

KAJIAN INTRUSI AIR LAUT DI SURABAYA UTARA

Konstantinus Datom¹ dan Soebagio^{2*}

^{1&2*}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XXV No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

E-mail: ¹konstantinusdatom@gmail.com & ^{2*}mrbag212@uwks.ac.id

(*) Penulis Korespondensi

ABSTRAK: Air merupakan sumber kehidupan yang digunakan untuk berbagai kebutuhan, seperti pertanian, industri, dan rumah tangga. Meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan tingginya ketergantungan masyarakat pada air tanah, meskipun sebagian menggunakan air PDAM. Untuk menghemat biaya, masyarakat cenderung memanfaatkan air tanah untuk kebutuhan sehari-hari. Namun, pengambilan air tanah berlebih dapat menurunkan muka air tanah, menciptakan perbedaan tinggi muka air tanah dengan air laut, sehingga memicu intrusi air laut. Gejala ini ditandai oleh rasa payau pada air sumur. Penelitian sebelumnya menunjukkan intrusi air laut di Kecamatan Kenjeran, namun kajian lebih lanjut diperlukan di kecamatan lain di Surabaya Utara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya intrusi air laut di Surabaya Utara dan memetakan persebaran intrusi air laut, serta dapat memperkirakan sejauh mana intrusi air laut masuk ke wilayah daratan di Surabaya Utara. Penelitian ini menggunakan metode survei pada air sumur warga. Data dikumpulkan melalui pengujian kualitas air secara langsung (*in-situ*) dan laboratorium (*ex-situ*), mencakup parameter fisik dan kimia mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017. Intrusi air laut diidentifikasi berdasarkan nilai daya hantar listrik (DHL) dan rasio klorida-bikarbonat (R). Penyebab keasinan air tanah dianalisis menggunakan fasies hidrokimia menggunakan diagram Piper. Pemetaan intrusi dilakukan menggunakan program *Surfer 16*. Hasil penelitian menunjukkan adanya intrusi air laut di Surabaya Utara, dengan nilai DHL 1000–2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, yang termasuk kategori air payau. Sebagian besar sampel dengan nilai rasio klorida-bikarbonat lebih dari satu ($R > 1$), mengindikasikan terjadinya intrusi air laut dengan tingkat sedang hingga agak tinggi di Surabaya Utara. Analisis fasies hidrokimia dengan sampel air dominan masuk kategori *Mixed Type*, yang mengindikasikan keasinan air tanah tidak hanya disebabkan oleh air laut, tetapi juga pelarutan mineral di akuifer. Hasil pemetaan intrusi air laut yang berdasarkan pada nilai Daya Hantar Listrik dan rasio klorida – bikarbonat menunjukkan bahwa nilai tertinggi mempunyai jarak ± 2 km dari garis pantai.

Kata Kunci : Air Sumur, Intrusi Air Laut, Kualitas Air

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang fundamental dan unsur penting bagi kehidupan. Air dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pertanian, peternakan, industri, kebutuhan rumah tangga dan lain-lain. Air mempunyai peranan penting dalam penyediaannya diseluruh dunia. Mengingat pentingnya peran air, maka sangat diperlukan adanya sumber air yang dapat menyediakan air, baik dari segi kuantitas dan kualitas. Sumber air biasanya berasal dari air permukaan, air tanah dan air hujan (Riyanti dkk.,2022). Salah satu alternatif yang digunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan akan air yaitu dengan mengeksploitasi air tanah. Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah (Sahwilaka dkk.,2014). Air tanah berada dalam formasi geologi yang tembus air (*permeable*) yang disebut akuifer. Akuifer adalah lapisan yang terdapat di bawah tanah yang mengandung

formasi batu – batuan yang mampu melepaskan air dalam jumlah yang banyak. Air yang keluar dalam jumlah banyak mampu membentuk mata air (Nailufar,2020). Melalui akuifer inilah air tanah dapat diambil untuk berbagai kebutuhan manusia. Meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan masyarakat akan air pun ikut meningkat. Sebagian masyarakat menggunakan air tanah untuk memenuhi kebutuhan sehari – hari. Namun, cara pengambilan air tanah sering kali tidak sesuai dengan prinsip hidrologi. Eksploitasi air tanah tanpa tata kelola air yang benar dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kondisi dan lingkungan sumber daya air. Masalah ini juga terjadi di wilayah Surabaya Utara yang sebagian masyarakatnya bergantung pada air tanah. Surabaya Utara adalah bagian dari kota Surabaya, yang merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur yang dikenal sebagai Kota Pahlawan. Secara geografis, terletak di 7°9'-7°21' Lintang Selatan dan 112° 36' – 112° 54' Bujur Timur. Kota Surabaya berbatasan dengan

IAN INTRUSI AIR LAUT DI SURABAYA UTARA

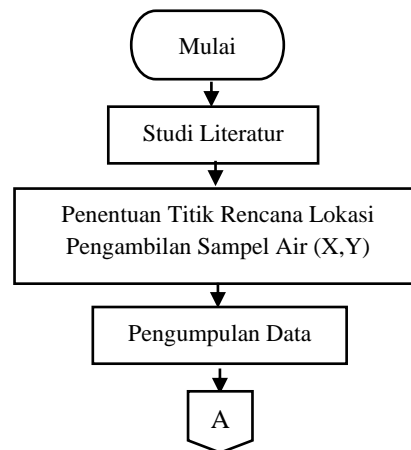
(Konstantinus Datom, Soebagio)

