

KONDISI EKSISTING INTRUSI AIR LAUT DI PESISIR LATUHALAT, PULAU AMBON

*(Existing Conditions of Seawater Intrusion
at The Coastal of Latuhalat, Ambon Island)*

Grimaldy R. Latumeten¹, Simon Tubalawony^{2*}, Yunita A. Noya²

¹ Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Kelautan Program Pascasarjana, Universitas Pattimura

² Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura

latumetengr192@gmail.com, simontubalawony003@gmail.com, yunitanoya4@gmail.com

Corresponding author*

ABSTRAK: Intrusi air laut merupakan salah satu permasalahan di wilayah pesisir yang mempengaruhi kualitas air tanah. Dampak intrusi air laut diduga terjadi di pesisir Latuhalat yang diindikasikan oleh air tanah yang terasa payau pada sumur masyarakat. Sebagai konsekuensinya, masyarakat harus membeli air tawar untuk memenuhi kebutuhan air minum. Selain itu, intrusi air laut mengganggu keanekaragaman hayati di wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan mengkaji fenomena intrusi air laut di pesisir Latuhalat melalui analisis tingkat konduktivitas air tanah dan luasan daerah pesisir yang terintrusi air laut selama fase pasang surut. Metode yang digunakan yaitu interpolasi parameter fisika dan kimia, serta analisis rasio klorida bikarbonat berdasarkan Revelle Index. Hasil pengukuran dan analisa data fase pasang surut air laut dengan metode interpolasi menunjukkan fase pasang air laut berpengaruh meningkatkan nilai daya hantar listrik (DHL) maupun klorida air tanah. Nilai DHL pada keempat belas sumur mulai dari 446 $\mu\text{mhos/cm}$ hingga 3236 $\mu\text{mhos/cm}$, sedangkan konsentrasi klorida mulai dari 50 mg/L hingga 6631 mg/L. Analisis rasio klorida bikarbonat mendapatkan nilai Revelle Index (RI) mulai dari 0,017 hingga 2,321 yang menandakan bahwa intrusi air laut terjadi mulai dari tingkat rendah hingga menengah. Pada area pesisir sepanjang ± 5 km, diketahui luasan wilayah yang terintrusi dengan kategori agak rendah hingga sedang mencakup area seluas 1,82 km² (36,4%). Distribusi spasial nilai DHL dan klorida yang cukup tinggi terkonsentrasi terdapat di Dusun Omputty, dimana kuat dugaan pergerakan air laut ke akuifer daratan yang disebabkan oleh struktur geologi daerah Latuhalat diperparah oleh intensitas penggunaan air tanah berlebih oleh masyarakat sekitar.

Kata Kunci: Intrusi air laut, air tanah, wilayah pesisir, pasang surut, Latuhalat

ABSTRACT: Seawater intrusion is a problem in coastal areas affecting groundwater quality. Seawater intrusion's impact is thought to have occurred on the coast of Latuhalat, which is indicated by groundwater that tastes brackish in community wells. Consequently, people must buy fresh water to meet their drinking water needs. In addition, seawater intrusion disrupts biodiversity in coastal areas. This study aims to examine the phenomenon of seawater intrusion on the coast of Latuhalat by analysing the conductivity level of groundwater and the area of the coastal area intruded by seawater during the tidal phase. The method used is interpolating physical and chemical parameters and analysing the bicarbonate-chloride ratio based on the Revelle Index. The measurement and analysis of tidal phase data using the interpolation method show that the tide phase increases the electrical conductivity and groundwater chloride values. Electrical conductivity values in the fourteen wells ranged from 446 $\mu\text{mhos/cm}$ to 3236



µmhos/cm, while chloride concentrations ranged from 50 mg/L to 6631 mg/L. Analysis of the bicarbonate-chloride ratio obtained Revelle Index (RI) values ranging from 0.017 to 2.321, which indicates that seawater intrusion occurs from low to medium levels. In the coastal area along ± 5 km, it is known that the area of the intruded area in the relatively low to moderate category covers an area of 1.82 km² (36.4%). The spatial distribution of electrical conductivity and chloride values which are pretty high are concentrated in Omputti Hamlet, where it is strongly suspected that seawater's movement into inland aquifers, which is caused by the geological structure of the Latuhalat area, is exacerbated by the intensity of excessive use of groundwater by the surrounding community.

