

Pembuatan Peta Kerawanan Salinitas di Wilayah Pesisir Kecamatan Panggungrejo Kota Pasuruan

Mohamad Zenurianto*, Mona Shinta Safitri, Devi Zettyara, R. A. Mariyana

Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Email: mzenurianto@polinema.ac.id*, mona.shinta@polinema.ac.id,
devizett@polinema.ac.id, raden.ajeng@polinema.ac.id

Keywords:

Coastal; Salinity; Intrusion; map.

Abstract

The phenomenon of seawater intrusion, namely the seepage of salt water into the groundwater layer, is a serious concern in coastal areas, including Panggungrejo District, Pasuruan City, which has a coastline directly adjacent to the Java Sea. This study aims to analyze the relationship between coastline distance and groundwater salinity levels and visualize the spatial distribution of salinity in Panggungrejo District. The study used a quantitative approach with field survey methods and Geographic Information System (GIS)-based spatial mapping. Groundwater sampling was carried out at 10 points spread across the coastal area of Panggungrejo District, including shallow wells, water sources, and fishpond areas. The parameters measured included salinity (ppt), electrical conductivity (EC), and pH. Spatial analysis was carried out using a GIS-based heatmap method to visualize the distribution of salinity. The results showed salinity values ranging from 0.1 to 0.8 ppt, with the highest values found at points adjacent to the fishpond area in the northern part of Panggungrejo District. Spatial analysis shows a negative correlation between distance from the coastline and salinity values, where the moderate salinity zone (0.5–1.0 ppt) is concentrated in the northern part adjacent to the ponds, while the low salinity zone (<0.5 ppt) dominates the southern part of the study area. The resulting salinity vulnerability map provides a visual depiction of the level of vulnerability and the direction of the distribution of saltwater influence from the coast towards the mainland. This study recommends controlling groundwater utilization, mangrove rehabilitation, and coastal environmental conservation to maintain water quality and the sustainability of the lives of coastal communities in Pasuruan City.

Kata Kunci:

Pesisir; Salinitas; Intrusi; peta.

Abstrak

Fenomena intrusi air laut, yaitu perembesan air asin ke dalam lapisan air tanah, menjadi perhatian serius di wilayah pesisir, termasuk Kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan, yang memiliki garis pantai berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara jarak garis pantai dengan tingkat salinitas air tanah dan memvisualisasikan sebaran spasial salinitas di Kecamatan Panggungrejo. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei lapangan dan pemetaan spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Pengambilan sampel air tanah dilakukan pada 10 titik yang tersebar di wilayah pesisir Kecamatan Panggungrejo, meliputi sumur dangkal warga, sumber

air, dan area tambak. Parameter yang diukur meliputi salinitas (ppt), konduktivitas listrik (EC), dan pH. Analisis spasial dilakukan menggunakan metode heatmap berbasis SIG untuk memvisualisasikan sebaran salinitas. Hasil penelitian menunjukkan nilai salinitas berkisar antara 0,1 hingga 0,8 ppt, dengan nilai tertinggi ditemukan pada titik yang berdekatan dengan kawasan tambak di bagian utara Kecamatan Panggungrejo. Analisis spasial menunjukkan adanya korelasi negatif antara jarak dari garis pantai dan nilai salinitas, di mana zona salinitas sedang (0,5–1,0 ppt) terkonsentrasi di bagian utara yang berdekatan dengan tambak, sedangkan zona salinitas rendah (<0,5 ppt) mendominasi bagian selatan wilayah penelitian. Peta kerawanan salinitas yang dihasilkan memberikan gambaran visual mengenai tingkat kerawanan dan arah persebaran pengaruh air asin dari pantai menuju daratan. Penelitian ini merekomendasikan pengendalian pemanfaatan air tanah, rehabilitasi mangrove, dan konservasi lingkungan pesisir untuk menjaga kualitas air dan keberlanjutan hidup masyarakat pesisir Kota Pasuruan.

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Ketersediaan air bersih yang cukup, baik secara kuantitas maupun kualitas, menjadi salah satu faktor utama dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Namun, di wilayah pesisir, keberadaan air tawar semakin terancam oleh fenomena intrusi air laut, yaitu perembesan air asin ke dalam lapisan air tanah ((BIG), 2023; Aini & Sumarno, 2021; Ainun & Prasetyo, 2020; Bear et al., 1999). Fenomena ini sering terjadi akibat eksploitasi air tanah yang berlebihan, kenaikan permukaan air laut akibat perubahan iklim, serta penurunan muka tanah ((EPA), 2012; Effendi, 2003; Fetter, 2001).