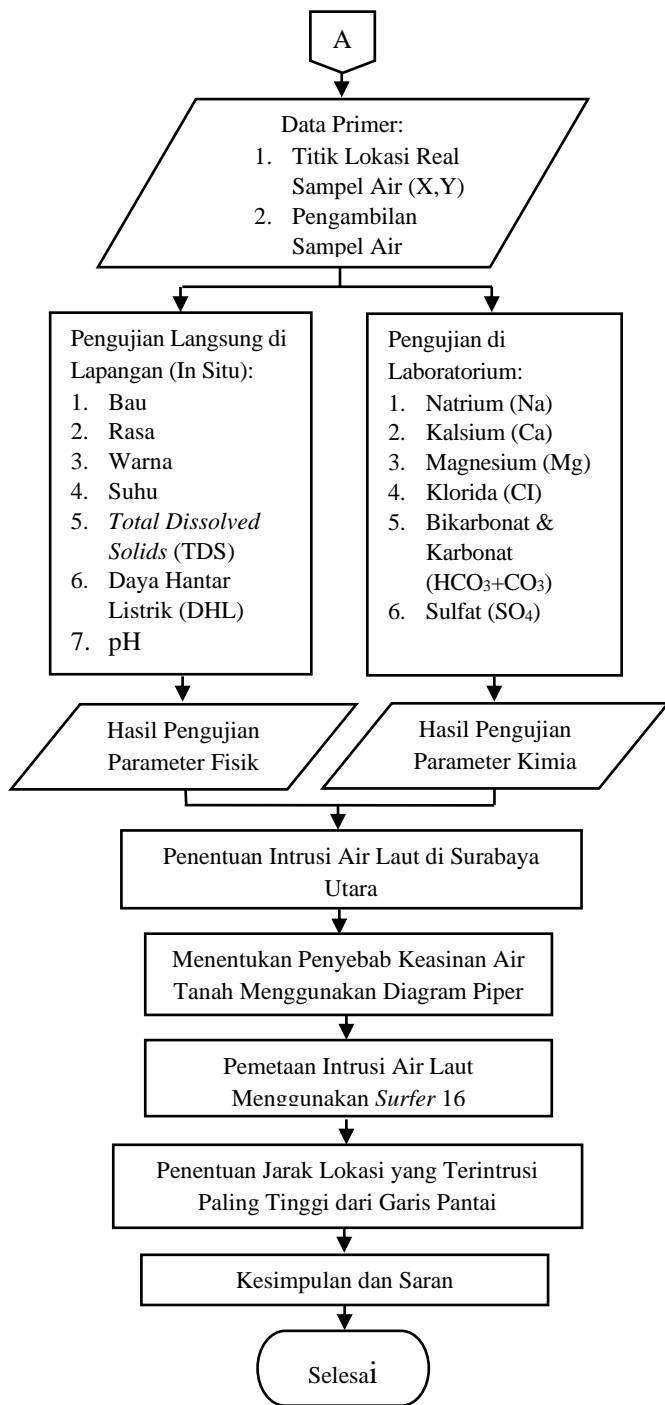
Selat Madura di utara dan timur, Kabupaten Sidoarjo di selatan, dan Kabupaten Gresik di barat. Surabaya Utara merupakan daerah dengan populasi penduduk yang cukup padat. Sebagian besar masyarakatnya mengandalkan air tanah dangkal untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, meskipun beberapa juga menggunakan air dari PDAM. Namun, untuk menghemat biaya, masyarakat tetap menggunakan air tanah dangkal. Apabila pengambilan air tanah yang berlebihan dapat menciptakan ruang kosong di bawah permukaan tanah, yang pada akhirnya menyebabkan perbedaan tinggi muka air tanah dan air laut. Ruang kosong tersebut diisi oleh air laut, sehingga terjadi intrusi air laut. Fenomena ini menjadi kekhawatiran masyarakat karena air yang awalnya tawar berubah menjadi asin dan tidak layak untuk digunakan dalam kebutuhan sehari-hari. Intrusi air laut adalah penyusupan air laut ke dalam pori – pori tanah dan atau batuan yang akan menyebabkan air tanah yang awalnya tawar berubah menjadi payau atau asin (Ariyanto,2016). Secara alami, air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan karena air tanah memiliki tekanan piezometrik yang lebih kuat dibandingkan air laut, sehingga terbentuklah batas kesetimbangan antara air laut dan air tanah (*interface*). Intrusi air laut dapat menyebabkan perubahan komposisi kimia air tanah, mengakibatkan peningkatan kadar garam yang tinggi. Peningkatan kadar garam ini dapat merusak infrastruktur, seperti menyebabkan korosi pada material bangunan yang terbuat dari logam, seperti beton dan baja. Korosi ini dapat mengurangi umur pakai bangunan dan infrastruktur lainnya, meningkatkan biaya perawatan dan perbaikan, serta mengancam keselamatan pengguna bangunan. Intrusi air laut juga mempengaruhi ketersediaan air bersih untuk konstruksi. Air bersih sangat diperlukan dalam proses pencampuran beton dan dalam berbagai aplikasi konstruksi lainnya. Air yang sudah terkontaminasi garam tidak dapat digunakan karena dapat mempercepat kerusakan bahan konstruksi. Masalah ini tidak hanya berdampak pada aspek konstruksi bangunan, tetapi juga berpotensi mengancam kesehatan masyarakat setempat. Air yang terkontaminasi garam dapat menyebabkan masalah kulit, seperti kulit menjadi lengket dan sabun yang sulit berbusa. Intrusi air laut ditandai dengan air yang berasa payau hingga asin. Kebanyakan besar penduduknya mengeluhkan kondisi air sumurnya terasa asin dan didukung oleh studi terdahulu yang dilakukan oleh Muhammad Martadinata Ramadhan pada tahun 2017 di Kecamatan Kenjeran Kota Surabaya. Jumlah populasi yang diambil sebanyak 135, dan

terdapat 8 sampel yang terindikasi asin. Sampel yang terindikasi asin berada disekitar ± 750 m dari bibir pantai. Hal ini menunjukkan kemungkinan terjadinya intrusi air laut di Kecamatan Kenjeran Kota Surabaya. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut di wilayah lain di Surabaya Utara untuk mengetahui apakah wilayah tersebut juga mengalami intrusi air laut. Pemilihan lokasi penelitian juga dipengaruhi oleh keterbatasan pendanaan sehingga wilayah studinya hanya daerah Surabaya Utara. Permasalahan intrusi air laut yang terjadi di Surabaya Utara dapat diteliti pada sumur penduduk di daerah tersebut karena air sumur merupakan air permukaan yang dapat mengindikasikan, apakah terjadi intrusi air laut di wilayah Surabaya Utara. Parameter yang digunakan untuk mengkaji masalah intrusi air laut di Surabaya Utara dapat dilakukan dengan cara analisis fisik meliputi warna, bau, rasa, kekeruhan, suhu, DHL, dan analisis kimia meliputi kandungan ion – ion yang banyak terlarut dan kesadahan (Ramadhan,2017). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “KAJIAN INTRUSI AIR LAUT DI SURABAYA UTARA”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah intrusi air laut telah terjadi di Surabaya Utara berdasarkan hasil uji parameter, serta untuk memetakan wilayah-wilayah yang terintrusi air laut. Dengan demikian, penelitian ini dapat memperkirakan sejauh mana air laut masuk ke daratan wilayah Surabaya Utara.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan sebuah penelitian digunakan metodologi sebagai acuan atau tahapan dalam mengerjakan penelitian tersebut. Tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini diringkas dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2024. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 14 sampel, yang menyebar di beberapa kecamatan di bagian Utara dan sebagian di wilayah Timur Surabaya. Penetapan titik lokasi sampel menggunakan google earth setpro. Setelah lokasi titik sampel ditetapkan berdasarkan titik

