

Kualitas Tanah dan Air Irigasi Berdasarkan Parameter DHL, Salinitas, dan TDS di Kawasan Pesisir Rumah Tiga, Kota Ambon

Marsya Adelviany Marthen²⁾, Andrias Izaac Latupapua^{1*)}, June A. Putinella²⁾

¹⁾Program Studi Pengelolaan Lahan, Program Pascasarjana Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon.

²⁾Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon.

* Korespondensi: andrias.latupapua@lecturer.unpatti.ac.id

ABSTRAK

Intrusi air laut mengancam kualitas air tanah di kawasan pesisir Rumah Tiga, Kota Ambon, tempat beradanya Kebun Percobaan Faperta Unpatti, permukiman, dan RSUP Dr. Leimena. Penelitian ini bertujuan menganalisis kualitas air irigasi berdasarkan parameter Daya Hantar Listrik (DHL), Salinitas, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) akibat dampak intrusi tersebut. Penelitian dilakukan pada tiga lintasan sepanjang 100 m tegak lurus terhadap garis pantai. Sampel tanah diambil pada kedalaman 40 cm setiap jarak 25 m. Sampel air sumur diambil pada Sumur 1 (lintasan 1, jarak 86 m), Sumur 2 (lintasan 2, jarak 80 m), dan Sumur 3 (lintasan 3, jarak 30 m). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada jarak 5 m dari pantai, nilai DHL dan salinitas tanah sangat tinggi (>40.000 S/cm dan >26 ppt), mengindikasikan intrusi kuat. Nilai tersebut menurun drastis pada jarak 25–50 m. Namun, lonjakan anomali terjadi pada jarak 75 m di Lintasan 1 dan 2 (>1.500 μ S/cm; dan 1 ppt). Hal ini berdampak langsung pada Sumur 1 dan Sumur 2 yang mengalami pencemaran sedang (TDS >1.000 mg/L). Sebaliknya, Sumur 3 (jarak 30 m) tetap berkategori tawar (TDS 254 mg/L). Air tanah pada Sumur 1 dan 2 telah terpengaruh intrusi air laut sehingga kurang sesuai untuk irigasi tanaman sensitif, sedangkan Sumur 3 masih aman digunakan.

Kata Kunci: Air Irigasi, DHL; Rumah Tiga, Salinitas, TDS.

Soil and Irrigation Water Quality Based on EC, Salinity, and TDS Parameters in the Coastal Area of Rumah Tiga, Ambon City

ABSTRACT

Seawater intrusion threatens groundwater quality in the coastal area of Rumah Tiga, Ambon City, where the Experimental Garden of the Faculty of Agriculture (Faperta) Unpatti, residential settlements, and Dr. Leimena Central General Hospital are located. This study aims to analyze irrigation water quality based on Electrical Conductivity (EC), Salinity, and Total Dissolved Solids (TDS) parameters as a result of the intrusion. The research was conducted along three 100-meter transects perpendicular to the shoreline. Soil samples were collected at a depth of 40 cm at 25-meter intervals. Well water samples were taken from Well 1 (transect 1, 86 m distance), Well 2 (transect 2, 80 m distance), and Well 3 (transect 3, 30 m distance). The results showed that at a distance of 5 m from the shore, the soil EC and salinity values were extremely high ($>40,000$ μ S/cm and >26 ppt), indicating strong intrusion. These values decreased drastically at a distance of 25–50 m. However, an anomalous spike occurred at a distance of 75 m along Transects 1 and 2 ($>1,500$ μ S/cm and 1 ppt). This directly impacted Well 1 and Well 2, which experienced moderate contamination (TDS $>1,000$ mg/L). Conversely, Well 3 (30 m distance) remained classified as fresh water (TDS 254 mg/L). Groundwater in Wells 1 and 2 has been affected by seawater intrusion, making it less suitable for irrigating sensitive crops, whereas Well 3 remains safe for use.

Keywords: EC; Irrigation Water; Rumah Tiga; Salinity; TDS.

PENDAHULUAN

Kawasan pesisir merupakan wilayah dinamis yang rentan terhadap degradasi lingkungan, terutama terkait ketersediaan air tanah berkualitas untuk sektor domestik dan pertanian. Salah satu wilayah pesisir strategis di Kota Ambon adalah kawasan Rumah Tiga, yang mengintegrasikan permukiman padat, fasilitas pelayanan kesehatan (RSUP Dr. Leimena), serta fungsi riset melalui Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. Keberadaan kebun percobaan ini serta usaha tani pekarangan menuntut pasokan air irigasi yang bebas dari kontaminan demi keberlanjutan budidaya. Namun, tekanan antropogenik akibat urbanisasi dan ekstraksi air tanah memicu kekosongan akuifer, yang mempercepat laju intrusi air laut. Intrusi air laut pada akuifer pesisir dapat memengaruhi kadar garam air tanah^[1].