Intrusi air laut membawa dampak signifikan, terutama pada sumber daya air tanah yang menjadi tumpuan utama masyarakat pesisir. Air tanah yang terkontaminasi air asin tidak lagi layak untuk digunakan sebagai air minum, pertanian, maupun kebutuhan industri (Ghyben, 1889; Handayani & Wibowo, 2019; Hendra, 2017; Herzberg, 1901). Akibatnya, keberlanjutan sosial dan ekonomi masyarakat di kawasan pesisir dapat terganggu. Oleh karena itu, pemetaan intrusi air laut menjadi langkah penting untuk memahami sejauh mana dampaknya, serta sebagai dasar perencanaan mitigasi dan pengelolaan sumber daya air yang lebih baik (Kurniawan & Nugroho, 2022; Prahasta, 2014; Rahmawati & Sudarsono, 2018; Team, 2023).

Fenomena intrusi air laut, yaitu perembesan air asin ke dalam lapisan air tanah, menjadi perhatian di wilayah pesisir, termasuk Kecamatan Panggungrejo yang terletak di Kota Pasuruan, memiliki garis pantai yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa (Susilo, 2020; Sutrisno, 2019; Todd & Mays, 2005). Meskipun data spesifik mengenai tingkat intrusi air laut di kecamatan ini terbatas, beberapa indikasi menunjukkan adanya dampak dari intrusi tersebut. Salah satu upaya yang dilakukan untuk menahan intrusi air laut dan abrasi pantai adalah dengan melibatkan masyarakat dalam penanaman vegetasi pantai, seperti mangrove, yang dapat berfungsi sebagai penahan alami terhadap perembesan air asin ((USGS), 2022; Wijaya, 2018).

Pembuatan peta intrusi air laut bertujuan untuk memberikan gambaran spasial mengenai daerah-daerah yang terdampak, sehingga memudahkan pengambilan keputusan bagi

pemerintah, peneliti, maupun masyarakat setempat. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan data yang akurat mengenai sebaran intrusi air laut dan faktor-faktor yang memengaruhinya, serta memberikan kontribusi bagi pengelolaan sumber daya air secara terpadu di kawasan pesisir.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada beberapa aspek. Pertama, penelitian ini secara spesifik memetakan kerawanan salinitas di Kecamatan Panggungrejo menggunakan pendekatan heatmap berbasis SIG yang menghasilkan visualisasi sebaran spasial salinitas yang lebih mudah diinterpretasikan. Kedua, penelitian ini mengintegrasikan data lapangan (salinitas, EC, pH) dengan analisis spasial berbasis SIG untuk menghasilkan peta kerawanan yang komprehensif. Ketiga, penelitian ini menggunakan pendekatan heatmap dengan gradasi warna yang menunjukkan tingkat salinitas dari rendah hingga tinggi, sehingga memudahkan identifikasi zona-zona kritis. Keempat, penelitian ini memberikan rekomendasi kebijakan berbasis data spasial untuk pengelolaan sumber daya air di wilayah pesisir.

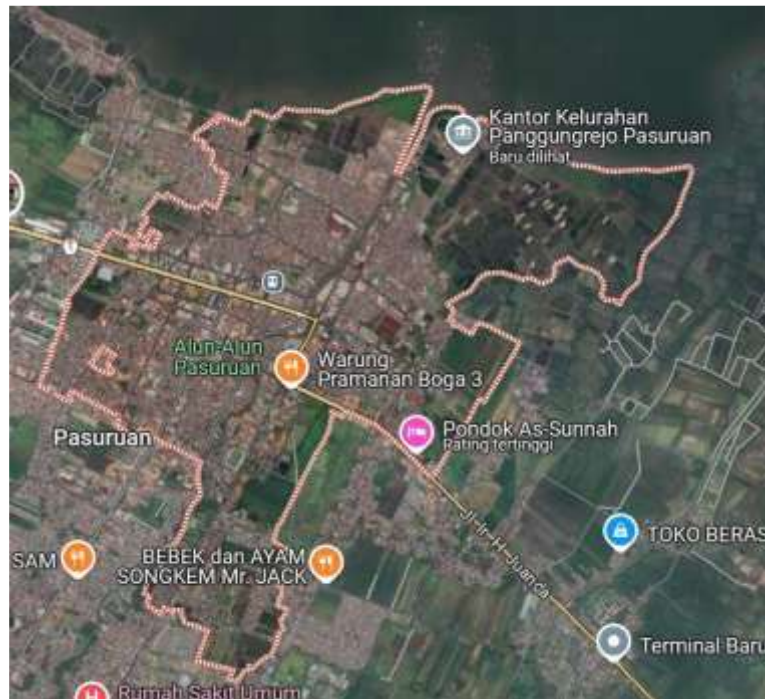
Berdasarkan uraian yang ada telah disampaikan di atas maka dalam penelitian ini dapat di rumuskan permasalahan yang akan di bahas yaitu : 1) Bagaimana menganalisis hubungan jarak garis Pantai dan salinitas air pada air tanah di sumur dangkal pada daerah pesisir Kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan yang diduga terdampak intrusi air laut? 2) Bagaimana menggambarkan peta salinitas air tanah di kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan?