kordinat, langkah selanjutnya yaitu pengambilan sampel air dari sumur penduduk sesuai dengan lokasi yang ditetapkan. Data yang diperoleh meliputi, kordinat realisasi lokasi di lapangan (Tabel 1), nama dan alamat pemilik sumur pengambilan titik sampel. Pengukuran kualitas air dilakukan secara *in situ* (di lapangan) menggunakan alat portabel yang berupa parameter fisik, yaitu bau, rasa, warna, pH, Total Zat Padat Terlarut (TDS) dan Daya Hantar Listrik (DHL). Sedangkan pengambilan sampel air untuk parameter yang tidak dapat dilakukan pengujian secara langsung di lapangan menggunakan botol yang diberi kode khusus untuk menghindari penukaran sampel. Setelah pengambilan, sampel air dibawah ke laboratorium untuk dilakukan analisis. Parameter yang dianalisis meliputi parameter kimia,yaitu Natrium (Na), Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Klorida (Cl), Bikarbonat (HCO3), Karbonat (CO3) dan Sulfat (SO4). Data kordinat GPS pengambilan sampel air didokumentasikan dengan menggunakan aplikasi *Time Stamp*. Hasil pengujian kualitas air untuk parameter fisik dilihat pada Tabel 2. dan kimia dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Titik Rencana Lokasi Pengambilan Sampel Air

No. Sampel	Kordinat Lokasi Rencana	
	Latitude	Longitude
S1	7°12'35.00"S	112°46'12.78"E
S2	7°12'52.67"S	112°45'7.19"E
S3	7°13'16.40"S	112°45'44.63"E
S4	7°13'52.17"S	112°45'56.69"E
S5	7°13'40.65"S	112°45'3.88"E
S6	7°14'24.19"S	112°45'18.15"E
S7	7°14'42.74"S	112°44'50.08"E
S8	7°15'9.87"S	112°44'23.36"E
S9	7°13'24.58"S	112°46'45.04"E
S10	7°13'58.09"S	112°47'6.17"E
S11	7°14'36.25"S	112°46'2.69"E
S12	7°15'6.74"S	112°45'29.23"E
S13	7°15'34.66"S	112°45'3.34"E
S14	7°13'28.48"S	112°44'31.09"E

IAN INTRUSI AIR LAUT DI SURABAYA UTARA
(Konstantinus Datom, Soebagio)

Tabel 2. Data Kualitas Air Sumur Dengan Parameter Fisik

Titik	Bau	Rasa	Warna	Suhu (°C)	TDS (ppm)	pH	DHL
Baku Mutu	Tidak Berbau	Tidak Berasa	Tidak Berwarna	26 – 31	500	6,5 – 8,5	1000
S1	Tidak berbau	Payau	Tidak Berwarna	29.4	608	7.19	1217
S2	Berbau	Tidak berasa	Berwarna	29	557	6.93	1116
S3	Tidak berbau	Payau	Berwarna	28.6	933	7.13	1863
S4	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	29.3	741	6.98	1479
S5	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	29.2	571	6.84	1167
S6	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	29.2	479	7.01	1011
S7	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	28.4	527	6.61	1019
S8	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	29.4	495	6.73	994
S9	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	28	635	6.88	1268
S10	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	29	588	6.86	1180
S11	Berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	29.3	648	7.1	1244
S12	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	27.8	702	6.86	1402
S13	Tidak berbau	Tidak berasa	Tidak Berwarna	28.7	478	6.86	959
S14	Berbau Busuk	Berasa Asin	Berwarna	34	502	6.61	1014
Max	-	-	-	34	933	7,19	1863
Min	-	-	-	27,8	478	6,61	959

Tabel 3. Data Kualitas Air Sumur Dengan Parameter Kimia

Titik	Na (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
Baku Mutu	-	-	150	250	-	-	250
S1	101	83.2	3.89	101.34	0	60.5	18.63
S2	68	66	10.69	65.48	0	40.5	21.26
S3	6	57.6	22.6	280.91	0	98.5	20.53
S4	147	72.4	9.72	200.94	0	54.5	19.58
S5	80	73.6	17.01	63.48	0	54.5	20.42
S6	56	90	9.23	72.23	0	44.5	15.68
S7	47	96.4	2.92	64.23	0	43.5	15.68
S8	57	95.2	13.85	69.98	0	53	6.63
S9	120	84	11.42	81.97	0	68.5	16.95
S10	97	73.6	19.93	85.47	0	55.5	39.16
S11	86	101.2	15.8	106.72	0	61.5	7.26
S12	84	140.8	15.8	115.71	0	69	17.89
S13	56	101.6	22.6	51.98	0	52.5	19.05
S14	66	75.2	22.36	31.74	0	58.5	13.58
Max	147	140,8	22,6	280,91	0	98,5	39,16
Min	6	57,6	2,92	31,74	0	40,5	6,63

3.1 Penentuan Intrusi Air Laut

3.1.1 Berdasarkan Nilai Daya Hantar Listrik

Penentuan intrusi air laut berdasarkan kandungan Daya Hantar Listrik (DHL), dilakukan dengan mengukur kemampuan air tanah dalam menghantarkan arus listrik, yang dipengaruhi oleh jumlah dan jenis ion terlarut dalam air. Ion – ion seperti klorida (Cl), natrium (Na), dan magnesium (Mg) berperan penting dalam meningkatkan konduktivitas listrik air tanah. Konsentrasi ion-ion ini biasanya meningkat

akibat pengaruh intrusi air laut, yang membawa mineral terlarut ke dalam akuifer. Semakin tinggi kandungan ion-ion tersebut, semakin besar nilai DHL yang terukur (Kololu,2023). Menurut Ruseffandi dan Gusman (2020), klasifikasi air tanah berdasarkan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) dapat dikelompokkan menjadi empat bagian yang menggambarkan tingkat keasinan serta adanya indikasi intrusi air laut. Klasifikasi air tanah berdasarkan nilai DHL yaitu, air tawar (0 - 1000 µS/cm), air payau (1000 – 2000 µS/cm), air asin (2000 – 10000 µS/cm), sangat