Gejala intrusi air laut secara akurat dapat diidentifikasi melalui fluktuasi parameter kimia air. Terdapat korelasi linier yang kuat antara nilai konduktivitas atau Daya Hantar Listrik (DHL) dan Total Padatan Terlarut atau *Total Dissolved Solids* (TDS), di mana peningkatan kedua parameter ini menjadi indikator utama pengayaan ion-ion laut di dalam air tanah. Dalam konteks pesisir, sebaran parameter ini umumnya menunjukkan pola spasial tertentu^[2]. Pemetaan spasial pada akuifer bebas di wilayah pesisir urban cenderung memperlihatkan zona degradasi kualitas air yang meluas seiring dengan tingginya densitas aktivitas manusia^[3]. Fenomena ini diperkuat oleh adanya gejala intrusi di wilayah pesisir yang dicirikan oleh lonjakan salinitas dan DHL yang masif pada area yang berbatasan langsung dengan garis pantai akibat suplai konstan dari massa air laut^[4].

Dampak intrusi tidak hanya berhenti pada badan air tanah, melainkan merambat

naik hingga ke media perakaran tanaman. Efek kapiler pada zona akuifer yang telah terintrusi menyebabkan air asin bergerak naik ke permukaan, yang secara langsung meningkatkan salinitas tanah permukaan (zona rizosfer). Akumulasi garam di zona perakaran ini memicu cekaman osmotik bagi vegetasi di atasnya^[5]. Analisis sebaran salinitas tanah akibat intrusi air laut menunjukkan tingkat kerentanan yang bervariasi, di mana zona tanah pertanian terdekat dari bibir pantai mengalami salinisasi paling parah, sehingga membatasi pemilihan jenis komoditas tanaman yang dapat dibudidayakan^[6].

Meskipun kajian mengenai salinisasi telah banyak dilakukan, karakteristik hidrogeokimia di area pesisir sering kali menunjukkan batas akuifer dan pola sebaran yang tidak seragam (anomali). Studi komparasi hidrogeokimia menemukan bahwa batasan akuifer di area pesisir sangat dipengaruhi oleh heterogenitas batuan dan struktur lokal, yang sering kali memicu retensi atau lonjakan zat terlarut pada titik-titik tertentu yang tidak linier terhadap jarak dari pantai^[7]. Prediksi intrusi menggunakan DHL dan TDS menunjukkan bahwa pola infiltrasi air laut dapat dihambat atau dipercepat oleh kondisi tata guna lahan di atasnya^[8]. Selain itu, melalui studi kasus sumur gali ditemukan interaksi antara jarak sumur dari pantai dan intensitas pemakaian lokal yang menghasilkan tingkat pencemaran air tanah yang berbeda-beda, mulai dari tawar hingga payau-asin^[9].

Di sinilah letak kesenjangan akademik yang mendasari penelitian ini. Meskipun penelitian menggunakan parameter DHL, TDS, dan salinitas pada air sumur dan tanah sudah pernah dilakukan secara terpisah di berbagai daerah [6],[8],[9], belum ada kajian yang mengintegrasikan kedua media tersebut secara simultan (tanah sedalam 40 cm dan air sumur gali) dalam satu sistem transek mikro-spasial di kawasan pesisir pulau kecil di

Maluku. Terlebih lagi, adanya potensi anomali lonjakan salinitas pada jarak tertentu dari garis pantai di kawasan Rumah Tiga—yang dikelilingi oleh aktivitas domestik permukiman dan limbah operasional RSUP Dr. Leimena—belum pernah dipetakan dampaknya terhadap kelayakan air irigasi untuk Kebun Percobaan Faperta Unpatti dan pertanian pekarangan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air irigasi berdasarkan parameter DHL, salinitas, dan TDS sebagai akibat dari intrusi air laut di kawasan pesisir Rumah Tiga, Kota Ambon. Melalui pendekatan analisis spasial berbasis tiga lintasan transek tegak lurus terhadap garis pantai hingga jarak 100 meter, penelitian ini diharapkan dapat memetakan batas aman zonasi salinitas tanah permukaan serta mengevaluasi status kelayakan air dari tiga

sumur pantau bagi peruntukan irigasi pertanian.