Keywords: Seawater intrusion, groundwater, coastal areas, tidal, Latuhalat

PENDAHULUAN

Undang-Undang Nomor 1 tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau Pulau Kecil mendeskripsikan wilayah pesisir sebagai wilayah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut (Wibowo *et al.*, 2022). Salah satu permasalahan wilayah pesisir adalah intrusi air laut, yang digambarkan sebagai pergerakan air laut ke daratan yang berdekatan. Masuknya air laut mengakibatkan penurunan kualitas air tanah (Idowu&Lasisi, 2020). Kenaikan muka air laut turut mempercepat intrusi air laut ke wilayah pesisir (Nurrohim *et al.*, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2019) menemukan bahwa sejak tahun 1992 hingga 2017 telah terjadi kenaikan muka air laut sebesar 5,5 mm/tahun di perairan Teluk Ambon. Kenaikan muka air laut menyebabkan perubahan garis pantai yang mempengaruhi ekosistem dan kehidupan sosial ekonomi masyarakat pesisir, diakibatkan lebih besarnya energi gelombang laut yang mengempas ke daratan sehingga intensitas bencana di pesisir semakin tinggi (Handiani *et al.*, 2019), antara lain menurunnya kualitas air terutama dengan meningkatnya salinitas di daerah-daerah yang semula tidak terpengaruh kenaikan muka air laut.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab intrusi air laut antara lain dilakukan oleh Prusty&Farooq (2020) menunjukkan pertumbuhan penduduk dan industrialisasi yang meningkat menyebabkan intrusi air laut ke daerah pesisir. Hounsino (2020) menemukan eksploitasi air tanah yang intensif untuk memasok sumber air bersih memicu resiko tinggi intrusi air laut. Selain itu,

topografi yang relatif landai didukung endapan aluvial dengan permeabilitas yang rendah meningkatkan resiko intrusi air laut (Joetidawati, 2017). Radityo *et al.* (2020) juga menemukan intrusi air laut terjadi pada daerah yang berdekatan dengan garis pantai didukung dengan akuifer endapan aluvial yang memiliki produktivitas akuifer sedang hingga tinggi.

Negeri Latuhalat dengan jumlah penduduk sebanyak 11.125 jiwa terletak di daerah pesisir Pulau Ambon dan berbatasan langsung dengan laut Banda, memiliki luas wilayah sebesar 13,00 km² dan panjang garis pantai ± 5 km (BPS, 2020). Sumber air bersih masyarakat berasal dari air tanah, namun ditemukan beberapa sumber air tanah yang bersifat payau (*salobar*). Fenomena ini akibat menyusupnya air laut ke dalam pori-pori batuan yang disebabkan oleh pengambilan air tanah berlebihan sehingga pori-pori batuan semula diisi oleh air tawar dapat terganti oleh masuknya air laut, sehingga menyebabkan air tanah berubah menjadi air payau (Rahmadani&Afdal, 2023).

Penurunan kualitas air tanah dipengaruhi oleh pasang surut dan penggunaan air yang berlebihan (Vienastra *et al.*, 2018; Acworth, 2019; Gaikwad *et al.*, 2020). Kondisi ini menyebabkan ketersediaan sumber air bersih sukar ditemukan dan aktivitas korosi lebih cepat terjadi pada material berbahan dasar besi. Selain itu, intrusi air laut mengganggu keanekaragaman hayati di wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan mengkaji fenomena intrusi air laut di pesisir negeri Latuhalat melalui analisis tingkat konduktivitas air tanah dan luasan daerah pesisir yang terintrusi air laut selama fase pasang surut. Diharapkan penelitian ini memberikan gambaran

kondisi sumberdaya air tanah di pesisir negeri Latuhalat secara khusus dan pulau Ambon pada umumnya untuk pengembangan wilayah di masa yang akan datang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2022 di empat dusun sepanjang pesisir Negeri Latuhalat, yakni Dusun Omputty (kode sumur O), Dusun Ukuhury (kode sumur U), Dusun Tupa (kode sumur T) dan Dusun Waimahu (kode sumur W), yang merupakan bagian dari Kecamatan Nusaniwe Kota Ambon (Gambar 1). Data topografi lokasi pengambilan sampel berupa jarak, kedalaman muka air tanah (MAT) dan elevasi sumur galian ditunjukkan pada Tabel 1.

Data penelitian berupa data primer yakni nilai daya hantar listrik (DHL), kadar klorida (Cl), bikarbonat (HCO_3^-) dan karbonat (CO_3^{2-}), sedangkan data sekunder meliputi peta Topografi (skala 1: 92.000), peta Geologi Pulau Ambon (skala 1: 100.000) dan literatur tentang intrusi air laut. Data tingkat konduktivitas air tanah