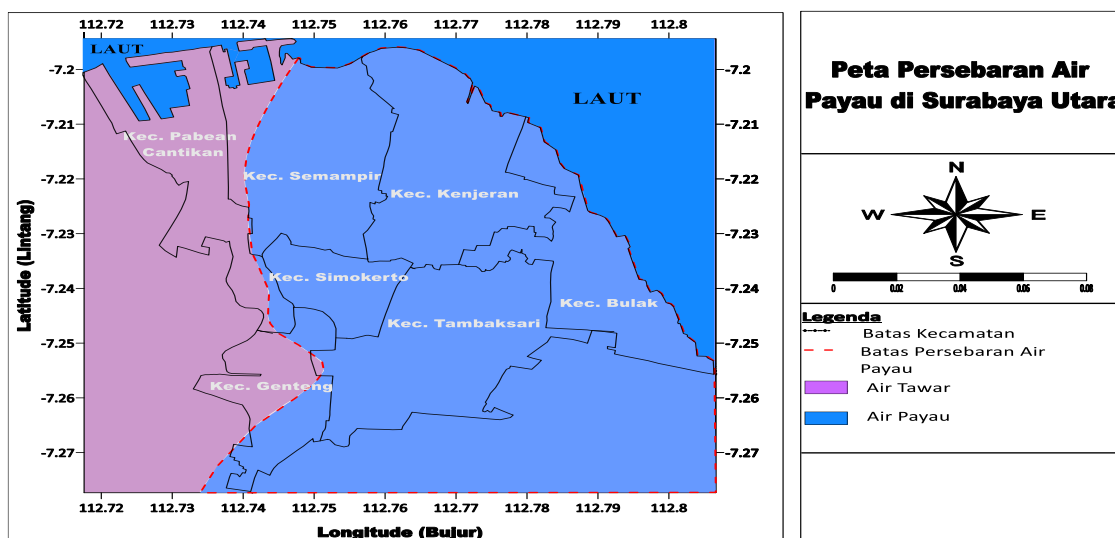
asin (>10000 $\mu\text{S/cm}$). Hasil penentuan intrusi air laut berdasarkan nilai DHL pada lokasi penelitian disajikan dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Penentuan Intrusi Air Laut Berdasarkan Kandungan DHL

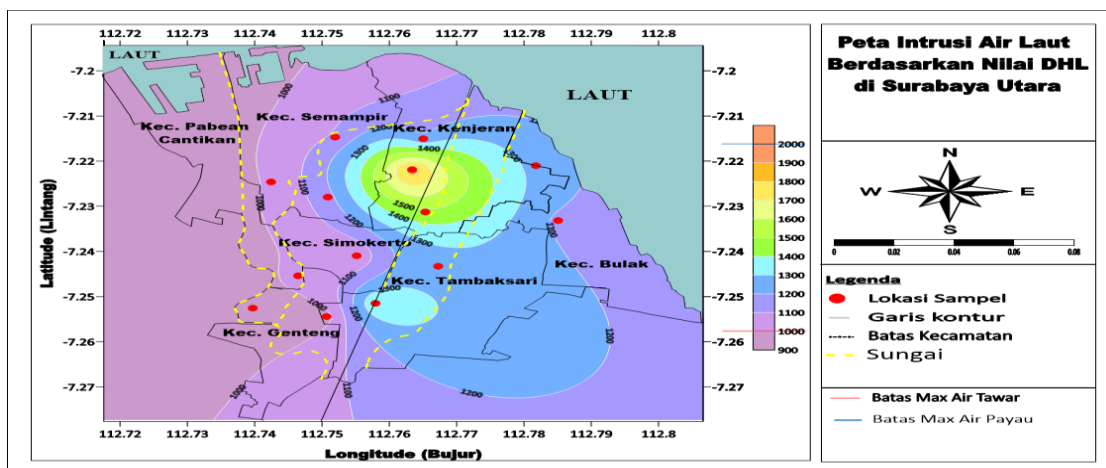
Titik	DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Keterangan
S1	1217	Air Payau
S2	1116	Air Payau
S3	1863	Air Payau
S4	1479	Air Payau
S5	1167	Air Payau
S6	1011	Air Payau
S7	1019	Air Payau

Titik	DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Keterangan
S8	994	Air Tawar
S9	1268	Air Payau
S10	1180	Air Payau
S11	1244	Air Payau
S12	1402	Air Payau
S13	959	Air Tawar
S14	1014	Air Payau

Hasil pemetaan akan ditampilkan dalam bentuk 2D seperti yang terlihat pada **Gambar 2**. (peta persebaran air payau) dan **Gambar 3**. (peta intrusi air laut berdasarkan nilai DHL).



Gambar 2. Peta Persebaran Air Payau di Surabaya Utara



Gambar 3. Peta Intrusi Air Laut di Surabaya Utara Berdasarkan Daya Hantar Listrik (DHL)

Berdasarkan hasil pemetaan dengan batas kecamatan dan interval kontur 100, dapat disimpulkan bahwa nilai Daya Hantar Listrik (DHL) paling tinggi sebagian besar ditemukan di Kecamatan Kenjeran. Dan dari hasil pemetaan

persebaran air payaunya, dengan tujuan untuk mengetahui batas antara air tawar dan air asin atau payau, dapat disimpulkan bahwa pada kecamatan Kenjeran, Kecamatan Bulak, Kecamatan Tambaksari dan hampir seluruh pada

IAN INTRUSI AIR LAUT DI SURABAYA UTARA (Konstantinus Datom, Soebagio)

Kecamatan Semampir dan Simokerto serta sebagian wilayah kecamatan Genteng sudah masuk kategori air payau. Ini mengindikasikan bahwa adanya intrusi air laut, yang dimana intrusi air laut ditandai dengan gejala air tanah yang berasa payau.