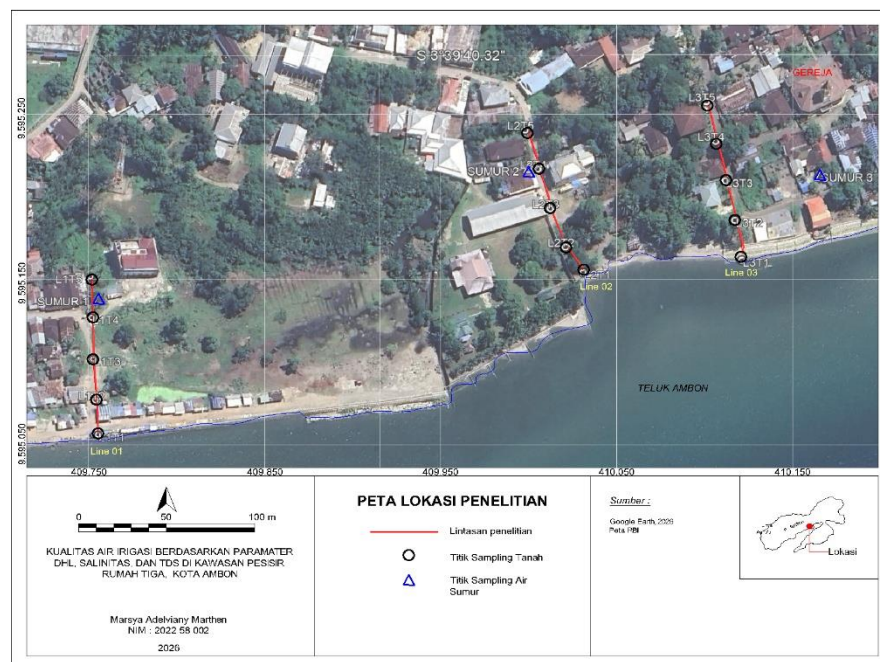
BAHAN DAN METODE

Bahan Tanah dan Air

Sampel tanah dan air diambil pada setiap titik pengamatan mengikuti lintasan seperti disajikan pada Gambar 1.

Sampel tanah diambil pada kedalaman 40 cm, dengan jarak titik sampling 25 m pada masing-masing lintasan. Selain sampel tanah, sampel air juga diambil dari sumur yang ada di lokasi penelitian.

Lokasi penelitian berada pada koordinat UTM 409.750 mE – 410.150 mE dan 9.595.250 mS – 9.595.050 mS dengan ketinggian antara 5 – 7 m di atas permukaan laut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Kawasan Pesisir Rumah Tiga

Analisis Data

Parameter kualitas air dinilai menggunakan kriteria kualitas air irigasi

tanaman ^[10] dan Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI mengenai Baku Mutu Air Nasional Kelas III untuk peruntukan irigasi pertanian, sedangkan

kualitas tanah dinilai berdasarkan kriteria salinitas ^[11] dan kriteria Badan Standardisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Kementerian Pertanian. Hasil analisis DHL, salinitas, dan TDS digambarkan sebagai peta zonasi untuk masing-masing parameter yang mencerminkan kualitas tanah dan air irigasi pada kawasan pesisir Negeri Rumah Tiga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Hantar Listrik (DHL)

Berdasarkan pengukuran lapangan pada ketiga lintasan transek, nilai Daya Hantar Listrik (DHL) tanah dan air menunjukkan variabilitas spasial yang signifikan seiring dengan perubahan jarak tegak lurus dari garis pantai (Tabel 1).

Pada titik terdekat dengan bibir pantai (jarak 5 m pada Lintasan 1 dan 2, serta 7 m pada Lintasan 3), nilai DHL tanah melonjak sangat ekstrem, masing-masing mencapai 41.500 $\mu\text{S/cm}$, 42.100 $\mu\text{S/cm}$, dan 40.300 $\mu\text{S/cm}$. Merujuk pada kriteria klasifikasi DHL untuk tanah maupun air irigasi di Indonesia, wilayah rizosfer (kedalaman 40 cm) pada zona ini masuk dalam kategori Sangat Berat/Ekstrem (DHL tanah > 6.000 $\mu\text{S/cm}$ dan DHL air > 10.000 $\mu\text{S/cm}$). Kandungan garam laut yang tinggi pada zona ini memicu tekanan osmotik ekstrem yang menghancurkan integritas sel akar tanaman. Tingginya nilai konduktivitas pada tanah pesisir merupakan implikasi langsung dari kontak konstan dengan massa air laut yang kaya akan ion-ion bebas ^{[6],[12]}. Dari perspektif fisik tanah, tingginya akumulasi garam terlarut ini berpotensi mengubah deskripsi morfologi tanah, terutama dalam hal pemantapan agregat dan pembentukan kerak permukaan ^[13].