Adapun batasan – batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) Kajian intrusi air laut hanya dilakukan di pesisir Kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan dengan jarak 2 km dari bibir pantai. 2) Pengambilan sample air dilakukan pada sumur dangkal dan sumber air permukaan di area permukiman, kawasan industri dan daerah wisata serta sebagian tambak warga. 3) Hasil penelitian **tidak mencakup** dampak dari intrusi air laut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab perumusan masalah di atas, yaitu: 1) Menganalisis hubungan antara jarak garis Pantai dan salinitas air pada air tanah di sumur dangkal pada kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan yang diduga terdampak intrusi air laut. 2) Mengetahui gambar peta salinitas air tanah di kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian



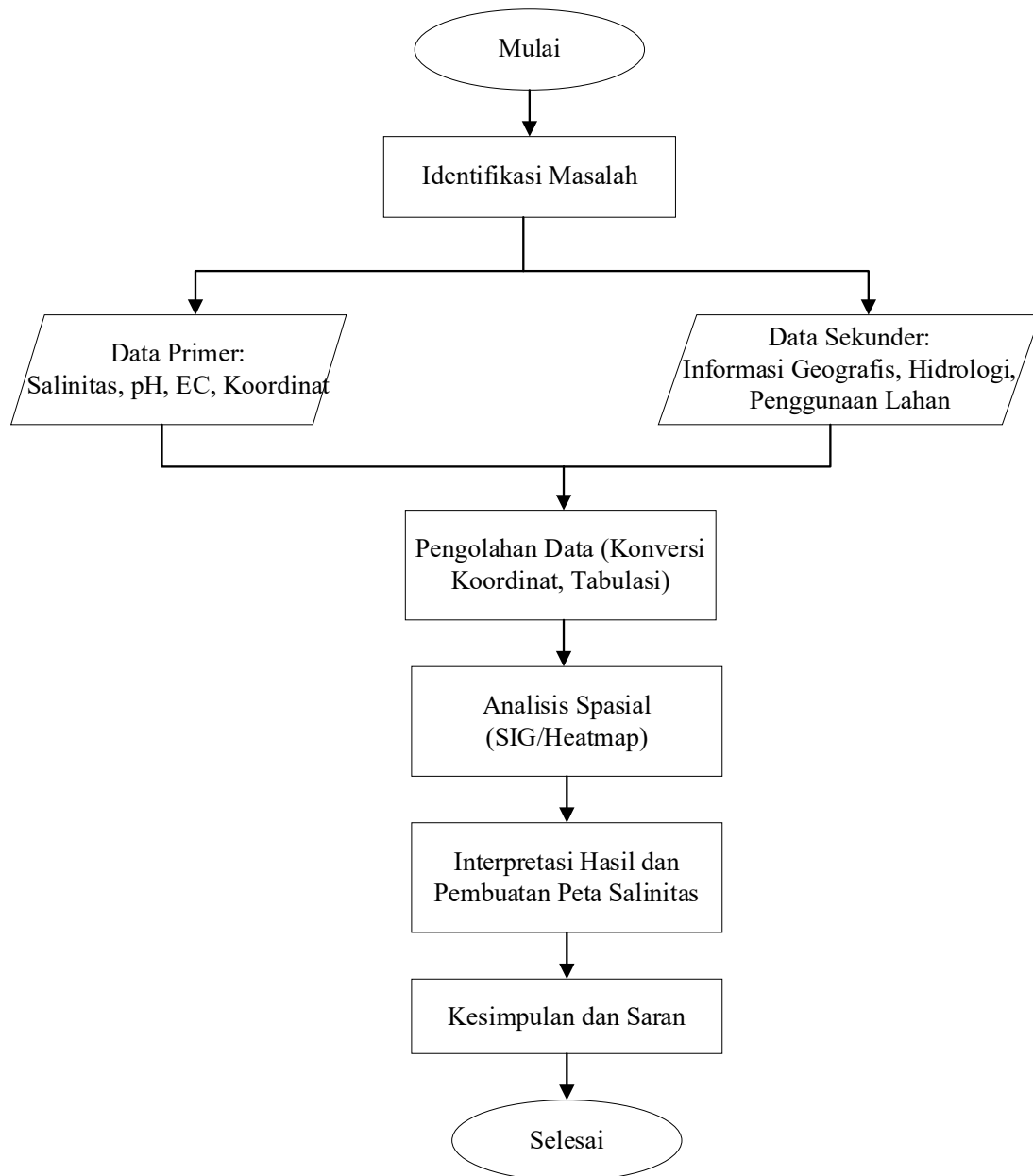
Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Maps)

