JPH., Semarang T., Fax T. 2013. Pengaruh Pasang Surut Terhadap Jangkauan Salinitas Di Sungai Sudetan Banger Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Oseanografi*, 2: 88–97.
- Tjasyono B. 2019. *B. Tjasyono, Ilmu Kebumihan dan Antariksa, Bandung: Pascasarjana UPI*, 2009. 5(5): 577–584.