Tabel 1. Data Pengukuran DHL Tanah dan Air Sumur pada Tiga Lintasan

No	Titik	Jarak (m)	Kedalaman (m)	Sampel	DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Kondisi Intrusi	Prediksi Dampak terhadap tanaman
1	L1T1	7	0 – 0.40	Tanah	41500	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
2	L1T2	25	0 – 0.40	Tanah	241	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
3	L1T3	50	0 – 0.40	Tanah	144	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
4	L1T4	75	0 – 0.40	Tanah	1570	Intrusi Ringan	Pertumbuhan Agak terhambat
5	Sumur 1	86	3.0	Air	1575	Intrusi Ringan	Pertumbuhan Agak terhambat
6	L1T5	100	0 – 0.40	Tanah	224	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
7	L2T1	5	0 – 0.40	Tanah	42100	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
8	L2T2	25	0 – 0.40	Tanah	326	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
9	L2T3	50	0 – 0.40	Tanah	176	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
10	L2T4	75	0 – 0.40	Tanah	1565	Intrusi Ringan	Pertumbuhan Agak terhambat
11	Sumur 2	80	7.0	Air	1581	Intrusi Ringan	Pertumbuhan Agak terhambat
12	L2T5	100	0 – 0.40	Tanah	344	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
13	L3T1	7	0 – 0.40	Tanah	40300	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
14	L3T2	25	0 – 0.40	Tanah	257	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
15	Sumur 3	30	5.0	Air	397	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
16	L3T3	50	0 – 0.40	Tanah	238	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
17	L3T4	75	0 – 0.40	Tanah	205	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman

18	L3T5	100	0 – 0.40	Tanah	207	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
----	------	-----	----------	-------	-----	---------------	--------------------

Ket. : L = lintasan; T = titik sampel

Memasuki jarak 25 m hingga 50 m dari garis pantai, terjadi penurunan nilai DHL tanah yang sangat drastis pada ketiga lintasan, dengan rentang nilai berkisar antara 144 $\mu\text{S/cm}$ dan 326 $\mu\text{S/cm}$. Nilai tersebut mengindikasikan zona Bebas Intrusi (DHL < 1.000 $\mu\text{S/cm}$) yang sangat aman bagi pertumbuhan tanaman pertanian. Penurunan drastis ini mengonfirmasi adanya batas mekanis alami dispersi garam di dalam tanah teratur menjauhi laut ^[14]. Namun demikian, sebuah fenomena anomali hidrogeologi terjadi pada jarak 75 m dari garis pantai. Pada Lintasan 1 dan Lintasan 2, nilai DHL tanah kembali mengalami lonjakan tajam masing-masing menjadi 1.570 $\mu\text{S/cm}$ dan 1.565 $\mu\text{S/cm}$. Peningkatan ini berdampak linier pada kualitas air di sekitarnya, di mana air Sumur 1 (jarak 86 m) memiliki DHL 1.575 $\mu\text{S/cm}$ dan Sumur 2 (jarak 80 m) mencapai 1.581 $\mu\text{S/cm}$. Nilai ini menunjukkan bahwa telah terjadi intrusi ringan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman pertanian. Intrusi ringan dengan tingkat hambatan ringan hingga sedang (*Slight to Moderate Restriction*) jika nilai DHL air tanah berada dalam rentang 700 – 3.000 $\mu\text{S/cm}$ ^[10]. Penggunaan air dari kedua sumur ini secara terus-menerus akan memicu cekaman salinitas kronis dan menurunkan potensi hasil panen (*yield potential*) tanaman hortikultura sensitif.