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan. Kecamatan Panggungrejo adalah salah satu dari empat kecamatan yang ada di Kota Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis, kecamatan ini terletak di bagian selatan Kota Pasuruan. Kecamatan Panggungrejo memiliki luas wilayah sebesar 7,83 km², yang merupakan sekitar 22,19% dari total luas Kota Pasuruan. Berdasarkan data tahun 2015, Kecamatan Panggungrejo memiliki kepadatan penduduk tertinggi di Kota Pasuruan, dengan angka mencapai 8.265 jiwa per km². Secara umum, penggunaan lahan di wilayah perkotaan seperti Panggungrejo meliputi area permukiman, fasilitas umum, perdagangan, dan ruang terbuka hijau. Dengan kepadatan penduduk yang tinggi, Kecamatan Panggungrejo merupakan area yang vital dalam struktur perkotaan Kota Pasuruan.

Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah gambar diagram alir untuk penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu dimulai dari penentuan lokasi yang akan diteliti. Penelitian ini dibuat dengan sistematika yang jelas dan teratur, sebagaimana penelitian ilmiah dibuat, supaya didapatkan hasil yang memuaskan dan dapat dipertanggung jawabkan. Oleh karena itu pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap yaitu:

1. Tahap persiapan.

Pada tahap ini akan dipilih lokasi salah satu daerah pesisir di Kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan untuk menjadi objek kajian terkait pengujian salinitas dan pembuatan peta salinitas pada wilayah tersebut. Selain itu dilakukan studi pustaka terkait penelitian-

penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, utamanya tentang topik pengujian salinitas di wilayah pesisir Kota Pasuruan.

2. Pengumpulan Data Primer dan Sekunder:

- a. Data primer: Pengukuran kualitas air tanah berupa salinitas dan survei lapangan.
- b. Data sekunder: Informasi geografis, hidrologi, dan penggunaan lahan.

3. Analisis Data:

- a. Mengolah data hidrokimia atau geofisika untuk menentukan sebaran zona intrusi air laut.
- b. Menerapkan model spasial menggunakan perangkat lunak SIG untuk memetakan tingkat intrusi.

4. Interpretasi dan Visualisasi:

- a. Membuat peta yang menunjukkan zona-zona kritis, seperti wilayah dengan salinitas tinggi.
- b. Menyertakan legenda, skala, dan informasi pendukung lainnya.

5. Validasi Peta:

- a. Melakukan validasi dengan membandingkan hasil peta dengan data lapangan untuk memastikan akurasi.

6. Tahap penyusunan kesimpulan dan saran

Berdasarkan hasil analisis salinitas dan pembuatan peta yang telah dilakukan, selanjutnya akan disusun kesimpulan dari keseluruhan kajian yang dilakukan dan menyusun saran perbaikan terkait pembuatan peta intrusi air laut apabila diperlukan serta pengendalian dan pengelolaan intrusi air laut di wilayah pesisir Kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan agar sasaran dari penelitian ini dapat tercapai secara maksimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil Pengukuran di lapangan

Pengukuran kadar salinitas dilakukan di beberapa titik pengamatan yang tersebar di wilayah pesisir Kecamatan Panggungrejo. Setiap titik pengukuran dipilih berdasarkan representasi kondisi perairan, meliputi area dekat muara sungai, perairan pesisir, hingga titik yang lebih menjauh ke arah laut.