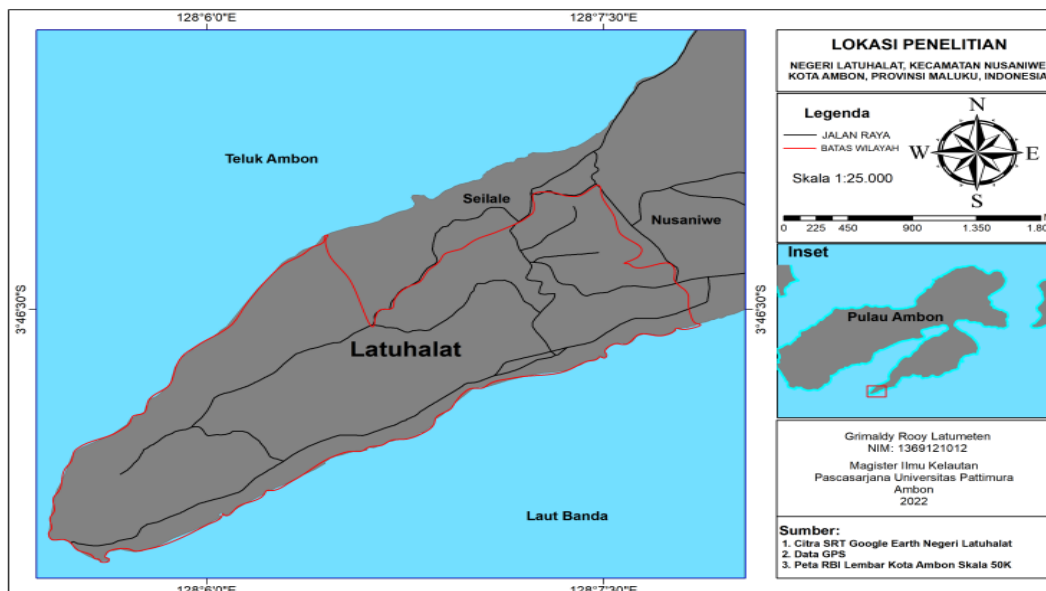
diperoleh melalui sampel air yang diambil saat fase surut dan pasang air laut pada 14 titik sumur galian, melalui pengukuran nilai DHL yang dilakukan secara *in situ*, sedangkan kadar klorida, bikarbonat dan karbonat diukur melalui pengujian di Laboratorium Kimia Dasar, FMIPA Universitas Pattimura.

Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan klasifikasi jenis/sifat air yang disusun oleh Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin (PAHIA) (Tabel 2). Tingkat intrusi air laut, dianalisis menggunakan *Chloride Bicarbonat Ratio* berdasarkan *Revelle Index* (RI), yaitu rasio perbandingan nilai klorida dengan bikarbonat dan karbonat (Amri, 2021), dengan bentuk persamaan:

$$RI = \frac{\text{Cl}^-}{(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-})}$$

Keterangan:

Cl⁻; kadar ion klorida (mg/L), HCO_3^- ; kadar ion bikarbonat (mg/L), CO_3^{2-} ; kadar ion karbonat (mg/L). Klasifikasi keasinan air tanah dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tabel 1. Data topografi lokasi sumur gali

| Kode Sumur Gali | Koordinat Lokasi | | Jarak (m) | Kedalaman MAT (m) | Elevasi Sumur Gali (m) |
|-----------------|------------------|------------------|-----------|-------------------|------------------------|
| | Lintang | Bujur | | | |
| O1 | 03°46'33.51" LS | 128°07'39.11" BT | 174 | 4,22 | 3,78 |
| O2 | 03°46'31.31" LS | 128°07'39.62" BT | 234 | 4,69 | 3,31 |
| O3 | 03°46'24.72" LS | 128°07'34.76" BT | 469 | 8,15 | 2,85 |
| U1 | 03°46'43.34" LS | 128°07'16.17" BT | 161 | 5,86 | 2,14 |
| U2 | 03°46'41.36" LS | 128°07'14.98" BT | 214 | 5,05 | 2,95 |
| U3 | 03°46'38.84" LS | 128°07'14.85" BT | 332 | 6,25 | 3,75 |
| T1 | 03°47'02.00" LS | 128°06'40.50" BT | 116 | 9,44 | 1,56 |
| T2 | 03°47'05.02" LS | 128°06'38.35" BT | 189 | 5,51 | 5,49 |
| W1 | 03°47'12.31" LS | 128°06'14.95" BT | 176 | 5,26 | 4,74 |
| W2 | 03°47'09.62" LS | 128°06'25.25" BT | 232 | 8,55 | 4,45 |
| W3 | 03°47'20.96" LS | 128°06'04.60" BT | 145 | 6,55 | 2,45 |
| W4 | 03°47'23.28" LS | 128°06'03.11" BT | 188 | 4,67 | 4,33 |
| W5 | 03°47'26.60" LS | 128°05'58.42" BT | 129 | 4,8 | 4,2 |
| W6 | 03°47'33.76" LS | 128°05'33.40" BT | 197 | 5,75 | 5,25 |

Tabel 2. Klasifikasi keasinan air tanah

| Sifat Air Tanah | DHL ($\mu\text{mhos/cm}$) | Klorida (mg/L) |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------|
| Air Tawar | <1500 | <500 |
| Air agak Payau | 1.500.-5.000 | 500-2.000 |
| Air Payau | 5.000-15.000 | 2.000-5.000 |
| Air Asin | 15.000-50.000 | 5.000-19.000 |
| Rine (connate) | >50.000 | >19.000 |