Anomali spasial pada jarak 75–86 m ini erat kaitannya dengan hukum kesetimbangan hidrogeologi pesisir urban. Kawasan Rumah Tiga dicirikan oleh kepadatan permukiman dan operasional fasilitas publik berskala besar seperti RSUP Dr. Leimena. Aktivitas antropogenik berupa pemompaan air tanah secara intensif dari akuifer bebas menurunkan hulu hidrolik (*hydraulic head*) air tawar lokal, yang memicu pembentukan corong penurunan (*cone of depression*). Sesuai dengan prinsip dasar

hidrodinamika air tanah, kondisi ini membalikkan arah gradien hidrolik dan mempercepat laju infiltrasi lateral air laut ke daratan ^{[15],[16],[17]}. Kondisi struktural ini diperparah oleh heterogenitas lapisan batuan di bawah permukaan. Keberadaan rekahan litologi atau lapisan pasir dengan kelulusan air tinggi dapat bertindak sebagai jalur cepat (*preferential pathways*) bagi aliran air asin subpermukaan ^[18]. Dinamika anomali spasial parametrik mengidentifikasi adanya zona-zona pencemaran air tanah asimetris di pesisir Kota Ambon ^[19] akibat interaksi antara struktur geologi lokal dan tekanan domestik perkotaan ^[3]. Kondisi ini berbeda secara kontras dengan Lintasan 3, di mana pada jarak 75–100 m nilai DHL tanah tetap stabil rendah (205 – 207 $\mu\text{S/cm}$), dan air Sumur 3 (jarak 30 m) berada pada kategori aman (397 $\mu\text{S/cm}$), karena tidak adanya tekanan pemompaan terpusat pada lintasan tersebut.

Salinitas

Fluktuasi nilai salinitas tanah dan air pada lokasi penelitian menunjukkan pola spasial yang identik dengan parameter DHL. Pada zona bibir pantai (5–7 m), tingkat salinitas tanah tercatat berkisar antara 26,56 ppt hingga 26,94 ppt. Tingginya salinitas pada lapisan atas rizosfer ini disebabkan oleh proses evaporasi intensif yang menarik air asin naik dari permukaan air tanah dangkal melalui pori-pori kapiler tanah, menyisakan kristal garam padat di zona perakaran tanaman ^[5]. Sebaliknya, pada bagian tengah (25–50 m), salinitas tanah merosot ke tingkat tawar antara 0,09 ppt dan 0,21 ppt. Pengukuran salinitas air dan tanah menggunakan metode konduktivitas ini terbukti efektif memberikan gambaran zonasi sebaran ion salin secara aktual di wilayah pesisir ^[20].

Tabel 2. Data Pengukuran Salinitas Tanah dan Air Sumur pada Tiga Lintasan

No	Titik	Jarak (m)	Kedalaman (m)	Sampel	Salinitas (‰)	Kondisi Intrusi	Prediksi Dampak terhadap tanaman
1	L1T1	7	0 – 0.40	Tanah	26.56	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
2	L1T2	25	0 – 0.40	Tanah	0.15	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
3	L1T3	50	0 – 0.40	Tanah	0.09	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
4	L1T4	75	0 – 0.40	Tanah	1.00	Intrusi Ringan	Pertumbuhan agak terhambat
5	Sumur 1	86	3.0	Air	1.01	Intrusi Ringan	Pertumbuhan agak terhambat
6	L1T5	100	0 – 0.40	Tanah	0.14	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
7	L2T1	5	0 – 0.40	Tanah	26.94	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
8	L2T2	25	0 – 0.40	Tanah	0.21	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
9	L2T3	50	0 – 0.40	Tanah	0.11	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
10	L2T4	75	0 – 0.40	Tanah	1.00	Intrusi Ringan	Pertumbuhan agak terhambat
11	Sumur 2	80	7.0	Air	1.01	Intrusi Ringan	Pertumbuhan agak terhambat
12	L2T5	100	0 – 0.40	Tanah	0.22	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
13	L3T1	7	0 – 0.40	Tanah	25.79	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
14	L3T2	25	0 – 0.40	Tanah	0.16	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
15	Sumur 3	30	5.0	Air	0.25	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
16	L3T3	50	0 – 0.40	Tanah	0.15	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
17	L3T4	75	0 – 0.40	Tanah	0.13	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman
18	L3T5	100	0 – 0.40	Tanah	0.13	Bebas intrusi	Aman untuk tanaman

Ket. : L = lintasan; T = titik sampling

Pada titik anomali pada jarak 75 m, kadar salinitas tanah meningkat kembali menjadi 1,0 ppt. Peningkatan ini mentransfer sifat payau ke badan air sumur di sekitarnya. Air Sumur 1 dan Sumur 2 memiliki nilai salinitas yang seragam, yaitu sebesar 1,01 ppt. Nilai ini telah melampaui batas ambang air tawar alami (<0,5 ppt), menandakan bahwa akuifer dangkal di kawasan tersebut telah mengalami pencampuran (*mixing*) dengan komponen air laut ^[21]. Daerah pesisir yang mengalami infiltrasi air laut dengan tingkat salinitas > 1 ppt sudah menunjukkan gejala intrusi aktif yang membutuhkan pembatasan zonasi pemanfaatan air permukaan ^[4].