Hasil pengukuran menunjukkan adanya variasi kadar salinitas pada setiap lokasi yang dipengaruhi oleh jarak dari garis pantai, kedekatan dengan aliran sungai, serta aktivitas pasang surut. Secara umum, kadar salinitas pada titik pengukuran yang berada di dekat muara sungai relatif lebih rendah karena adanya pencampuran dengan air tawar, sedangkan pada titik yang berada lebih jauh dari daratan kadar salinitasnya lebih tinggi dan mendekati kondisi perairan laut normal. Berikut hasil pengukuran kadar salinitas sesuai dengan pengukuran yang dilakukan di lapangan:

Tabel 1 Hasil Pengukuran Kadar Salinitas di Pesisir Kecamatan Panggungrejo

Nama Titik	Koordinat Titik Pengukuran	Salinitas (ppt)	EC	pH
Sumur 1	112°54'24.05"T 7°37'42.61"S	0,75	2,14	9,10

Sumur 2	112°54'29.50"T 7°37'45.03"S	0,8	2,14	9,10
Sumur 3	112°54'35.32"T 7°37'46.26"S	0,8	2,14	9,10
Tambak	112°54'36.21"T 7°37'44.44"S	0,8	2,14	9,10
Sumber Air Masjid	112°54'36.94"T 7°37'49.84"S	0,8	2,14	9,10
Sumur 6	112°54'36.06"T 7°37'47.96"S	0,8	2,14	9,10
Sumur 7	112°54'26.69"T 7°37'50.88"S	0,8	2,14	9,10
Sumur 8	112°54'33.16"T 7°37'48.17"S	0,8	2,14	9,10
Sumur 9	112°54'40.82"T 7°37'51.09"S	0,8	2,14	9,10
Sumber Air Perkantoran	112°54'36.16"T 7°37'54.45"S	0,1	3,2	10,0



Gambar 3 Pengambilan Sampel Daerah Pesisir



Gambar 4 Lokasi Tambak Penelitian



Gambar 5 Lokasi Hutan Mangrove



Gambar 6 Pengambilan Air Sumur Warga



Gambar 7 Kondisi Sumur Warga



Gambar 8 Hasil Pengukuran Salinitas (kiri) dan PH (Kanan)

Dari hasil pemetaan peta keseluruhan pada di atas didapatkan, hubungan antara kandungan Ec, Salt, pH, dan Resistensi adalah kandungan tersebut sangat berpengaruh saat terjadinya intrusi air laut. Penyebaran kandungan tersebut sangat cepat jika masyarakat sekitar wilayah pesisir pantai sering menggunakan air tanah yang berlebihan dan melewati batas maksimum.

Perbedaan nilai salinitas ini memberikan gambaran bahwa wilayah pesisir Kecamatan Panggungrejo memiliki dinamika perairan yang dipengaruhi oleh faktor alami (pasang surut, curah hujan, dan aliran sungai) maupun aktivitas manusia. Informasi ini penting untuk mengetahui kondisi kualitas perairan pesisir yang dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan sumber daya pesisir dan laut secara berkelanjutan.

Sebaran Nilai Salinitas

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, nilai salinitas pada sepuluh titik pengamatan di wilayah Kecamatan Panggungrejo berkisar antara 0,1 ppt hingga 0,8 ppt. Titik dengan nilai salinitas tertinggi mencapai 0,8 ppt, yang ditemukan pada lokasi-lokasi seperti sumur warga di sekitar tambak dan sumber air di area pesisir. Sedangkan nilai salinitas terendah, yaitu 0,1 ppt, terdapat pada sumber air di area perkantoran yang relatif jauh dari kawasan tambak dan memiliki kondisi topografi lebih tinggi.

Kisaran nilai tersebut mengindikasikan bahwa kondisi air tanah di Kecamatan Panggungrejo masih berada dalam kategori rendah hingga sedang, dengan kecenderungan peningkatan salinitas pada wilayah yang lebih dekat dengan aktivitas perikanan dan pesisir.

Analisis Spasial Peta Salinitas

Proses analisis spasial dilakukan untuk mengetahui sebaran nilai salinitas di wilayah Kecamatan Panggungrejo secara visual dan geospasial. Analisis ini menggunakan pendekatan pemodelan spasial berbasis heatmap, dengan bantuan sistem informasi geografis (SIG).

Adapun langkah-langkah analisis dilakukan sebagai berikut:

1. **Pengumpulan Data Lapangan**

Data diperoleh dari hasil pengukuran lapangan di sepuluh titik lokasi, meliputi sumur warga, sumber air, dan area tambak. Setiap titik dicatat nilai salinitas (ppt), konduktivitas listrik (EC), pH, serta koordinat geografisnya (lintang dan bujur).

2. **Konversi Koordinat**

Koordinat yang diperoleh dalam format derajat–menit–detik (DMS) dikonversi menjadi format desimal (decimal degrees) agar dapat diolah secara digital pada sistem informasi geografis.