Sumber: Santosa, et al., 2021

Tabel 3. Kriteria tingkatan pengaruh air laut terhadap air tanah

| RI | Tingkatan |
|----------|---------------------------------|
| <0,5 | Air tanah normal di akuifer |
| 0,5-1,3 | Sedikit pengaruh air laut |
| 1,3-2,8 | Menengah pengaruh air laut |
| 2,8-6,6 | Banyak pengaruh air laut |
| 6,6-15,5 | Sangat banyak pengaruh air laut |
| 15,5-20 | Air laut |

Sumber: Amri, 2021

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi dan Geomorfologi

Semenanjung Leitimur terletak di Pulau Ambon Bagian Selatan dengan luas 152,8 km² atau 41% dari total luas Pulau Ambon. Topografi semenanjung Leitimur didominasi oleh daerah perbukitan dan pegunungan dengan kemiringan lereng berkisar antara 15% hingga >45% berbukit, sebagian besar ditempati oleh penduduk dengan kepadatan $\pm 1315,3$ jiwa/km².

Daerah pegunungan ditutupi oleh kegiatan pertanian budidaya dan tanaman campuran (Puturuhu *et al.*, 2021).

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Ambon, ditemukan geologi pulau Ambon adalah alluvium (Qa) yang terdiri atas material kerakal, kerikil, lanau, pasir, lempung dan sisa tumbuhan; batu gamping koral (Ql) terdiri atas: koloni koral; batu gunung api Ambon (Tpav) yang terdiri atas: andesit, berksi, dasit dan tuff; granit Ambon (Ti(d.g)) yang terdiri atas: granit biotit; batuan ultramafic (JKu) yang terdiri atas: harzburgit, dunit, serpentin dan gabro; formasi kenikeh (Rjk) yang terdiri atas: perselingan batu pasir, serpih, batu lanau, dengan sisipan konglomerat dan batu gamping. Berdasarkan pada sebaran dan luasan maka batuan gunung api Ambon (Tpav) menempati sebaran terluas kemudian diikuti oleh batu gamping koral (Ql), batuan ultra-mafic (JKu), formasi kenikeh (Rjk), alluvium (Qa), dan granit Ambon (Ti(d.g)) (Tjokrosapoetro *et al.*, 1994).

Kondisi Tutupan Lahan

Kondisi tutupan lahan Kota Ambon tahun 2015-2023 menunjukkan peningkatan luasan pada tutupan lahan terbangun dari sebelumnya tahun 2015 seluas 4.175,81 ha dan pada tahun 2023 bertambah seluas 4.421,01 ha (Rakusa&Pakniany, 2022). Perubahan tutupan lahan ini menunjukkan peningkatan tiap periodenya, pada Kecamatan Sirimau dan

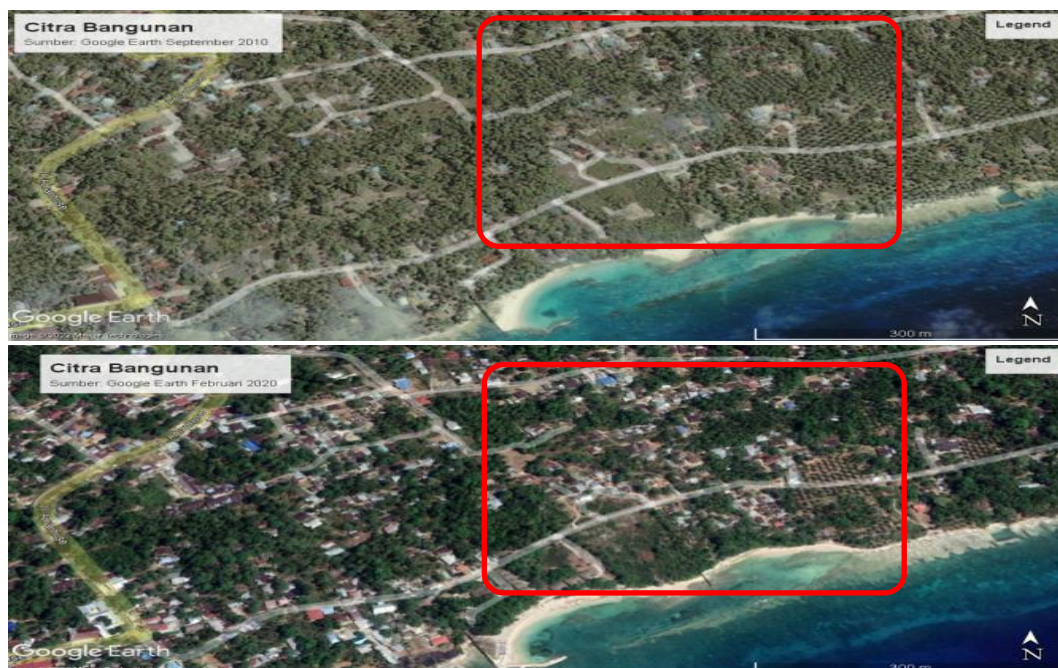
Kecamatan Nusaniwe terjadi signifikan dalam delapan tahun terakhir, sehingga terjadi pemusatan lahan terbangun pada dua kecamatan tersebut. Faktor yang mempengaruhi perkembangan lahan terbangun di Kota Ambon diantaranya pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, pembangunan infrastruktur yang terus bertambah, konversi lahan pertanian atau hutan menjadi lahan untuk permukiman, kebijakan pemerintah dan investasi properti yang tinggi (Latue *et al.*, 2023).