Tingginya salinitas pada Sumur 1 dan 2 menjadi ancaman serius bagi kelayakan air irigasi untuk tanaman pertanian. Keberadaan

ion klorida (Cl⁻) dan natrium (Na⁺) yang dominan dalam air terintrusi bertindak sebagai racun bagi tanaman *non-halofit*. Akumulasi garam menghambat serapan hara esensial, merusak turgor sel, dan memicu klorosis daun, yang pada akhirnya menurunkan kapasitas produksi biologis tanaman secara masif^[10]. Karakteristik hidrogeokimia ini menegaskan adanya evolusi kimia air tanah pesisir dari tipe *fasies* tawar menuju *fasies* salin akibat pasokan muatan ion klorida laut yang konstan ^{[22],[23]}. Sebaliknya, tata guna lahan di sekitar Lintasan 3 yang minim aktivitas domestik padat memberikan perlindungan mekanis bagi akuifer dangkal, sehingga Sumur 3 tetap mempertahankan kondisi idealnya dengan kadar salinitas yang sangat rendah, yaitu 0,25 ppt (kategori tawar).

Total Dissolved Solids (TDS)

Pengujian parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) dilakukan menggunakan metode standar pemeriksaan air di laboratorium. Data analisis menunjukkan kadar TDS pada tanah permukaan pada jarak 5 m berkisar antara 26.560 mg/L (Lintasan 1) dan 26.944 mg/L (Lintasan 2). Angka ini mencerminkan

tingginya densitas material padatan terlarut berupa komponen garam-garam halida. Adanya korelasi linear positif yang kuat antara DHL dan TDS telah dibuktikan dalam penelitian. Semakin banyak ion garam terlarut yang terdisosiasi di dalam air, kapasitas hantaran listrik larutan akan semakin meningkat ^[2].

Tabel 3. Data Pengukuran TDS Air Laut dan Air Sumur pada Tiga Lintasan

No	Titik	Jarak (m)	Kedalaman (m)	Sampel	TDS	Kondisi Intrusi	Prediksi Dampak terhadap tanaman
					(mg/L)		
1	L1T1	7	0 – 0.40	Tanah	26560,0	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
2	L2T1	5	0 – 0.40	Tanah	26944,0	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
3	L3T1	7	0 – 0.40	Tanah	25792,0	Air asin	Tidak layak untuk tanaman
4	Sumur 1	86	3.0	Air	1008,0	Intrusi Ringan	Pertumbuhan Agak terhambat
5	Sumur 2	80	7.0	Air	1011,8	Intrusi Ringan	Pertumbuhan Agak terhambat
6	Sumur 3	30	5.0	Air	254,1	Bebas intrusi	Pertumbuhan Agak terhambat

Ket. : L = lintasan; T = titik sampling

Pada sampel air sumur, hasil analisis laboratorium menyajikan kontras antara kelayakan teknis dan legalitas hukum lingkungan yang berlaku di Indonesia dan standar internasional. Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021, ambang batas maksimum TDS yang ditoleransi adalah 1.000 mg/L. Air Sumur 1 (1.008 mg/L) dan Sumur 2 (1.011,8 mg/L) secara legal formal telah dinyatakan tercemar ringan-sedang karena melewati batas baku mutu nasional tersebut.

Secara mekanis hidrogeokimia, tingginya nilai TDS pada air sumur merupakan indikator sensitif terjadinya degradasi akuifer akibat penyusupan air laut. Penggunaan air irigasi dengan nilai TDS > 1.000 mg/L berisiko tinggi memicu akumulasi mineral sekunder yang merugikan pada pori tanah yang berakibat pada penurunan permeabilitas tanah jangka panjang^{[8],[24],[25]}. Di sisi lain, keunggulan performa ditunjukkan oleh Sumur 3 yang terletak pada Lintasan 3 dengan jarak 30 m dari pantai. Meskipun letak geografisnya

secara linier dekat dengan pantai, nilai TDS Sumur 3 tetap berada pada tingkat sangat prima, yaitu sebesar 254 mg/L (jauh di bawah ambang batas kritis). Kondisi ini menunjukkan bahwa zonasi perlindungan air tawar lokal masih terjaga dengan baik pada Lintasan 3^{[9],[26]}.