Contoh konversi:

$$112^{\circ}54'24.05''T = 112 + \frac{54}{60} + \frac{24.05}{3600} = 112.90668^{\circ}E$$

3. **Penyusunan Tabel Data**

Semua titik pengamatan dikompilasi ke dalam tabel berformat CSV (Comma-Separated Values) yang memuat kolom:

- Nama titik pengamatan
- Koordinat lintang dan bujur
- Nilai salinitas (ppt)
- EC dan pH
- Keterangan lokasi (misalnya sumur, tambak, sumber air)

4. **Pembuatan Peta Dasar (Basemap)**

Peta dasar dibuat menggunakan OpenStreetMap atau Esri World Imagery (untuk tampilan satelit menyerupai Google Earth). Basemap ini berfungsi sebagai acuan visual posisi geografis setiap titik pengamatan di Kecamatan Panggungrejo.

5. **Visualisasi Titik Pengukuran**

Setiap titik pengamatan ditampilkan sebagai marker (penanda) di atas peta. Masing-masing marker dilengkapi *popup* berisi informasi salinitas, EC, pH, serta nama titik pengamatan. Label nama titik juga ditambahkan agar dapat terbaca langsung di peta.

6. **Analisis Sebaran (Heatmap Salinitas)**

Data salinitas kemudian diolah menjadi peta sebaran (heatmap) untuk menggambarkan variasi spasial kadar garam. Warna gradasi digunakan untuk menunjukkan intensitas salinitas:

- **Hijau** = salinitas rendah (<0,5 ppt)
- **Kuning** = salinitas sedang (0,5–1 ppt)
- **Merah** = salinitas tinggi (>1 ppt)

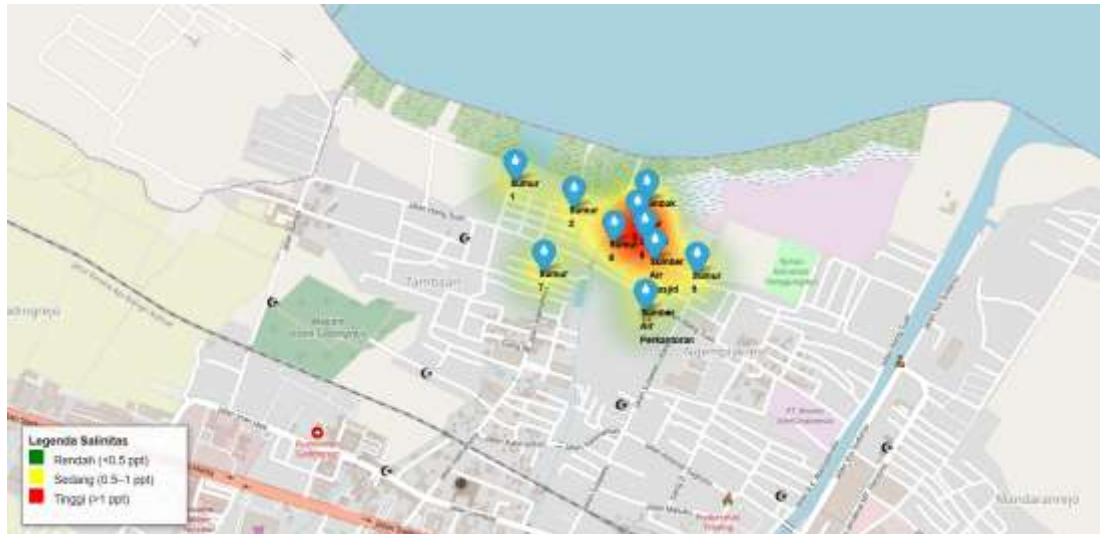
Metode heatmap ini secara visual membantu menunjukkan area rawan salinitas tanpa perlu interpolasi matematis yang kompleks.

7. **Interpretasi Spasial**

Hasil visualisasi heatmap dibandingkan dengan peta citra satelit untuk mengidentifikasi keterkaitan antara tingkat salinitas dengan karakteristik lahan, seperti keberadaan tambak, pemukiman, dan vegetasi. Dari hasil ini diperoleh indikasi bahwa area dengan nilai salinitas lebih tinggi cenderung berdekatan dengan tambak air payau di bagian utara Panggungrejo.

8. Penyusunan Legenda dan Simbolisasi

Legenda warna disusun untuk memperjelas interpretasi peta. Selain itu, ditambahkan batas wilayah perkiraan Kecamatan Panggungrejo agar area penelitian mudah dikenali.



Gambar 8 Hasil Pemetaan Salinitas dengan Bentuk Heatmap

Hasil visualisasi peta salinitas menggunakan metode interpolasi spasial dalam bentuk heatmap memperlihatkan pola gradasi warna dari hijau hingga merah, yang merepresentasikan tingkat salinitas dari rendah hingga tinggi. Secara spasial, zona salinitas rendah ($<0,5$ ppt) didominasi oleh area bagian selatan Panggungrejo, yang merupakan daerah pemukiman dan vegetasi dengan kondisi air tanah relatif tawar.

Sebaliknya, zona salinitas sedang ($0,5-1,0$ ppt) terlihat terkonsentrasi pada bagian tengah hingga utara wilayah penelitian. Area ini berdekatan dengan tambak air payau, lahan basah, serta memiliki elevasi yang lebih rendah, sehingga memungkinkan adanya difusi air asin dari lapisan permukaan maupun rembesan dari aktivitas tambak.

Hasil ini menunjukkan bahwa faktor jarak terhadap pesisir, aktivitas budidaya tambak, serta karakteristik hidrogeologi berperan penting terhadap tingkat salinitas air tanah di Kecamatan Panggungrejo.

Interpretasi Geospasial

Visualisasi peta dengan peta dasar citra satelit (Esri World Imagery) memberikan konteks visual yang menyerupai Google Earth, sehingga memperjelas keterkaitan antara kondisi lingkungan dan sebaran salinitas. Dari peta tersebut tampak bahwa titik-titik pengamatan dengan nilai salinitas tinggi umumnya berlokasi di area dengan dominasi tambak dan lahan basah. Sementara itu, titik dengan salinitas rendah terdapat di area pemukiman padat dan vegetasi hijau yang berperan sebagai zona resapan air hujan.

Kondisi ini menunjukkan adanya gradien intrusi salinitas dari arah utara (dekat kawasan tambak) menuju selatan (area pemukiman dan fasilitas umum). Pola tersebut memperkuat hipotesis bahwa aktivitas antropogenik, terutama budidaya perikanan air payau dan eksploitasi air tanah, memberikan kontribusi terhadap variasi kadar garam di wilayah penelitian.



Gambar 9 Peta Visualisasi Hasil Pengukuran Salinitas dengan Interpretasi Geospasial

Pembahasan

Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa Kecamatan Panggungrejo masih berada dalam kondisi air tanah tawar hingga payau ringan, namun dengan potensi peningkatan salinitas pada area tertentu. Hal ini selaras dengan kondisi geospasialnya yang berada di bagian pesisir Kota Pasuruan, di mana pengaruh intrusi air laut dapat terjadi terutama pada musim kemarau panjang.

Selain itu, aktivitas ekonomi masyarakat seperti tambak dan sumur bor produktif dapat mempercepat proses salinisasi air tanah dangkal melalui peningkatan porositas dan difusi air asin ke dalam lapisan akuifer. Oleh karena itu, hasil peta ini dapat dijadikan alat bantu pengambilan keputusan untuk pengelolaan sumber daya air di wilayah pesisir, termasuk strategi konservasi dan monitoring air tanah.

Luaran yang Dicapai

Tabel 2 Tabel Status Luaran

No	Jenis Luaran	Status Luaran
1.	Artikel Pada Jurnal Ilmiah Terakreditasi Sinta	Dalam proses penyusunan
2.	IPTEKSB berupa prototype atau rancangan model atau teknologi tepat guna atau naskah kebijakan	Ada

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis spasial yang dilakukan terhadap sebaran salinitas air tanah di Kecamatan Panggungrejo, Kota Pasuruan, diperoleh beberapa kesimpulan. Hasil analisis menunjukkan adanya korelasi negatif antara jarak garis pantai dengan nilai salinitas air tanah, di mana nilai salinitas tertinggi ditemukan pada sumur dan sumber air yang berdekatan dengan kawasan tambak pesisir bagian utara Kecamatan Panggungrejo dengan nilai mencapai sekitar 0,8 ppt, sedangkan sumur yang berlokasi lebih jauh dari pantai memiliki salinitas rendah sekitar 0,1–0,3 ppt. Faktor-faktor seperti kondisi topografi rendah, keberadaan

tambak air payau, dan aktivitas pengambilan air tanah secara berlebihan turut memengaruhi peningkatan salinitas. Berdasarkan hasil pemetaan menggunakan SIG dengan metode heatmap, diperoleh visualisasi sebaran spasial salinitas yang menunjukkan zona salinitas rendah ($<0,5$ ppt) mendominasi bagian tengah dan selatan Panggungrejo, sedangkan zona salinitas sedang ($0,5-1$ ppt) terdapat di bagian utara yang berdekatan dengan area tambak. Peta hasil analisis menggambarkan bahwa kondisi air tanah di Kecamatan Panggungrejo masih tergolong rendah hingga sedang tingkat salinitasnya, namun wilayah utara memiliki potensi kerawanan intrusi air laut yang perlu dimonitor secara berkala.

Penelitian ini merekomendasikan beberapa langkah untuk pengelolaan sumber daya air di Kecamatan Panggungrejo. Pemerintah daerah perlu mengendalikan pemanfaatan air tanah melalui regulasi dan pengawasan, terutama di zona rawan intrusi. Upaya rehabilitasi mangrove di area pesisir perlu ditingkatkan karena vegetasi pantai berfungsi sebagai penahan alami terhadap perembesan air asin. Sistem pemantauan lingkungan berbasis SIG perlu dikembangkan untuk memonitor perubahan salinitas secara berkala. Untuk penelitian selanjutnya, direkomendasikan untuk menambah jumlah titik sampel, melakukan pengukuran pada berbagai musim (hujan dan kemarau) untuk mengkaji variasi temporal, serta melakukan analisis laboratorium untuk parameter kimia tambahan seperti klorida, natrium, bikarbonat, dan total dissolved solids. Penelitian lanjutan juga dapat mengintegrasikan pendekatan geo-indikator atau machine learning untuk analisis yang lebih komprehensif, serta mengkaji efektivitas vegetasi mangrove dalam menahan intrusi air laut di wilayah pesisir Kecamatan Panggungrejo.

REFERENSI

- (BIG), B. I. G. (2023). *Data Batas Administrasi Indonesia (Shapefile)*. <https://tanahair.indonesia.go.id>
- (EPA), E. P. A. (2012). *Methods for Measuring Salinity and Chloride in Groundwater*. United States EPA.
- (USGS), U. S. G. S. (2022). *World Imagery Basemap (Esri)*. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>
- Aini, N., & Sumarno, B. (2021). Pemanfaatan Data Spasial untuk Identifikasi Intrusi Air Laut di Daerah Pesisir Utara Jawa Timur. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 9(1), 11–20.
- Ainun, M., & Prasetyo, T. (2020). Analisis Sebaran Salinitas Air Tanah di Wilayah Pesisir Menggunakan Pendekatan SIG dan Interpolasi Invers Distance Weighted (IDW). *Jurnal Geosains Dan Lingkungan*, 8(2), 45–56. <https://doi.org/10.xxxx/jgl.v8i2.45>
- Bear, J., Cheng, A. H.-D., Sorek, S., Ouazar, D., & Herrera, I. (1999). *Seawater Intrusion in Coastal Aquifers: Concepts, Methods, and Practices*. Springer.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Fetter, C. W. (2001). *Applied Hydrogeology* (4th ed.). Prentice Hall.
- Ghyben, W. B. (1889). Nota in verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam. *Tijdschrift van Het Koninklijk Instituut van Ingenieurs*.
- Handayani, D. A., & Wibowo, M. R. (2019). Pemodelan Intrusi Air Laut Berdasarkan Sebaran Salinitas Air Tanah Dangkal di Pesisir Kota Pasuruan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 212–223. <https://doi.org/10.xxxx/jil.v17i3.212>

- Hendra, P. (2017). Integrasi Geofisika dan GIS untuk Pemetaan Intrusi Air Laut di Kawasan Pesisir Pantai. In *Prosiding Seminar Nasional Geologi*.
- Herzberg, A. (1901). Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder. *Journal of Gas Lighting and Water Supply*.
- Kurniawan, A., & Nugroho, S. (2022). Pemetaan Sebaran Salinitas Air Tanah Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Wilayah Pesisir. *Jurnal Geografi Dan Geoinformasi*, 5(1), 31–42.
- Prahasta, E. (2014). *Sistem Informasi Geografis: Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Informatika.
- Rahmawati, N., & Sudarsono, B. (2018). Kajian Intrusi Air Laut Berdasarkan Nilai Salinitas dan Konduktivitas Listrik di Daerah Pesisir. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 24(1), 50–58.
- Susilo, A. (2020). Analisis Salinitas Air Tanah untuk Identifikasi Intrusi Air Laut di Wilayah Pesisir Surabaya. *Jurnal Sumber Daya Air*.
- Sutrisno, S. (2019). Analisis Spasial Sebaran Salinitas Air Tanah dengan Menggunakan Metode Heatmap dan Data GPS Lapangan. *Jurnal Geomatika Dan Geografi*, 3(2), 67–76.
- Team, Q. D. (2023). *QGIS Geographic Information System (Version 3.34)*. Open Source Geospatial Foundation.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology* (3rd ed.). Wiley.
- Wijaya, H. (2018). Pemetaan Intrusi Air Laut di Pesisir Utara Jawa dengan Metode Geolistrik dan SIG. *Jurnal Teknik Sipil*.