Dusun Omputty merupakan salah satu lokasi di Negeri Latuhalat dengan pertambahan bangunan yang cukup tinggi. Kondisi ini berpengaruh terhadap intensitas pengambilan air di wilayah permukiman yang cenderung meningkat guna pemenuhan kebutuhan sanitasi. Sebagian besar bangunan baru menggunakan sumur bor untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari (Gambar 2). Faktor ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Okta *et al.* (2022) di kawasan pesisir Kota Jakarta menemukan bahwa penurunan muka air tanah yang

disebabkan pengambilan air tanah yang berlebihan oleh masyarakat mengakibatkan air laut masuk ke daratan.

Tingkat Konduktivitas Air Tanah

Hasil analisis nilai DHL pada kondisi surut, menunjukkan nilai di atas angka 1500 $\mu\text{mhos/cm}$ untuk air tanah pada kode sumur galian O2 dan O3, artinya air tanah pada lokasi tersebut bersifat agak payau. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran kadar klorida yang menunjukkan bahwa air tanah pada kode sumur O2 dan O3 telah terintrusi air laut yang diindikasikan oleh nilai klorida di atas >1000 mg/L (Tabel 4). Pada kondisi pasang, air tanah pada ketiga sumur galian (kode sumur O1, O2 dan O3) menunjukkan peningkatan nilai DHL >1600 $\mu\text{mhos/cm}$ yang berarti bahwa kondisi pasang air laut berpengaruh terhadap air tanah di lokasi tersebut. Sementara konsentrasi klorida juga menunjukkan air tanah bersifat asin hingga payau yang diindikasikan oleh nilai konsentrasi klorida >5000 mg/L (Tabel 5).



Gambar 2. Citra satelit kondisi bangunan di Dusun Omputty Latuhalat Kota Ambon Tahun 2010 dan Tahun 2020

Tabel 4. Hasil pengukuran DHL dan kadar klorida air tanah saat fase surut air laut

| Kode Sumur | Nilai DHL ($\mu\text{mhos/cm}$) | Kadar Klorida (mg/L) |
|------------|-----------------------------------|----------------------|
| O1 | 0 | 0 |
| O2 | 1979 | 6152 |
| O3 | 1703 | 2294 |
| U1 | 615 | 227 |
| U2 | 565 | 151 |
| U3 | 621 | 76 |
| T1 | 585 | 76 |
| T2 | 663 | 76 |
| W1 | 716 | 76 |
| W2 | 443 | 101 |
| W3 | 712 | 277 |
| W4 | 576 | 50 |
| W5 | 728 | 76 |
| W6 | 518 | 76 |

Tabel 5. Hasil pengukuran DHL dan kadar klorida air tanah saat fase pasang air laut

| Kode Sumur | Nilai DHL ($\mu\text{mhos/cm}$) | Kadar Klorida (mg/L) |
|------------|-----------------------------------|----------------------|
| O1 | 2980 | 6354 |
| O2 | 3236 | 6631 |
| O3 | 1621 | 2345 |
| U1 | 642 | 227 |
| U2 | 605 | 76 |
| U3 | 601 | 50 |
| T1 | 588 | 76 |
| T2 | 661 | 101 |
| W1 | 665 | 101 |
| W2 | 446 | 76 |
| W3 | 726 | 252 |
| W4 | 587 | 101 |
| W5 | 730 | 76 |
| W6 | 531 | 76 |

Berdasarkan hasil analisis dapat dikatakan bahwa salinitas air tawar di pesisir Lathahalat meningkat seiring pasang air laut terutama pada lokasi Dusun Omputty (kode sumur O2). Saat fase surut, nilai DHL maksimum 1979 $\mu\text{mhos/cm}$ dan nilai konsentrasi klorida 6152 mg/L. Saat fase pasang, nilai DHL 3236 $\mu\text{mhos/cm}$ dan nilai kadar klorida 6631 mg/L. Kondisi ini mengakibatkan penurunan kualitas air tanah yang dipengaruhi pasang surut air laut (Vienastra *et al.*, 2021).

Luasan daerah yang terintrusi air laut

Hasil analisis nilai index RI menunjukkan bahwa dari seluruh sumur galian, hanya sumur di Dusun Omputty (kode sumur O1, O2 dan O3) yang terintrusi air laut pada kondisi surut maupun pasang. Intrusi air laut mulai dari tingkat rendah hingga menengah dengan nilai index RI berkisar antara 0,994-2,321 (Tabel 6).