Kondisi kimia tanah, termasuk salinitas tanah akibat intrusi air laut, berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman^[27]. Ketersediaan air tanah untuk irigasi dipengaruhi oleh potensi akuifer.^{[28],[29]}

Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi penting bagi manajemen pertanian bahwa Sumur 3 berstatus sangat layak sebagai sumber air utama, sedangkan air dari Sumur 1 dan 2 harus dibatasi penggunaannya dan wajib melalui metode pengenceran (*blending*) dengan air tawar sebelum diaplikasikan ke tanaman pertanian sensitif demi mencegah penurunan hasil produksi secara drastis.

KESIMPULAN

Kualitas tanah dan air irigasi di kawasan pesisir Rumah Tiga dapat dibagi atas 3 (tiga) zona, yaitu :

- 1) Zona Kegagalan Panen (Radius 0–7 meter dari pantai) dengan kondisi area ini berstatus "air asin" dengan nilai DHL (40.300–42.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$), salinitas (25,79–26,94 ppt), dan TDS (25.579–26.944 mg/L) yang sangat ekstrem. Area ini sama sekali tidak layak dan tidak aman untuk tanaman pertanian, terutama hortikultura.
- 2) Zona Hambatan Tumbuh/Stunting (Radius 75–86 meter dari pantai) dengan kondisi terjadi "Intrusi Ringan" pada tanah dengan salinitas mencapai 1,00 ppt, kualitas air tanah pada Sumur 1 (TDS 1.008 mg/L) dan Sumur 2 (TDS 1.011,8 mg/L) yang juga berada dalam kategori intrusi ringan. Pertumbuhan tanaman di area ini akan agak terhambat.
- 3) Zona Optimal (radius 25 m, 50 m, dan 100 m dari pantai) dengan tanah pada jarak-jarak tersebut (kecuali titik intrusi ringan di 75 m) serta air pada Sumur 3 dinyatakan "Bebas Intrusi". Nilai salinitasnya sangat rendah ($< 0,25$ ppt) dan TDS Sumur 3 berada pada kondisi ideal (254,1 mg/L). Area dan sumber air ini aman serta sangat layak untuk budidaya tanaman, terutama hortikultura. Tanaman diprediksi dapat tumbuh secara optimal, menyerap nutrisi dengan baik tanpa gangguan salinitas, dan menghasilkan panen yang produktif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhandi, Faurizal, and Widodo, "Analisis pengaruh intrusi air laut terhadap keberadaan air tanah di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah menggunakan metode geolistrik resistivitas," *Indonesian Journal of Applied Physics*, vol. 10, no. 2, pp. 89–96, 2020.
- [2] A. F. Rusydi, "Correlation between conductivity and total dissolved solids in various type of water: A review," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 118, no. 1, p. 012019, 2018.
- [3] D. P. Putra, H. Hendrayana, and B. Santoso, "Pemetaan spasial intrusi air laut pada akuifer bebas di wilayah pesisir urban," *Jurnal Geologi Komunitas*, vol. 14, no. 2, pp. 89–102, 2019.
- [4] W. A. Gemilang and G. Kusumah, "Gejala intrusi air laut di daerah pesisir Padelegan, Pademawu dan sekitarnya," *Jurnal Kelautan*, vol. 9, no. 2, pp. 99–106, 2017.
- [5] H. Pranyoto, S. Utomo, and T. Rahayu, "Pengaruh efek kapiler terhadap salinitas tanah permukaan di zona akuifer terintrusi," *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, vol. 22, no. 1, pp. 15–22, 2020.
- [6] B. Santoso, H. Hendrayana, and D. P. Putra, "Analisis sebaran salinitas tanah akibat intrusi air laut di kawasan pesisir," *Jurnal Geologi Komputasi*, vol. 14, no. 1, pp. 45–56, 2019.
- [7] T. Purwanto and H. Setiadi, "Studi komparasi hidrogeokimia dan batasan akuifer di area pesisir berdasarkan parameter terlarut," *Jurnal Geofisika dan Lingkungan Pesisir*, vol. 11, no. 3, pp. 185–194, 2022.
- [8] R. S. B. Waspodo, S. Kusumarini, and V. A. K. Dewi, "Prediksi intrusi air laut berdasarkan nilai daya hantar listrik dan total dissolved solids di Kabupaten Tangerang," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 8, no. 4, pp. 243–250, 2019.
- [9] E. T. Snalles, W. Fitrada, and S. Y. Lisha, "Analisis intrusi air laut dengan pengukuran total dissolved solids (TDS), daya hantar listrik (DHL) dan salinitas air sumur gali: Studi kasus air sumur gali di Kelurahan Pasir Nan Tigo," *Lingkar:*