3.1.2 Berdasarkan Ratio Klorida-Bikarbonat

Metode ini didasarkan pada perbandingan antara konsentrasi ion klorida (Cl), yang berasal dari air laut, dengan konsentrasi ion bikarbonat (HCO_3), yang umumnya ada dalam air tawar (Cahyadi dkk.,2017). Pada kondisi normal, air tanah yang belum terkontaminasi akan memiliki rasio klorida-bikarbonat yang rendah, karena ion klorida yang terlarut umumnya berasal dari air laut. Berdasarkan teori Revelle, hubungan nilai rasio klorida – bikarbonat dan tingkat penyusupan air laut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian:

a. Air tawar, apabila nilai $R < 0,5$

- b. Terjadi penyusupan air laut sedikit, apabila nilai R antar $0,5 - 1,3$
- c. Terjadi penyusupan air laut sedang, apabila nilai R antar $1,3 - 2,8$
- d. Terjadi penyusupan air laut agak tinggi, apabila nilai R antar $2,8 - 6,6$
- e. Terjadi penyusupan air laut tinggi, apabila nilai R antar $6,6 - 15,5$
- f. Air laut, apabila nilai R $15,5 - 20$

Berikut hasil perhitungan dengan metode rasio klorida dan karbonat-bikarbonat pada titik sampel S1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Titik lokasi sampel} &= \text{S1} \\ \text{Kandungan DHL} &= 1217 \mu\text{S/cm} \\ \text{Kandungan Cl} &= 101,34 \text{ mg/l} \\ \text{Kandungan CO}_3 &= 60,5 \text{ mg/l} \\ \text{Kandungan HCO}_3 &= 0 \text{ mg/l} \\ R &= \frac{101,34}{0,5+0} \\ &= 1,68 \end{aligned}$$

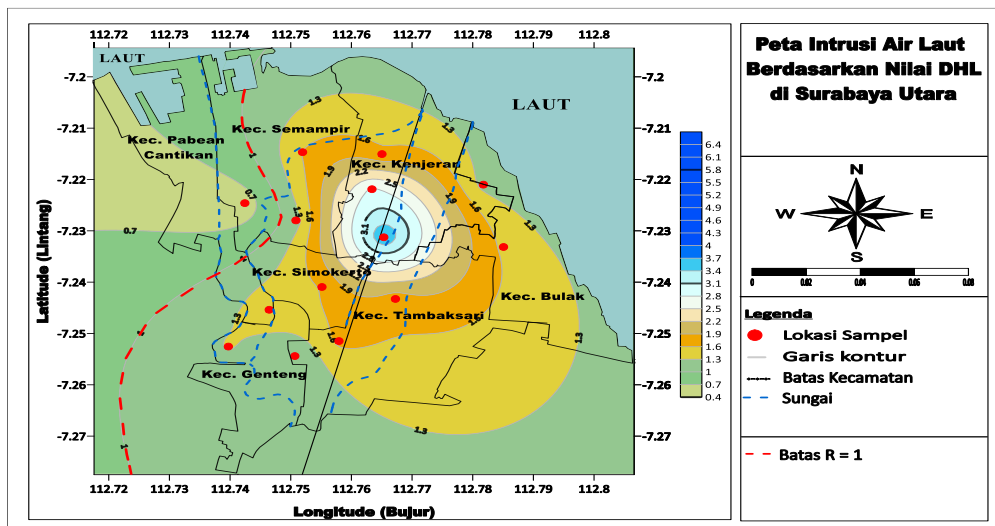
Hasil lengkap perhitungan nilai rasio untuk menentukan intrusi air laut, pada setiap titik sampelnya dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Penentuan Intrusi Air Laut Berdasarkan Teori Ravelle

Titik	Cl	CO ₃ + HCO ₃	R	Keterangan
-	mg/L	mg/L	-	-
S1	101.34	60.5	1.68	Terjadi penyusupan air laut sedang
S2	65.48	40.5	1.62	Terjadi penyusupan air laut sedang
S3	280.91	98.5	2.85	Terjadi penyusupan air laut agak tinggi
S4	200.94	54.5	3.69	Terjadi penyusupan air laut agak tinggi
S5	63.48	54.5	1.16	Terjadi penyusupan air laut sedikit
S6	72.23	44.5	1.62	Terjadi penyusupan air laut sedang
S7	64.23	43.5	1.48	Terjadi penyusupan air laut sedang
S8	69.98	53	1.32	Terjadi penyusupan air laut sedang
S9	81.97	68.5	1.20	Terjadi penyusupan air laut sedikit
S10	85.47	55.5	1.54	Terjadi penyusupan air laut sedang
S11	106.72	61.5	1.74	Terjadi penyusupan air laut sedang
S12	115.71	69	1.68	Terjadi penyusupan air laut sedang
S13	51.98	52.5	0.99	Terjadi penyusupan air laut sedikit
S14	31.74	58.5	0.54	Terjadi penyusupan air laut sedikit

Hasil pemetaan intrusi air laut akan disajikan dalam bentuk 2D, seperti yang ditampilkan pada **Gambar 4**. Dengan informasi ini, diharapkan pemerintah dapat memberikan edukasi dan

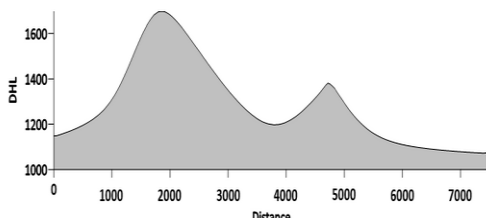
peringatan kepada masyarakat mengenai penggunaan air tanah yang aman dan berkelanjutan.