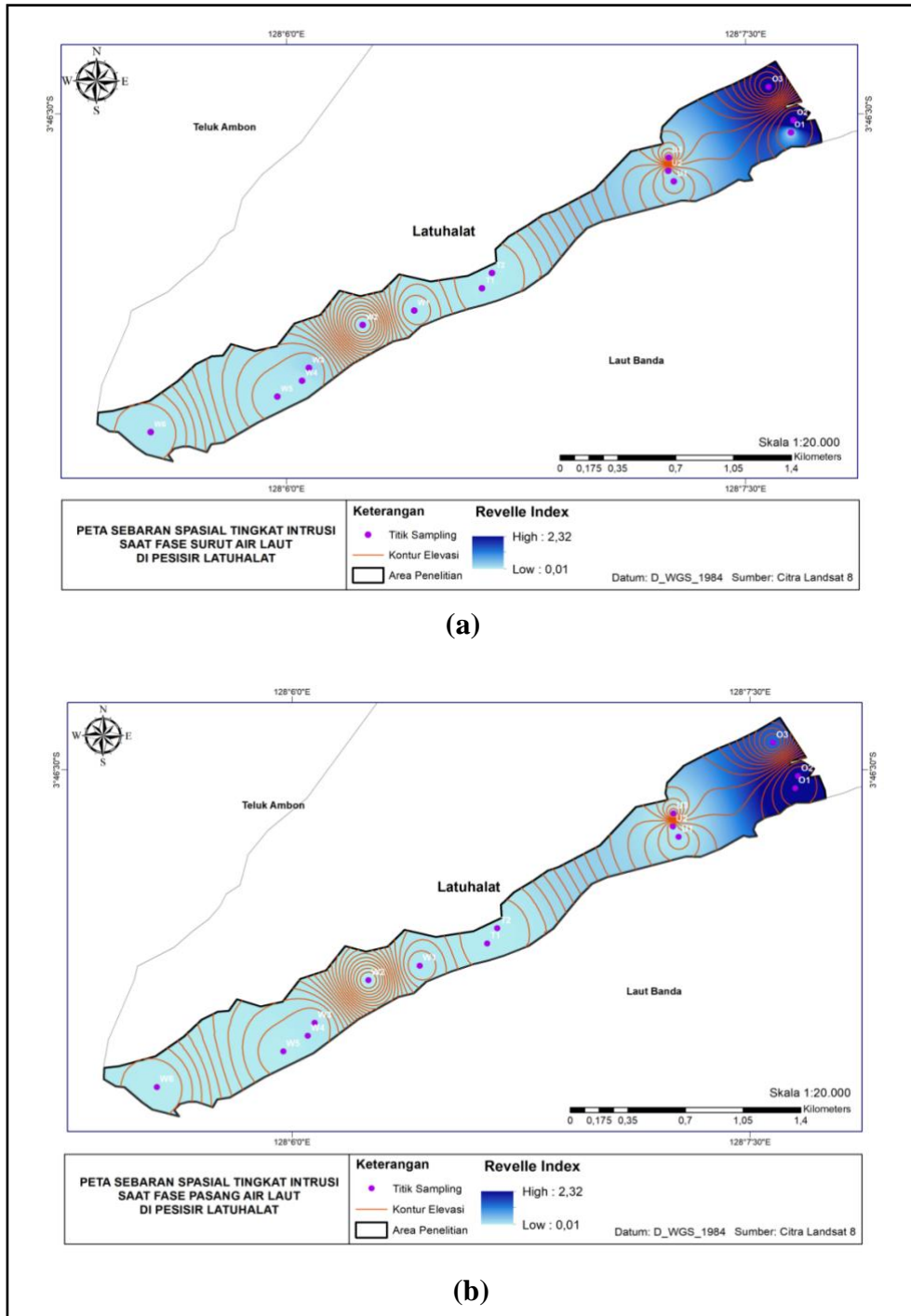
Tabel 6. Tingkatan intrusi air laut berdasarkan Indeks Revelle

| Kode Sumur | RI Surut | RI Pasang | Tingkatan |
|------------|----------|-----------|---------------------|
| O1 | 0 | 2,321 | Terintrusi Menengah |
| O2 | 2,229 | 1,982 | Terintrusi Menengah |
| O3 | 1,006 | 0,994 | Terintrusi Sedikit |
| U1 | 0,061 | 0,064 | Air Tawar |
| U2 | 0,056 | 0,024 | Air Tawar |
| U3 | 0,023 | 0,017 | Air Tawar |
| T1 | 0,018 | 0,036 | Air Tawar |
| T2 | 0,020 | 0,026 | Air Tawar |
| W1 | 0,024 | 0,060 | Air Tawar |
| W2 | 0,035 | 0,018 | Air Tawar |
| W3 | 0,105 | 0,062 | Air Tawar |
| W4 | 0,015 | 0,042 | Air Tawar |
| W5 | 0,023 | 0,019 | Air Tawar |
| W6 | 0,027 | 0,026 | Air Tawar |

Nilai index RI tertinggi terkonsentrasi pada sumur galian di Dusun Omputty. Indikasi ini menunjukkan bahwa intrusi air laut meningkat seiring dengan pasang air laut, mulai dari tingkat rendah hingga menengah. Berdasarkan informasi dari masyarakat, kondisi air payau sudah dialami warga sejak lama. Hasil analisis juga membuktikan bahwa pada area pesisir sepanjang ± 5 km, diketahui luasan wilayah yang tidak terintrusi air laut adalah 3,18 km² (63,6%) dan wilayah yang terintrusi dengan kategori rendah hingga menengah mencakup area seluas 1,82 km² (36,4%) (Gambar 3). Hal menarik yang diperoleh, walaupun di lokasi sumur galian lain tingkat intrusi air laut tidak ditemukan atau kondisi air tanahnya tawar namun hasil pengukuran nilai DHL maupun konsentrasi klorida menunjukkan peningkatan dari fase surut hingga pasang. Temuan ini menguatkan hasil penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa pasang surut air laut mempengaruhi fluktuasi air tanah di akuifer pesisir (Kim *et al.*, 2008); Singaraja *et al.*, 2018).

Intrusi air laut dimungkinkan terjadi karena struktur geologi daerah Latuhalat didominasi oleh batuan gunung api Ambon, terdiri dari batu gamping koral dan granit yang tersusun dalam formasi Manusela (Tjokrosapoetro *et al.*, 1993). Adanya batuan gamping (limestone) koral

mempengaruhi tingkat intrusi air laut karena memiliki tingkat porositas rendah (5%). Porositas adalah jumlah pori atau rongga dalam volume batuan, tanah atau sedimen (Damayanti *et al.*, 2020).



Gambar 3. Sebaran spasial tingkat intrusi air laut berdasarkan Revelle Index, (a) saat fase surut dan (b) saat fase pasang air laut di pesisir Negeri Latuhalat

KESIMPULAN DAN SARAN

Intrusi air laut terjadi di pesisir Negeri Latuhalat berpengaruh pada ketersediaan sumber air bersih masyarakat. Wilayah timur laut negeri Latuhalat memiliki konsentrasi salinitas yang tinggi, diindikasikan oleh nilai daya hantar listrik maupun ion klorida yang meningkat seiring dengan pasang air laut. Luas area yang telah mengalami instrusi air laut sebesar 1,82 km² atau sebesar 36,4 % dengan kategori tingkat intrusi rendah hingga menengah. Kondisi ini disebabkan oleh struktur geologi daerah Latuhalat serta intensitas penggunaan air tanah berlebih oleh masyarakat sekitar. Berdasarkan hasil kajian ini, maka disarankan penelitian lanjutan tentang struktur dan jenis tanah yang berperan mendukung terjadinya intrusi air laut ke daratan di lokasi kajian.

DAFTAR PUSTAKA

- Acworth, I., 2019. *Investigating Groundwater*. CRC Press. Taylor & Francis Group. London, UK.
- Amri, M. A. 2021. Analisis Hidrogeologi Airtanah Dangkal Dalam Menentukan Intrusi Air Laut Daerah Sunter dan Sekitarnya Jakarta Utara. *Jurnal of Groscience Engineering & Energy* 2(2): 157-169. DOI: <https://doi.org/10.25105/jogee.v2i2.9934>
- BPS. 2020. *Kota Ambon Dalam Angka 2020*. Badan Pusat Statistik Kota Ambon.
- Damayanti, C., Amukti, R., Suyadi. 2020. Potensi Vegetasi Hutan Mangrove untuk Mitigasi Intrusi Air Laut di Pulau Kecil. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 5(2): 75:91. <http://dx.doi.org/10.14203/oldi.2020.v5i2.313>
- Gaikwad, S. K., Kadam, A. K., Ramgir, R. R., Kashikar, A. S., Wagh, V. M., Kandekar, A. M., Gaikwad, S. P., Madale, R. B., Pawar, N. J., & Kamble, K. D. 2020. Assessment of The Groundwater Geochemistry from a Part of West Coast of India Using Statistical Methods and Water Quality Index. *HydroResearch* 3: 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.04.001>
- Handiani, Dian N., Darmawan, S., Heriati, A., Aditya, Yohanes D., 2019. Kajian Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Subang-Jawa Barat. *Jurnal Kelautan Nasional* 14(3):145-154.
- Hounsino, S.P., 2020. Assessment of Potential Seawater Intrusion in a Coastal Aquifer System at Abomey-Calavi, Benin. *Heliyon* 6(2): 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03173>
- Idowu, T.E. and Lasisi, K.H. 2020. Seawater Intrusion in The Coastal Aquifers of East and Horn of Africa: A Review From a Regional Perspective. *Scientific African*, 8: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00402>
- Joesidawati, M. I. 2017. Indication of Sea Water Intrusion as One of The Impact of Sea Level Rise (Case Study of Tuban Regency). *Aquasains (Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan)* 6(1): 543-552.
- Kim, K.Y., Chon, C.M., Park, K.H., Park, Y.S., & Woo, N.C. 2008. Multi-depth Monitoring of Electrical Conductivity and Temperature of Groundwater at a Multilayered Coastal Aquifer: Jeju Island, Korea. *Hydrological Processes* 22(8): 3724–3733. <https://doi.org/10.1002/hyp.6976>
- Latue, P. C., Septory, J. S. I., Somae, G., Rakuasa, H. 2023., Perubahan Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2015, 2019 dan 2023. *Jurnal Pendidikan Geografi* 10 (1): 177-186. DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/jpg.v10i1.15472>
- Nurrohim, A., Tjaturahono, B.S., Setyaningsih, W. 2012. Kajian Intrusi Air Laut di Kawasan Pesisir Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang. *Geo Image* 1 (1): 21-27. DOI: <https://doi.org/10.15294/geoimage.v1i1.942>
- Okta, E. V., Widyatama, A. A., Utomo, B. 2022. Prediksi Penurunan Muka Air Tanah terhadap Banjir Rob di Kawasan Pesisir Kota Jakarta. *Jurnal Penataan Ruang* 17 (2): 98-109.
- Prusty, P. and Farooq, S. H. 2020. Seawater Intrusion in The Coastal Aquifers of India - A Review. *HydroResearch* 3: 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.06.001>
- Puturu, F., Danoedoro, P., Sartohadi, J., Srihadmoko, D. 2021. Artificial Neural Network for Landslide Vulnerability Mapping in Leitimur Peninsula Ambon Island. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 989 (2021) 012013. doi:10.1088/1755-1315/989/1/012013
- Radityo, D., Alviyanda., Natalia, H.C., Hamdani, A., Huseina, A.A., Denhi, A.D.A., Naufal, R.A., Zayadah. 2020. Identifikasi Keberadaan Intrusi Air Laut pada Kawasan Pemukiman di Sekitar Pesisir Pantai Daerah Desa Sukajaya Lempasing Kecamatan Teluk Pandan. *Journal of Science and Applicative Technology* 4(2): 110-115. DOI: <https://doi.org/10.35472/jsat.v4i2.366>

- Rahman, R. M., Tubalawony, S., Noya, Y. A., 2019. Distribusi Spasial Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Wilayah Teluk Ambon, Maluku. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Tahunan XVI ISOI*: pp 267-281.
- Rahmadani, M. dan Afdal. 2023. Pemetaan Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah di Pantai Gandoriah Menggunakan Metode Geolistrik. *Jurnal Fisika Unand* 12(1): 131-136. DOI: <https://doi.org/10.25077/jfu.12.1.131-136.2023>
- Rakuasa, H. and Pakniyany, Y. 2022. Spatial Dynamics of Land Cover Change in Ternate Tengah District, Ternate City, Indonesia. *Forum Geografi* 36(2): 126–135. DOI: [10.23917/forgeo.v36i2.19978](https://doi.org/10.23917/forgeo.v36i2.19978)
- Santosa, R.R.B., Yulianto, G., Damar, A. 2021. Sebaran Spasial Intrusi Air Laut di Wilayah Pesisir Teluk Banten dan Alternatif Upaya Pengendaliannya. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 11(1): 1-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.33512/jpk.v11i1.10822>
- Singaraja, C., Chidambaram, S., Jacob, N. 2018. A Study on The Influence of Tides on The Water Table Conditions of The Shallow Coastal Aquifers. *Appl. Water Sci.* 8(11):1-13. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0654-5>
- Tjokrosapoetro, S., Rusmana, E., Suharsono. 1994. Geologi Lembar Ambon, Maluku. Departemen Pertambangan dan Energi. Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Vienastra, S. dan Febriarta, E. 2018. Karakteristik air Tanah di Pulau Yebeben, Kabupaten Raja Ampat, Papua Barat. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Ke-3 Perhimpunan Ahli Air Tanah Indonesia*: pp 108–113.
- Vienastra, S. dan Febriarta, E. 2021. Dinamika Hidrokimia Air Tanah Pada Akuifer Pasiran Pulau Yebeben Raja Ampat, Papua Barat. *Jurnal Pendidikan Geografi* 26(2): 99-110. DOI: <http://dx.doi.org/10.17977/um017v26i22021p099>
- Wibowo, B.A., Bambang, A.N., Pribadi, R., Setiyanto, I., Prihantoko, K.E., Sutanto, H.A. 2022. Strategi Pengelolaan Kawasan Pesisir di Pasar Banggi Kabupaten Rembang dengan Pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP). *Jurnal Kelautan Tropis* 25(2): 191-201. DOI: <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i2.12381>