- Journal of Environmental Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 57–66, 2023.
- [10] R. S. Ayers and D. W. Westcot, *Water Quality for Agriculture*, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985.
- [11] S. Ritung, K. Nugroho, and A. Mulyani, *Petunjuk Teknis Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Bogor, Indonesia: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, 2011.
- [12] A. D. Werner, M. Bakker, V. E. A. Post, A. Vandenbohede, C. Lu, B. Ataie-Ashtiani, C. T. Simmons, and D. A. Barry, “Seawater intrusion in coastal aquifers: A review of advances and challenges,” *Advances in Water Resources*, vol. 51, pp. 3–26, 2013.
- [13] FAO, *Guidelines for Soil Description*, 4th ed. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
- [14] S. Supriyadi, S. Widada, and A. Satriadi, “Studi distribusi salinitas tanah dan air tanah dangkal di kawasan pesisir,” *Jurnal Kelautan Tropis*, vol. 21, no. 2, pp. 125–132, 2018.
- [15] R. A. Freeze and J. A. Cherry, *Groundwater*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1979.
- [16] C. W. Fetter, *Applied Hydrogeology*, 4th ed. New York, NY, USA: Prentice Hall, 2001.
- [17] D. K. Todd and L. W. Mays, *Groundwater Hydrology*, 3rd ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 2005.
- [18] A. Purwoko and S. Supriyadi, “Studi hambatan litologi terhadap intrusi air laut pada akuifer pesisir,” *Jurnal Fisika Geosains*, vol. 9, no. 2, pp. 112–119, 2021.
- [19] M. R. Latuconsina, N. Satriyo, and D. P. Putra, “Identifikasi intrusi air laut di kawasan pesisir Kota Ambon menggunakan parameter fisika-kimia air tanah,” *Jurnal Ilmu Lingkungan Ambon*, vol. 19, no. 1, pp. 45–56, 2021.
- [20] M. P. Suhana, N. Nuriman, and D. Geri, “Karakteristik sebaran menegak dan melintang suhu dan salinitas perairan Selatan Jawa,” *Dinamika Maritim*, vol. 6, no. 2, pp. 9–11, 2018.
- [21] H. Hendrayana, *Intrusi Air Laut Akuifer Pantai Yogyakarta*. Yogyakarta, Indonesia: Universitas Gadjah Mada, 2013.
- [22] S. N. Davis and R. J. M. De Wiest, *Hydrogeology*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1966.
- [23] C. A. J. Appelo and D. Postma, *Geochemistry, Groundwater and Pollution*, 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2005.
- [24] J. D. Hem, *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*, Water-Supply Paper 2254. New York, NY, USA: U.S. Geological Survey, 1985.
- [25] A. F. Rusydi, G. L. Sari, and N. Rahmawati, “Analisis hubungan total dissolved solids (TDS) terhadap tingkat intrusi air laut pada sumur gali dangkal,” *Jurnal Riset Teknologi Lingkungan*, vol. 24, no. 2, pp. 98–107, 2020.
- [26] T. Purwanto and H. Setiadi, “Studi komparasi hidrogeokimia dan batasan akuifer di area pesisir berdasarkan parameter terlarut,” *Jurnal Geofisika dan Lingkungan Pesisir*, vol. 11, no. 3, pp. 185–194, 2022.
- [27] A. I. Latupapua, “Hubungan pH, Eh, dan EC dengan produksi kelapa rakyat pada tempat tumbuh yang berbeda,” *J. Agrologia*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [28] A. I. Latupapua, “Penyelidikan air tanah dengan metode geolistrik di Desa Dullah Laut Kota Tual,” *J. Agrologia*, vol. 11, no. 1, pp. 12–20, 2022.

- [29] A. I. Latupapua, “Identifikasi akuifer di kawasan wisata Pantai Kuber Kota Tual,” *J. Agrologia*, vol. 11, no. 2, pp. 115–124, 2022.