Gambar 4. Peta Intrusi Air Laut Berdasarkan Nilai Ratio (R) di Surabaya Utara

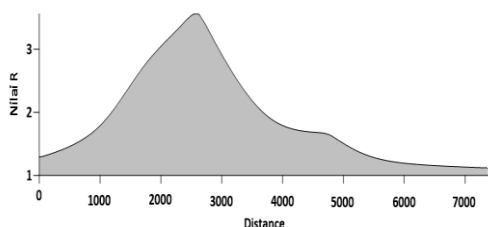
3.2 Potongan Penampang Hasil Pemetaan

Potongan penampang ini dibuat berdasarkan arah aliran sungai. Melalui penampang ini, dapat terlihat sejauh mana intrusi air laut masuk daratan di Surabaya Utara. Hasil potongan penampang dari pemetaan berdasarkan nilai Daya Hantar Listrik dapat dilihat pada Gambar 5. dan potongan penampang dari pemetaan berdasarkan nilai perbandingan klorida-bikarbonat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Potongan Penampang Hasil Pemetaan Berdasarkan Nilai DHL

Hasil potongan penampang menunjukkan bahwa jarak nilai DHL tertinggi dari garis pantai adalah ±2 km



Gambar 6. Potongan Penampang Hasil Pemetaan Berdasarkan Nilai R

Berdasarkan potongan penampang, wilayah yang terintrusi air laut ±2 km dari garis pantai.

3.3 Fasies Hidrokimia Air Tanah Di Lokasi Penelitian

Fasies hidrokimia air adalah kategori yang digunakan untuk mendeskripsikan sifat kimia air berdasarkan kandungan kation dan anion (Hisnan dkk.,2020). Analisis fasies hidrokimia air tanah dilakukan dengan menggunakan diagram piper yang berfungsi untuk mengidentifikasi sifat kimia air tanah (Wandira dkk.,2020). Dengan menggunakan diagram piper dapat mengetahui sifat air tanah yang menunjukkan bahwa air di lokasi penelitian benar terintrusi oleh air laut atau disebabkan hal lain seperti pelarutan mineral pada batuan akuifer. Sebelum memplot ke dalam diagram piper, adapun langkah – langkah perhitungan sebagai berikut:
Titik lokasi sampel = S1

Kandungan Kation:

- Natrium (Na) = 101 mg/l
- Kalsium (Ca) = 83,2 mg/l
- Magnesium (Mg) = 3,89 mg/l

Kandungan anion:

- Klorida (Cl) = 101,34 mg/l
- Karbonat (CO3) = 60,5 mg/l
- Bikarbonat (HCO3) = 0
- Sulfat (SO4) = 18,63 mg/l

Berat Atom (Tabel 2.3):

- Natrium (Na) = 22,9898
- Kalsium (Ca) = 20,04
- Magnesium (Mg) = 12,156
- Klorida (Cl) = 35,5
- Karbonat (CO3) = 61
- Bikarbonat (HCO3) = 60
- Sulfat (SO4) = 96

Konversi satuan dari mg/l ke meq:

IAN INTRUSI AIR LAUT DI SURABAYA UTARA
(Konstantinus Datom, Soebagio)

Tabel 6. Nilai Berat Atom dari Setiap Kandungan

Parameter	Berat Atom
Na	22,9898
Ca	20,04
Mg	12,156
Cl	35,5
HCO ₃	61
CO ₃	60
SO ₄	96

$$\text{Meq} = \frac{\text{Meq (ppm)}}{\text{Berat Atom}}$$

$$\text{Na} = \frac{101}{22,9898} = 4,39$$

$$\text{Ca} = \frac{83,2}{20,04} = 4,15$$

$$\text{Mg} = \frac{3,89}{12,156} = 0,32$$

$$\text{Cl} = \frac{101,34}{35,5} = 2,85$$

$$\text{CO}_3 = \frac{60,5}{61} = 1,01$$

$$\text{HCO}_3 = \frac{0}{60} = 0$$

$$\text{SO}_4 = \frac{18,63}{96} = 0,19$$

Selanjutnya, menghitung persentase tiap – tiap kation terhadap total kation dan persentase tiap – tiap anion terhadap total anion. Sehingga dapat diperoleh sebagai berikut:

Persentase kandungan kation:

$$\text{Na\%} = \frac{4,39}{(4,39+4,15+0,32)} \times 100\% = 49,55 \%$$

$$\text{Ca\%} = \frac{4,15}{(4,39+4,15+0,32)} \times 100\% = 46,84 \%$$

$$\text{Mg\%} = \frac{0,32}{(4,39+4,15+0,32)} \times 100\% = 3,61\%$$

Cek:

% kation = 100 %

$$100 \% = 49,55\% + 46,84\% + 3,61\%$$

$$100 \% = 100 \% \quad \text{OK}$$

Persentase kandungan anion:

$$\text{Cl \%} = \frac{2,85}{(2,85+1,01+0+0,19)} \times 100\% = 70,36 \%$$

$$\text{CO}_3 \% = \frac{1,01}{(2,85+1,01+0+0,19)} \times 100\% = 24,85 \%$$

$$\text{HCO}_3\% = \frac{0}{(2,85+1,01+0+0,19)} \times 100\% = 0$$

$$\text{SO}_4 \% = \frac{0,19}{(2,85+1,01+0+0,19)} \times 100\% = 4,78 \%$$

Cek:

% anion = 100 %

$$100 \% = 70,36\% + 24,85\% + 0 + 4,78 \%$$

$$100 \% = 100 \% \quad \text{OK}$$

Hasil perhitungan lengkapnya untuk konversi satuan dan persentase kation pada setiap titik sampel air disajikan dalam **Tabel 7**. Dan hasil perhitungan lengkap untuk konversi satuan dan persentase anion pada setiap titik lokasi sampel air disajikan dalam **Tabel 8**.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil perhitungan Persentase Kation

Titik Sampel	Kation				Persentasi Kation			Total % Kation
	Na	Ca	Mg	Jumlah Kation	Na	Ca	Mg	
	meq	meq	meq	meq	%	%	%	%
S1	4.39	4.15	0.32	8.86	49.55	46.84	3.61	100
S2	2.96	3.29	0.88	7.13	41.51	46.14	12.34	100
S3	0.26	2.87	1.86	4.99	5.21	57.52	37.27	100
S4	6.39	3.61	0.8	10.8	59.17	33.43	7.41	100
S5	3.48	3.67	1.4	8.55	40.70	42.92	16.37	100
S6	2.44	4.49	0.76	7.69	31.73	58.39	9.88	100
S7	2.04	4.81	0.24	7.09	28.77	67.84	3.39	100

S8	2.48	4.75	1.14	8.37	29.63	56.75	13.62	100
S9	5.22	4.19	0.94	10.35	50.43	40.48	9.08	100
S10	4.22	3.67	1.64	9.53	44.28	38.51	17.21	100
S11	3.74	5.05	1.3	10.09	37.07	50.05	12.88	100
S12	3.65	7.03	1.3	11.98	30.47	58.68	10.85	100
S13	2.44	5.07	1.86	9.37	26.04	54.11	19.85	100
S14	2.87	3.75	1.84	8.46	33.92	44.33	21.75	100

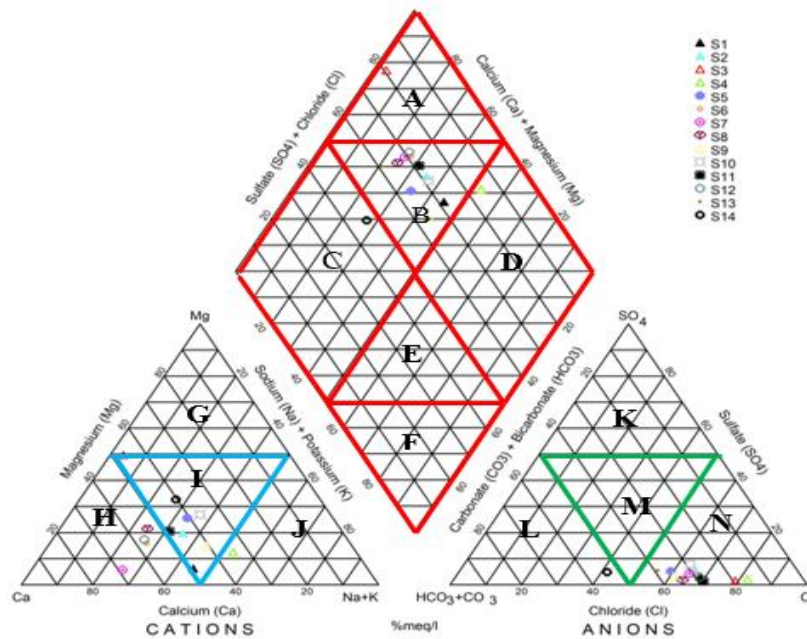
Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Persentase Anion

Kode Sampel	Anion				Jumlah Anion	Persentase Anion				Total % Anion
	Cl	HCO ₃	CO ₃	SO ₄		Cl	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	
	meq	meq	meq	meq		%	%	%	%	
S1	2.85	0	1.01	0.19	4.06	70.36	0	24.85	4.78	100
S2	1.84	0	0.68	0.22	2.74	67.29	0	24.63	8.08	100
S3	7.91	0	1.64	0.21	9.77	81.01	0	16.81	2.19	100
S4	5.66	0	0.91	0.20	6.77	83.58	0	13.41	3.01	100
S5	1.79	0	0.91	0.21	2.91	61.47	0	31.22	7.31	100
S6	2.03	0	0.74	0.16	2.94	69.21	0	25.23	5.56	100
S7	1.81	0	0.73	0.16	2.70	67.07	0	26.88	6.05	100
S8	1.97	0	0.88	0.07	2.92	67.42	0	30.21	2.36	100
S9	2.31	0	1.14	0.18	3.63	63.66	0	31.47	4.87	100
S10	2.41	0	0.93	0.41	3.74	64.37	0	24.73	10.91	100
S11	3.01	0	1.03	0.08	4.11	73.20	0	24.96	1.84	100
S12	3.26	0	1.15	0.19	4.60	70.92	0	25.02	4.05	100
S13	1.46	0	0.88	0.20	2.54	57.70	0	34.48	7.82	100
S14	0.89	0	0.98	0.14	2.01	44.47	0	48.49	7.04	100

Setelah perhitungan persentase kation dan anion, langkah selanjutnya adalah memplot ke dalam diagram piper. Analisa diagram piper menggunakan *software* Rockworks17. Hasil plot digaram piper dapat dilihat pada **Gambar 7**. Dari

hasil plot tersebut, sampel air pada lokasi diklasifikasi sesuai fasies air tanah berdasarkan teori Back.

IAN INTRUSI AIR LAUT DI SURABAYA UTARA
(Konstantinus Datom, Soebagio)



Gambar 7. Diagram Piper

Keterangan:

A= Calcium chloride type, B= Mixed type, C= Magnesium bicarbonate type, D= Sodium chloride type, E=Mixed type, F=Sodium bicarbonate type, G= Magnesium, H= Calcium type, I= No dominant type, J=Sodium and potassium, K=Sulphate type, L= Bicarbonate type, M= No dominant type, N= Chloride type.

Dari hasil analisis hidrokimia air tanah menggunakan diagram piper pada 14 sampel, ditemukan bahwa titik sampel S1, S2, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, dan S13 masuk dalam kategori *Mixed Type*, yang menunjukkan tidak adanya dominasi ion utama, baik kation maupun anion. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel air pada lokasi tersebut kemungkinan besar merupakan hasil pencampuran dari berbagai sumber, seperti air hujan, air permukaan, dan air laut, yang mengalami proses pelarutan mineral dari lapisan geologi yang berbeda. Sampel-sampel ini menggambarkan adanya zona transisi antara air tawar dan air payau. Dari hasil analisa perhitungan teori Revelle juga menunjukkan bahwa titik sampel S1, S2, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, dan S13 menggambarkan penyusupan air laut dengan tingkat intrusi sedikit hingga sedang. Sebagai hasilnya, lokasi-lokasi ini menunjukkan adanya zona transisi antara air tawar dan air payau. Ini menunjukkan bahwa air payau pada sampel air di lokasi penelitian bukan tercemar oleh air laut. Sementara itu, sampel S3 termasuk dalam kategori *Calcium Chloride Type*, yang menunjukkan dominasi ion kalsium

(Ca) dan klorida (Cl) dalam komposisi air tanah. Kondisi ini dapat mengindikasikan adanya intrusi air laut, di mana ion klorida berasal dari air laut yang masuk ke dalam air tanah. Hasil perhitungan menggunakan teori Revelle mendukung temuan ini, menunjukkan bahwa tingkat keasinan pada titik sampel S3 disebabkan oleh penyusupan air laut dengan tingkat yang lebih tinggi, yang juga diperkuat oleh nilai daya hantar listrik. Nilai Daya hantar listrik air tanah di lokasi tersebut berada dalam kategori payau. Hal ini, menunjukkan bahwa air payau pada lokasi penelitian terjadi karena terkontaminasi dengan air laut (terintrusi). Pada titik sampel S4 masuk dalam kategori *Sodium Chloride Type*, yang ditandai dengan dominasi ion natrium (Na) dan klorida (Cl). Kondisi ini menunjukkan tingkat intrusi air laut yang lebih tinggi atau adanya pengaruh evaporasi yang dapat meningkatkan konsentrasi ion-ion tersebut di dalam air tanah. Hasil perhitungan nilai ratio klorida-bikarbonat (R) untuk titik sampel S4 menunjukkan bahwa penyusupan air laut di lokasi ini tergolong agak tinggi, yang mengindikasikan adanya pengaruh intrusi air laut. Nilai daya hantar listrik (DHL) juga mengklasifikasikan sampel air di lokasi ini sebagai air payau, yang berarti air tersebut sudah tercemar oleh air laut. Di sisi lain, titik sampel S14 termasuk dalam *Magnesium Bicarbonate Type*, yang didominasi oleh ion magnesium (Mg) dan bikarbonat (HCO_3). Hal ini menunjukkan pengaruh dominan dari pelarutan batuan karbonat kaya magnesium, seperti dolomit, yang

lebih terkait dengan daerah *recharge* air hujan dan relatif terisolasi dari pengaruh intrusi air laut. Perhitungan nilai R untuk titik sampel S14 menunjukkan adanya penyusupan air laut dengan tingkat sedikit dan didukung nilai DHL yang tergolong dalam kondisi agak payau di mana nilai DHLnya 1014 $\mu\text{S/cm}$ mendekati 1000 $\mu\text{S/cm}$. Ini menunjukkan bahwa air payau pada lokasi penelitian bukan tercemar oleh air laut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pemetaan intrusi air laut di Surabaya Utara dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian parameter kualitas air tanah yang didasarkan pada parameter fisik terkait Daya Hantar Listrik (DHL), diketahui telah terjadi intrusi air laut di Surabaya Utara. Dari 14 sampel yang diuji, 2 sampel memiliki nilai DHL di bawah 1000 $\mu\text{S/cm}$, yang tergolong air tawar, sedangkan 12 sampel lainnya memiliki nilai DHL antara 1000–2000 $\mu\text{S/cm}$, yang tergolong air payau. Hasil pemetaan persebaran air tanah berdasarkan nilai DHL, juga menunjukkan bahwa wilayah Kecamatan Kenjeran, Bulak, Tambaksari, hampir seluruh Kecamatan Semampir dan Simokerto, serta sebagian Kecamatan Genteng telah masuk kategori air payau. Sementara itu, pemetaan dengan rasio klorida-bikarbonat menggunakan interval kontur 0,3, disimpulkan bahwa sebagian wilayah di Kecamatan Kenjeran mengalami tingkat penyusupan air laut yang agak tinggi. Sementara itu, sebagian wilayah di Kecamatan Kenjeran, Semampir, Bulak, Genteng, Simokerto, dan Tambaksari mengalami penyusupan air laut dengan tingkat sedang. Sedangkan penyusupan air laut dengan tingkat rendah ada di sebagian wilayah Kecamatan Kenjeran, Bulak, Simokerto, dan Genteng. Dengan demikian, intrusi air laut yang berdasarkan pada nilai Daya Hantar Listrik (DHL) dan rasio klorida-bikarbonat, nilai tertinggi yang terkena intrusi air laut mempunyai jarak ± 2 km dari garis pantai.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, G. (2016). *Kondisi Intrusi Air Laut Terhadap Kondisi Kualitas Air Tanah di Kota Surabaya*. Jurnal Purifikasi, 16(2). <https://doi.org/10.12962/j25983806.v16.i2.40>
- Cahyadi, A., Adji, T. N., Marfai, M. A., Novianaru, S., & Agniy, R. F. (2017). *Analisis Dampak Intrusi Air Laut Terhadap Airtanah di Pulau Koral Pramuka, DKI Jakarta*. Majalah Geografi Indonesia, 31(2), 61.

<https://doi.org/10.22146/mgi.23725>

- Hisan, N. K., Bernaldo, P. A., Jasaputra, L. D., & Arhananta, A. (2020, July). *Hidrokimia Air Tanah Manifestasi Gedongsongo Panasbumi Ungaran, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia*. In Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN) (Vol. 2, No. 1, pp. 489-493).
- Kololu, M. (2023). *Fenomena Intrusi Air Laut di Daerah Pesisir Hunuth, Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku*. Journal of Science, Technology, and Visual Culture, 3(3), 335-345.
- Nailufar, N. N. 2020. *Pengertian Akuifer dan Macamnya*. Kompas.com. Tersedia di: <https://www.kompas.com/> (Diakses: pada tanggal 29 Mei 2024)
- Ramadhan, M. M. (2017). *Kajian Tentang Air Asin Pada Ai Tanah Dangkal di Kecamatan Kenjeran Kota Surabaya*. Geografi, 92, 8–9.
- Riyanti, W., Rahayu, S. Y. S., & Fauzie, A. K. (2022). *Analisis Pengaruh Jumlah Penduduk Terhadap Salinitas Air Tanah Di Wilayah Pesisir Karawang*. Barometer, 7(2), 69–77. <https://doi.org/10.35261/barometer.v7i2.5845>
- Ruseffandi, M. A., & Gusman, M. 2020. *Pemetaan Kualitas Airtanah Berdasarkan Parameter Total Dissolved Solid (TDS) dan Daya Hantar Listrik (DHL) dengan Metode Ordinary Kriging Di Kec. Padang Barat, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat*. Journals Mining Engineering: Bina Tambang, 5(1), 153-162.
- Sahwilaka, J., & Kustini, I. (2014). *Pengaruh Airlaut Terhadap Kualitas Airtanah Dangkal di Kawasan Pantai Kota Surabaya*. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, 3(3), 241-247.
- Wandira, N. A., Deliana, A., & Junedi, H. (2020). *Kualitas Sub DAS Siulak dan Batang Merao Daerah Mukai Tinggi dan sekitarnya, Kecamatan Siulak Mukai, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi*. Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN).