

Analisis Sebaran Oksigen Terlarut Terhadap Ph Air Laut Studi Kasus : Pesisir Paciran Kabupaten Lamongan Dengan Data Citra Satelit *Landsat-8* Kurun Waktu 5 Tahun (2022-2026)

Rendy Febrian Eka Putra¹, Hendrata Wibisana²

¹Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur,
22035010120@student.upnjatim.ac.id

²Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur,
hendrata.ts@upnjatim.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi oksigen terlarut (DO), melakukan validasi data DO hasil penginderaan jauh menggunakan citra Landsat-8, serta menganalisis hubungan antara pH dan DO di wilayah pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan. Penelitian menggunakan data DO *in-situ* dan citra Landsat-8 periode Mei 2022–2026 yang diolah menggunakan Microsoft Excel dan SeaDAS. Pemodelan dilakukan dengan membandingkan beberapa model regresi untuk memperoleh algoritma terbaik dalam estimasi DO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara data DO *in-situ* dan DO hasil citra Landsat-8 memiliki koefisien korelasi sebesar 0,5132 yang menunjukkan hubungan positif dengan tingkat korelasi sedang. Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara nilai DO *in-situ* dan nilai DO hasil citra antar tahun, dengan nilai Fhitung sebesar 4,4962 dan *p-value* 0,0010. Pemetaan menunjukkan adanya variasi spasial dan temporal DO selama periode penelitian, dengan nilai terendah sebesar 1,536 mg/L pada tahun 2024 dan tertinggi sebesar 11,826 mg/L pada tahun 2025. Analisis hubungan pH dan DO menghasilkan korelasi Pearson sebesar 0,5050, sedangkan model regresi terbaik adalah *logarithmic* dengan persamaan $y = 37,124\ln(x) - 71,003$ dan $R^2 = 0,2561$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pH berhubungan positif dengan DO, tetapi sebagian besar variasi DO dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan oseanografi lainnya.

Kata kunci: *Oksigen Terlarut, Landsat-8, pH*

Abstract

This study aims to analyze the distribution of dissolved oxygen (DO), validate DO data obtained through remote sensing using Landsat-8 imagery, and examine the relationship between pH and DO in the coastal waters of Paciran, Lamongan Regency. The study used *in-situ* DO data and Landsat-8 imagery from May 2022 to 2026, which were processed using Microsoft Excel and SeaDAS. Modeling was conducted by comparing several regression models to determine the best algorithm for estimating DO values. The results showed that the correlation between *in-situ* DO data and DO estimated from Landsat-8 imagery was 0.5132, indicating a positive relationship with a moderate level of correlation. The ANOVA results indicated a significant difference between *in-situ* DO values and satellite-derived DO values across the study years, with an F-value of 4.4962 and a p-value of 0.0010. Spatial mapping revealed temporal and spatial variations in DO during the study period, with the lowest value of 1.536 mg/L recorded in 2024 and the highest value of 11.826 mg/L in 2025. The analysis of the relationship between pH and DO produced a Pearson correlation coefficient of 0.5050, while the logarithmic regression model was identified as the best model, with the equation $y = 37.124\ln(x) - 71.003$ and $R^2 = 0.2561$. These findings indicate that pH has a positive relationship with DO, although most variations in DO are influenced by other environmental and oceanographic factors.

Keywords: Dissolved Oxygen, Landsat-8, Ph

Corresponding Author:

Rendy Febrian Eka Putra

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, 22035010120@student.upnjatim.ac.id

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki potensi besar untuk menjadi poros maritim dunia. Sebagai poros maritim dunia, Indonesia diharapkan mampu menjadi negara maritim yang besar, kuat, dan makmur. Oleh karena itu, penting untuk mengembalikan identitas Indonesia sebagai bangsa maritim melalui upaya pengamanan kepentingan dan keamanan maritim serta penegakan kedaulatan wilayah laut Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Hal tersebut menjadi penting mengingat sekitar 70% wilayah Indonesia merupakan lautan. Kondisi tersebut menjadikan Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah di wilayah lautnya. Dengan demikian, laut merupakan salah satu sektor penting yang berpengaruh terhadap keberlangsungan dan pembangunan negara.

Kabupaten Lamongan merupakan salah satu wilayah pesisir di Provinsi Jawa Timur yang terletak di bagian utara Pulau Jawa dan berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Secara geografis, wilayah pesisir Lamongan didominasi oleh perairan laut dangkal serta dipengaruhi oleh aliran sungai dari daratan dan berbagai aktivitas manusia di sepanjang kawasan pantai. Kondisi tersebut menyebabkan karakteristik perairan pesisir Lamongan bersifat dinamis, dengan variasi salinitas dan suhu permukaan laut yang dipengaruhi oleh musim, kondisi cuaca, serta aktivitas di daratan maupun di laut. Perubahan kondisi fisik perairan tersebut dapat memengaruhi kualitas lingkungan laut dan keseimbangan ekosistem pesisir.

Kualitas air laut dapat diketahui melalui pengukuran berbagai parameter fisika dan kimia. Parameter kimia yang digunakan antara lain adalah derajat keasaman (pH) dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*). Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu parameter penting yang dapat memengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia serta berbagai proses biokimiawi di perairan. Sementara itu, oksigen terlarut (DO) merupakan salah satu unsur kimia yang sangat penting dalam menunjang kehidupan organisme perairan. Ketersediaan oksigen terlarut dalam jumlah yang memadai sangat diperlukan untuk mendukung berbagai aktivitas biologis dan menjaga keseimbangan ekosistem perairan. Oleh karena itu, kondisi pH dan oksigen terlarut dapat digunakan sebagai indikator dalam mengetahui kualitas perairan laut.

Pemanfaatan potensi sumber daya laut di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan perlu diimbangi dengan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah teknologi penginderaan jauh. Penginderaan jauh merupakan ilmu untuk memperoleh informasi mengenai fenomena atau objek di permukaan bumi tanpa melakukan kontak langsung dengan objek tersebut melalui pengukuran pantulan (*reflection*) maupun pancaran (*emission*) gelombang elektromagnetik (Suwargana, 2013). Dalam bidang kelautan dan perikanan, penginderaan jauh dapat digunakan untuk memahami dinamika lingkungan pesisir dan laut, termasuk dinamika sumber daya alam yang terkandung di dalamnya, khususnya sumber daya perikanan (Syah, 2010).

Salah satu instrumen yang digunakan dalam teknologi penginderaan jauh adalah satelit. Citra satelit Landsat-8 memiliki kemampuan untuk merekam permukaan bumi

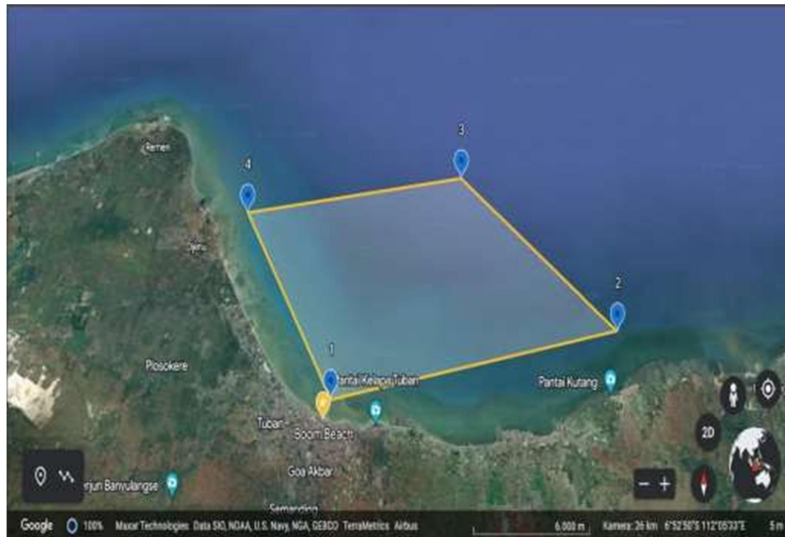
secara berkala sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengamati perubahan kondisi lingkungan dari waktu ke waktu. Pemanfaatan citra Landsat-8 dalam pemantauan kualitas perairan memungkinkan diperolehnya informasi mengenai pola spasial dan temporal parameter kualitas air secara lebih luas dibandingkan dengan pengukuran secara langsung di lapangan. Dengan demikian, teknologi penginderaan jauh dapat menjadi alternatif yang efektif dalam mendukung pemantauan kondisi perairan pesisir.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai pola perubahan nilai pH dan oksigen terlarut di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan berdasarkan hasil pengolahan citra Landsat-8 dalam kurun waktu lima tahun. Untuk memperoleh hasil pemetaan pH dan oksigen terlarut yang optimal, diperlukan analisis menggunakan model matematis yang sesuai. Selain itu, perlu dilakukan uji statistik antara nilai pH hasil pengukuran *in situ* dengan nilai pH yang diperoleh berdasarkan reflektansi citra satelit Landsat-8. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat korelasi dan validitas citra satelit dalam mengestimasi kondisi pH perairan. Hasil pemetaan pH dan oksigen terlarut selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai salah satu parameter dalam pemantauan kualitas perairan, antara lain untuk mendukung identifikasi daerah tangkapan ikan dan upaya konservasi ekosistem pesisir. Dalam bidang teknik sipil, hasil penelitian juga dapat menjadi salah satu acuan dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur perairan, seperti pelabuhan dan dermaga, serta dapat digunakan sebagai basis data untuk penelitian selanjutnya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai analisis sebaran nilai oksigen terhadap pH air laut di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, menggunakan data citra satelit Landsat-8 penting untuk dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi dan sebaran kualitas perairan pesisir yang dapat dimanfaatkan sebagai basis data dalam penelitian terkait daerah tangkapan ikan, fitoplankton, serta ekosistem pesisir. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan teknis dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur kelautan di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan.

METODE

Metodologi penelitian ini menggambarkan tahapan penelitian yang saling berkaitan, meliputi identifikasi masalah, tahap pendahuluan, studi literatur, koleksi data, analisis data, serta penyusunan kesimpulan dan saran. Penelitian dilaksanakan di Perairan Pantai Boom, Kecamatan Kutorejo, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur, dengan luas wilayah survei sebesar 7,19 km². Lokasi penelitian dibatasi oleh empat titik koordinat, yaitu titik 1 pada 6°53'11"S dan 112°04'06"E, titik 2 pada 6°51'41"S dan 112°12'20"E, titik 3 pada 6°47'37"S dan 112°08'08"E, serta titik 4 pada 6°48'37"S dan 112°01'11"E. Penelitian berfokus pada analisis kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) dan pH serta hubungan antara kedua parameter tersebut di wilayah pesisir Pantai Boom. Data diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan dan citra satelit Landsat-8 yang selanjutnya divalidasi menggunakan data lapangan. Tahap pendahuluan dilakukan melalui pengurusan administrasi dan perizinan, pencarian informasi pendukung dari instansi terkait, pengumpulan literatur yang relevan, serta penyediaan sarana transportasi berupa perahu nelayan menuju lokasi penelitian.



Gambar 1 Batasan Lokasi Penelitian

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung pada 20 titik penelitian menggunakan *thermometer gun*, GPS, dan perahu sebagai sarana pendukung. Data sekunder berupa citra satelit Landsat-8 diperoleh dari sumber data penginderaan jauh. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu metode pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai sifat atau karakteristik populasi yang telah diketahui untuk mencapai tujuan penelitian (Hartati Dwi Yuningsih et al., 2014). Sampel air laut diambil pada 20 titik stasiun pada pukul 07.00–19.00 WIB, terutama di sekitar kawasan KJA, dengan kedalaman pengambilan 5 meter dan koordinat yang ditentukan menggunakan GPS. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam botol gelap berukuran 600 ml untuk analisis DO dan orthofosfat di laboratorium. Pengukuran pH dan DO juga dilakukan sebagai parameter kualitas air, sedangkan sampel untuk identifikasi lebih lanjut diawetkan menggunakan lugol sebanyak 3–4 tetes, diberi label, dan disimpan dalam *coolbox* sebelum dianalisis di laboratorium. Data citra diperoleh dengan mengunduh citra Landsat-8 *Buy Composite Level 3* dari situs *NASA Ocean Color* dengan resolusi 1.000 meter, yang disesuaikan dengan tanggal pengambilan sampel di lapangan.

Pengukuran kualitas air meliputi parameter pH dan oksigen terlarut (DO). Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter atau pH pen dengan terlebih dahulu melakukan kalibrasi menggunakan aquades, kemudian alat dimasukkan ke dalam sampel air dan nilai yang ditampilkan dicatat. Setelah digunakan, alat dibersihkan dan distandarisasi kembali menggunakan aquades. Pengukuran DO dilakukan berdasarkan prosedur SNI (2004) menggunakan metode Winkler. Sampel air diberi MnSO_4 dan alkali iodida azida, kemudian ditambahkan H_2SO_4 hingga endapan larut. Larutan selanjutnya dititrasi menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N hingga berwarna kuning pucat, kemudian ditambahkan indikator amilum dan dititrasi kembali hingga warna biru menghilang. Nilai DO dihitung berdasarkan volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan, normalitas larutan, serta faktor koreksi volume botol. Selanjutnya, data hasil pengukuran lapangan dan citra satelit dianalisis untuk mengetahui sebaran nilai pH dan DO di wilayah pesisir Pantai Boom serta mengetahui hubungan antara kedua parameter tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Model algoritma terbaik akan digunakan untuk menghitung data nilai DO di *Microsoft Excel*, sumbu x sebagai hasil reflektan yang didapat dari pengolahan data citra sebelumnya dan sumbu y sebagai data nilai DO dari citra satelit landsat-8. Hasil pengolahan data nilai DO citra satelit landsat-8 yang ditunjukkan pada tabel 4.28 sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Pengolahan Data Nilai DO dengan Model Algoritma Linear

No	DO In-situ	Nilai DO Menggunakan Model <i>Linear</i>				
		2022	2023	2024	2025	2026
1	3.72	5.621	6.752	6.026	3.719	5.145
2	6.17	6.469	7.067	5.287	3.880	5.968
3	5.42	6.681	7.054	5.357	4.027	6.700
4	7.04	6.617	6.990	5.794	3.815	6.578
5	5.22	6.617	6.990	5.794	3.815	6.578
6	8.11	6.051	6.919	5.775	3.616	6.077
7	6.31	6.373	6.848	6.540	4.098	6.668
8	6.21	6.064	6.784	7.375	4.792	6.951
9	7.14	6.064	6.784	7.375	4.792	6.951
10	7.35	5.499	6.546	7.157	5.704	7.002
11	6.73	5.499	6.546	7.157	5.704	7.002
12	7.35	5.017	6.206	7.163	6.803	6.964
13	6.52	5.017	6.206	7.163	6.803	6.964
14	8.45	4.683	5.807	7.015	7.343	6.867
15	6.93	4.683	5.807	7.015	7.343	6.867
16	7.24	4.522	5.184	6.662	7.863	6.797
17	6.73	4.522	5.184	6.662	7.863	6.797
18	7.24	4.471	5.216	7.047	7.960	7.324
19	6.93	5.229	5.499	7.311	8.178	7.504
20	6.93	5.280	5.390	7.985	8.769	6.039

Sumber: (Pengolahan Data Melalui Aplikasi Microsoft Excel)

Contoh perhitungan menggunakan data pada nomor 1 tahun 2026: $y = -233.65x + 13.256$

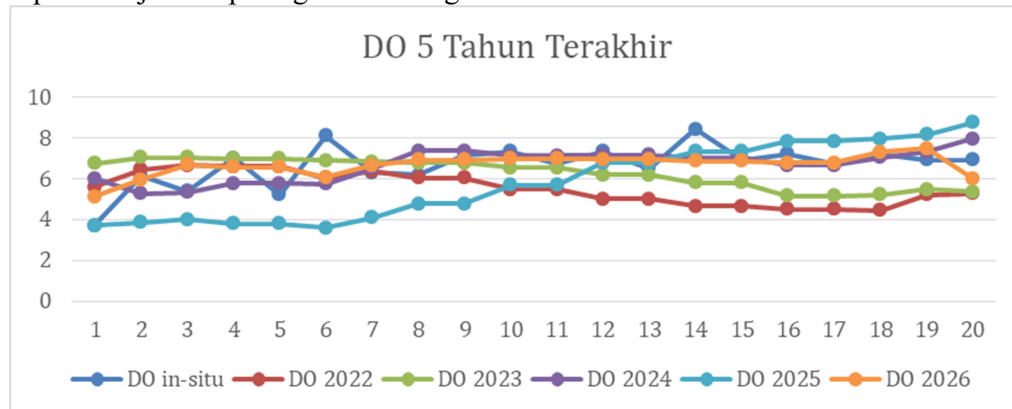
$$y = -233.65 \times \text{Nilai Reflektan} + 13.256$$

$$y = 5.621$$

Keterangan: y = Data Nilai DO

x = Nilai Reflektan

Grafik line dari tabel 1 hasil pengolahan data nilai DO dengan model matematis dapat ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2 Grafik Line Hasil Pengolahan Data Nilai DO

Sumber: (Grafik Line pada Microsoft Excel)

Setelah mengetahui hasil pengolahan data dari tabel 4.27, selanjutnya dilakukan validasi data citra satelit dengan menggunakan nilai korelasi terbesar antara data nilai DO *insitu* dengan nilai suhu permukaan laut citra satelit landsat-8 tahun 2022 sampai 2026 yang ditunjukkan pada tabel 4.28 sebagai berikut:

Tabel 2 Korelasi antara Data Suhu Permukaan Laut In-situ dengan Suhu Permukaan Laut Citra Satelit Landsat-8

	DO in-situ	2022	2023	2024	2025	2026
DO in-situ	1					
2022	-0.41424	1				
2023	-0.38969	0.899101	1			
2024	0.402135	-0.59521	-0.57757	1		
2025	0.45827	-0.87822	-0.95515	0.714209	1	
2026	0.513225	-0.34248	-0.36879	0.483742	0.47411862	1

Sumber: (Pengolahan Data Melalui Aplikasi Microsoft Excel)

Pengolahan data dari tabel 2 merupakan hasil validasi antara data Nilai DO In-situ dengan data Nilai DO Citra Satelit Landsat-8 tahun 2022 sampai tahun 2026 dengan nilai **0.513225** yang dapat disimpulkan bahwa korelasi antara data Nilai DO In-situ dengan data Nilai DO Citra Satelit Landsat-8 memiliki korelasi **positif cukup kuat**.

Hasil pengolahan model matematis citra satelit Landsat-8 (Mei 2022–2026) dianalisis secara statistik menggunakan uji ANOVA: *Two-Factor Without Replication* pada program *Microsoft Excel*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hubungan antara variabel DO *in-situ* dengan DO berbasis data citra satelit landsat-8. Hasil pengolahan data uji ANOVA tersebut ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3 ANOVA: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
---------	-------	-----	---------	----------

Row 1	6	30.98279	5.163798	1.529165
Row 2	6	34.83994	5.806657	1.233596
Row 3	6	35.24009	5.873348	1.321786
Row 4	6	36.83438	6.139064	1.494893
Row 5	6	35.01438	5.835731	1.391078
Row 6	6	36.54863	6.091438	2.197583
Row 7	6	36.83688	6.13948	1.038547
Row 8	6	38.17616	6.362694	0.825531
Row 9	6	39.10616	6.517694	0.912879
Row 10	6	39.25833	6.543055	0.606448

Sumber: (Pengolahan Data Melalui Aplikasi Microsoft Excel)

Tabel 4 ANOVA: Two-Factor Without Replication (Lanjutan)

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Row 11	6	38.63833	6.439722	0.470393
Row 12	6	39.5025	6.583749	0.742641
Row 13	6	38.6725	6.445416	0.603062
Row 14	6	40.16557	6.694262	1.693829
Row 15	6	38.64557	6.440929	1.011407
Row 16	6	38.26806	6.378009	1.615011
Row 17	6	37.75806	6.293009	1.482514
Row 18	6	39.25756	6.542927	1.882304
Row 19	6	40.65029	6.775048	1.365943
Row 20	6	40.39327	6.732212	2.030252
DO in-situ	20	133.74	6.687	1.071569
2022	20	110.9788	5.548938	0.599658
2023	20	125.7764	6.28882	0.485328
2024	20	133.6603	6.683017	0.572343
2025	20	116.8901	5.844505	3.323168
2026	20	133.7439	6.687193	0.28226

Sumber: (Pengolahan Data Melalui Aplikasi Microsoft Excel)

Tabel 5 ANOVA untuk DO

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	17.45735	19	0.918808	0.84831	0.645234	1.69707
Columns	24.34947	5	4.869894	4.49624	0.001011	2.310225
Error	102.8948	95	1.083104			
Total	144.7017	119				

Sumber: (Pengolahan Data Melalui Aplikasi Microsoft Excel)

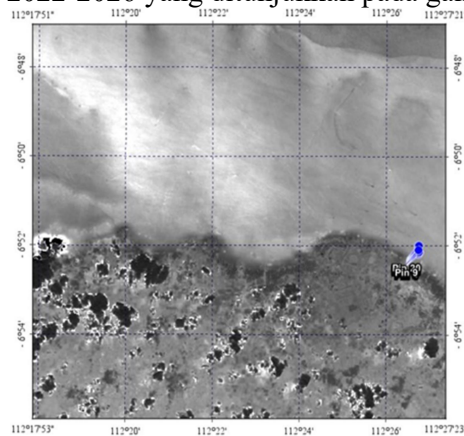
Data dianalisis dengan metode ANOVA pada bulan Mei 2022-2026 selanjutnya dilakukan uji F untuk menguji bagaimana pengaruh variabel bebas yaitu (Nilai DO in-situ) dengan variabel terikat yaitu (Nilai DO berdasarkan citra satelit landsat-8).

Dari tabel 4.31 ada dua kriteria hasil yaitu yang pertama adalah H_0 diterima apabila $F_{hitung} < F_{crit}$ yang artinya tidak ada perbedaan antara Nilai DO *insitu* dengan Nilai DO citra satelit landsat-8. Apabila F_{hitung} lebih besar daripada F_{crit} , H_1 diterima maka artinya ada perbedaan antara Nilai DO *insitu* dengan Nilai DO citra satelit landsat-8. Yang kedua adalah H_0 ditolak apabila $P\text{-value} < \alpha$ yang artinya kedua data tersebut memiliki perbedaan yang signifikan. H_0 diterima apabila nilai $P\text{-value} > \alpha$ yang artinya kedua data tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

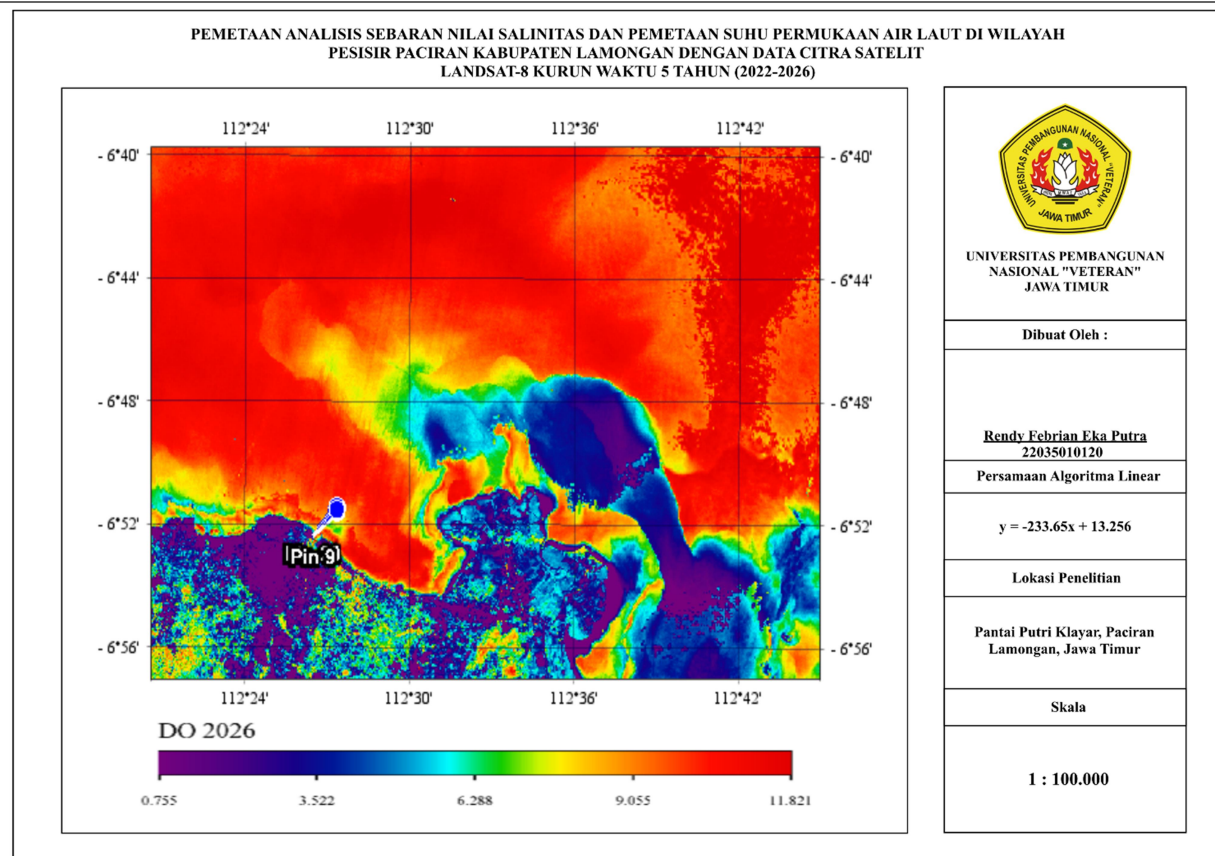
Pengolahan data *rows* atau baris adalah data koordinat dibandingkan dengan data Nilai DO *insitu*, menunjukkan F_{hitung} lebih kecil dari F_{crit} dengan nilai **0.84831** < 1.697070254 artinya H_0 diterima, sedangkan nilai $P\text{-value}$ lebih besar daripada nilai α yaitu **0.645234** > 0.05 yang berarti tidak ada perbedaan yang signifikan antara titik koordinat pengambilan sampel Nilai DO *insitu*. Pada data *columns* atau kolom menunjukkan F_{hitung} lebih besar dari F_{crit} dengan nilai **4.49264** > 2.310224845 sehingga H_1 diterima maka artinya ada perbedaan Nilai DO *insitu* dengan Nilai DO citra satelit Landsat 8, $P\text{-value}$ lebih kecil daripada nilai α yaitu **0.001011** < 0.05 artinya ada perbedaan antara Nilai DO *Insitu* dengan Nilai DO Citra Satelit tahun 2022 sampai 2026, Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi cuaca setiap tahunnya yang tidak stabil sehingga menyebabkan perbedaan Nilai DO setiap tahun.

Pemetaan DO

Dari hasil perhitungan dan analisa menggunakan aplikasi SeaDAS dan Microsoft Excel, menunjukkan bahwa data yang diambil langsung (*insitu*) dan data yang dihitung dari citra satelit landsat-8 ada perbedaan dan didapatkan korelasi dengan hasil yang cukup kuat. Selanjutnya, dilakukan pemetaan untuk Nilai DO dengan cara memasukkan hasil persamaan **Linear** pada bulan Mei 2026 dengan model algoritma $y = -233.65x + 13.256$ dengan nilai $R^2 = 0.2634$ pada panjang gelombang Band 2 ke Math Band di aplikasi SeaDAS sehingga didapatkan peta tematik DO bulan Mei 2022-2026 yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3 Peta Citra satelit Landsat-8 dengan 20 Pin
Sumber (data Landsat-8 dan Aplikasi SeaDAS)



Gambar 8 Peta Tematik DO di Pesisir Paciran Pantai Putri Klayar 2026
Sumber: (Data Landsat-8 dan Aplikasi SeaDAS)

Tabel 6 Hasil Peta Tematik DO

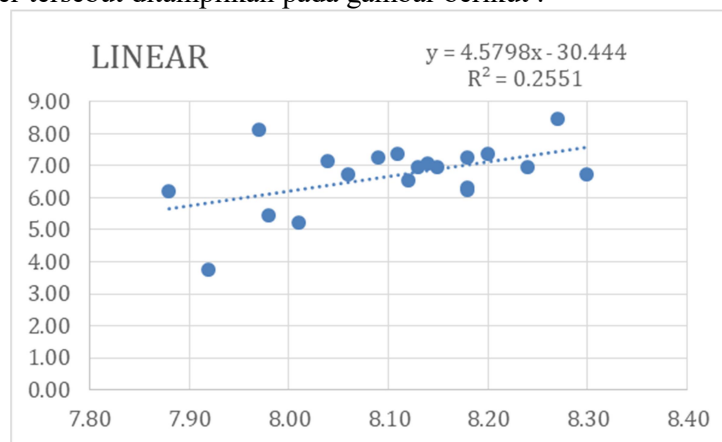
Tahun	DO Minimum	DO Maksimum	Rentang DO (
2022	34.629	38.092	3.463
2023	33.621	37.752	4.131
2024	32.338	37.931	5.593
2025	32.085	37.8	5.715
2026	31.104	39.218	8.114

Sumber: (Pengolahan Data Melalui Aplikasi Microsoft Excel)

Berdasarkan hasil pengolahan citra Landsat dan pemetaan distribusi spasial, nilai oksigen terlarut (DO) di wilayah penelitian selama periode 2022–2026 menunjukkan variasi spasial dan temporal. Pada tahun 2022, DO berkisar antara 2,606–9,395 mg/L dengan rentang 6,789 mg/L, sedangkan tahun 2023 berkisar 1,915–11,027 mg/L dengan rentang 9,112 mg/L. Variasi terbesar terjadi pada tahun 2024 dengan nilai DO 1,536–11,672 mg/L dan rentang 10,136 mg/L. Pada tahun 2025, nilai DO berada pada kisaran 2,623–11,826 mg/L dengan rentang 9,203 mg/L, sedangkan tahun 2026 berkisar 3,522–11,821 mg/L dengan rentang 8,299 mg/L. Secara keseluruhan, nilai DO terendah terjadi pada tahun 2024 sebesar 1,536 mg/L, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada tahun 2025 sebesar 11,826 mg/L. Rentang DO terbesar terjadi pada tahun 2024 dan terkecil pada tahun 2022. Variasi tersebut menunjukkan bahwa kondisi DO mengalami perubahan secara spasial dan temporal yang dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, seperti suhu perairan, aktivitas fotosintesis dan respirasi organisme, masukan bahan organik dari daratan, pasang surut, arus laut, serta proses pencampuran massa air.

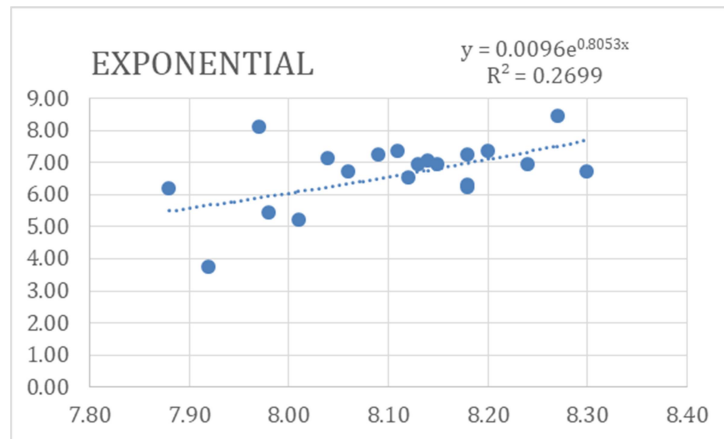
Korelasi Antara pH dengan DO

Setelah mengetahui hasil pemetaan pH maupun DO, penelitian ini dilanjutkan mencari model algoritma terbaik antara pH data in-situ dengan DO in-situ. Data tersebut diolah menggunakan grafik scatter dengan sumbu x pH dan sumbu y DO in-situ. Grafik scatter tersebut ditampilkan pada gambar berikut :

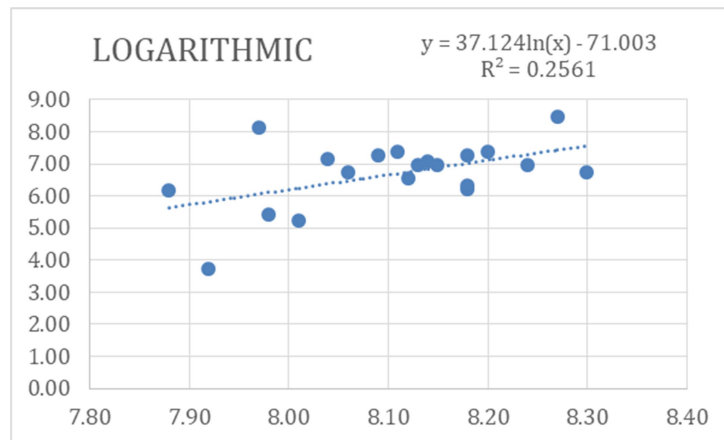


Gambar 9 Grafik Scatter s Persamaan Korelasi Linear

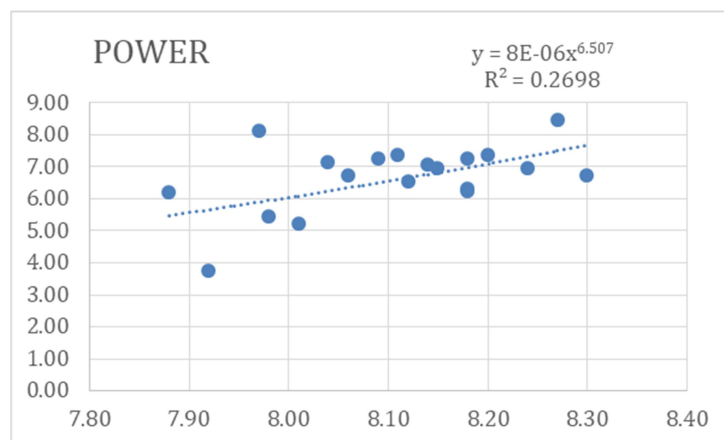
Sumber: (Grafik Scatter Pada Microsoft Excel)



Gambar 10 Grafik Scatter Persamaan Korelasi Exponential
Sumber: (Grafik Scatter Pada Microsoft Excel)



Gambar 11 Grafik Scatter Persamaan Korelasi Logarithmic
Sumber: (Grafik Scatter Pada Microsoft Excel)



Gambar 12 Grafik Scatter Persamaan Korelasi Power
Sumber: (Grafik Scatter Pada Microsoft Excel)

Tabel 7 Rekapitulasi Grafik Scatter Korelasi pH dan DO

No	Jenis Persamaan	Model Algoritma	Derajat Determinasi
1	Linear	$y = 4.5798x - 30.444$	$R^2 = 0.2551$
2	Exponential	$y = 0.0096e^{0.8053x}$	$R^2 = 0.2473$
3	Logarithmic	$y = 37.124\ln(x) - 71.003$	$R^2 = 0.2561$
4	Power	$y = 8E-06x^{6.507}$	$R^2 = 0.2476$

Sumber: (Pengolahan Data Melalui Aplikasi Microsoft Excel)

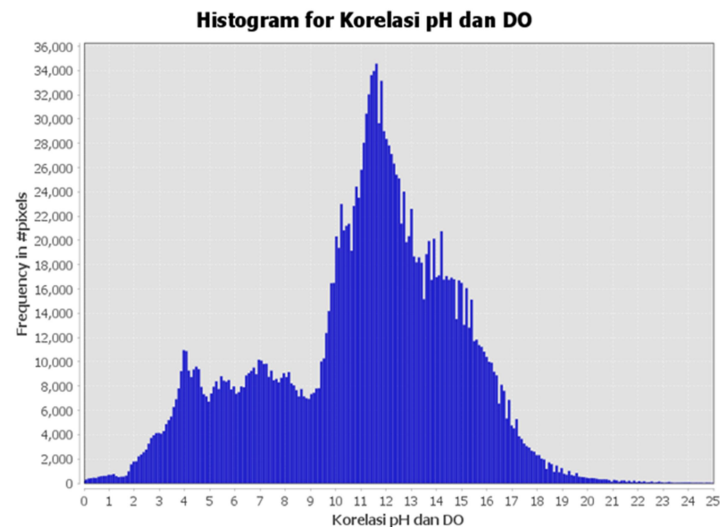
Dari tabel 4.29 dapat dilihat bahwa algoritma terbaik untuk korelasi pH dan DO adalah model algoritma *Logarithmic* yaitu $y = 37.124\ln(x) - 71.003$ dengan nilai $R^2 = 0.2561$. Setelah didapatkan nilai derajat determinasi tertinggi, kemudian dilakukan uji korelasi antara data nilai pH in-situ dengan data nilai DO in-situ untuk mencari perbandingan nilai korelasi terbesar. Perbandingan nilai korelasi ditunjukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 8 Uji Korelasi pH dan DO

	pH in-situ	DO in-situ
pH in-situ	1	
DO in-situ	0.505027752	1

Sumber: (Pengolahan Data Melalui Aplikasi Microsoft Excel)

Dari uji tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai korelasi pH dengan DO sebesar **0.505027752** yang artinya pada kedua variabel tersebut memiliki nilai korelasi **positif cukup kuat**. Setelah didapatkan nilai korelasi antara pH dengan DO perhitungan tersebut diolah menggunakan aplikasi *SeaDAS* sehingga memunculkan diagram histogram korelasi antara kedua variabel tersebut:



Gambar 13 Histogram Korelasi pH dengan DO

Sumber: (Aplikasi SeaDAS)

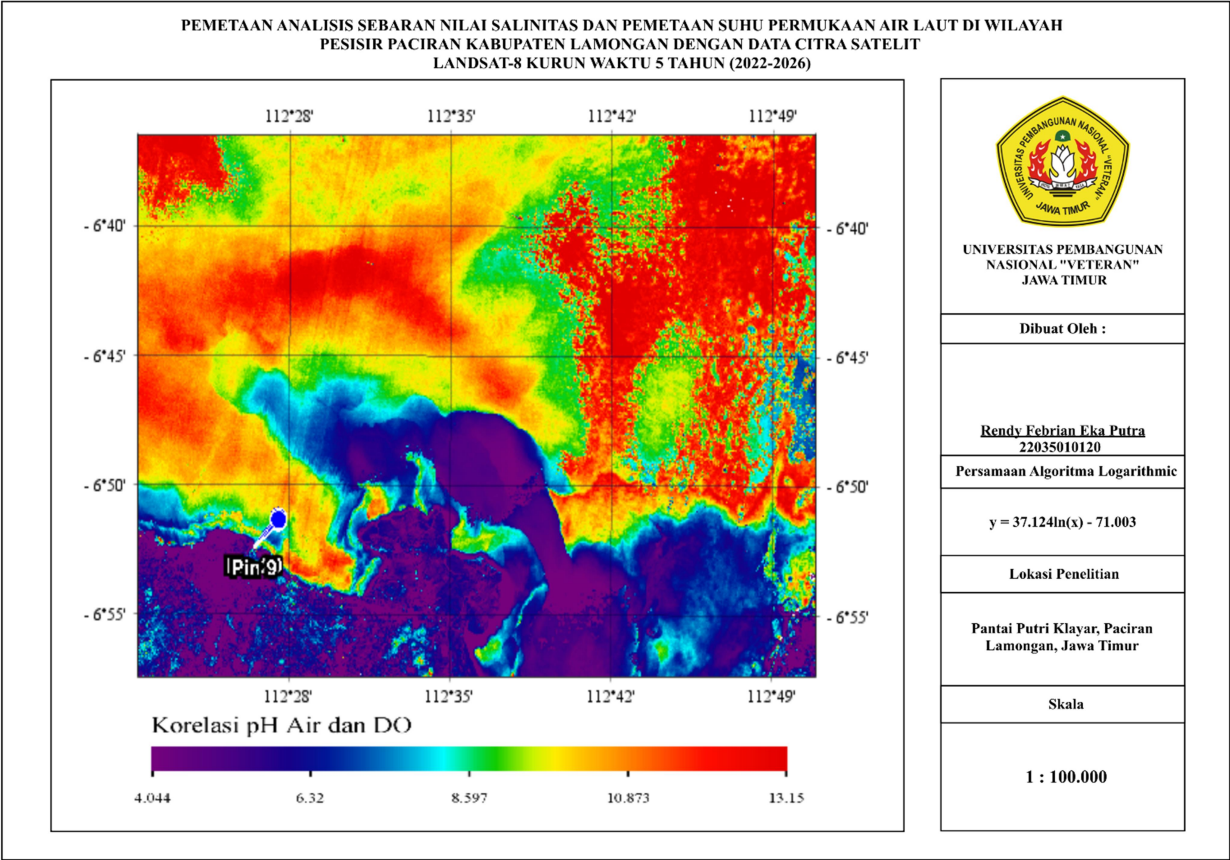
Pemetaan Korelasi antara pH dan DO

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan aplikasi *SeaDAS* dan *Microsoft Excel*, diketahui bahwa pH dan DO memiliki hubungan positif cukup kuat. Hasil uji korelasi Pearson memperoleh nilai koefisien korelasi sebesar **0.505027752** yang menunjukkan hubungan yang kuat antara dua parameter tersebut. Nilai positif menunjukkan bahwa ketika pH mengalami peningkatan, nilai suhu permukaan laut mengalami peningkatan juga, begitu pula sebaliknya.

Selanjutnya dilakukan analisis regresi untuk memperoleh model matematis yang paling baik dalam menggambarkan hubungan antara kedua variabel tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan, model regresi terbaik diperoleh pada persamaan **Logarithmic** yaitu $y = 37.124\ln(x) - 71.003$, dengan nilai koefisien determinasi **$R^2 = 0.2561$** .

Peta tematik pada Gambar 14 menunjukkan hubungan antara pH air dan oksigen terlarut (DO) di wilayah pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan berdasarkan model regresi menggunakan *SeaDAS*. Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0,5050, yang menunjukkan hubungan positif dengan tingkat korelasi sedang, sehingga peningkatan pH cenderung diikuti oleh peningkatan DO. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,2550 menunjukkan bahwa perubahan pH hanya mampu menjelaskan 25,50% variasi DO, sedangkan 74,50% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain, seperti suhu perairan, aktivitas fotosintesis dan respirasi, masukan bahan organik, arus, pasang surut, serta pencampuran massa air. Variasi nilai pH dan DO pada peta juga menunjukkan bahwa karakteristik perairan pesisir Paciran tidak seragam secara spasial. Dengan demikian, meskipun pH memiliki hubungan positif dengan DO, distribusi DO lebih banyak dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan oseanografi lainnya.

Persamaan regresi terbaik tersebut selanjutnya diterapkan pada fitur *Math Band* di aplikasi *SeaDAS* untuk menghasilkan peta tematik hubungan antara pH dan DO di wilayah pesisir Paciran Kabupaten Lamongan, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4. 58 Peta Tematik Korelasi pH dan DO
Sumber: (data Landsat-8 dan Aplikasi SeaDAS)

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan citra satelit Landsat-8 dapat digunakan untuk mengestimasi nilai oksigen terlarut (DO) di wilayah pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan melalui pendekatan regresi antara nilai reflektan citra dan data DO *in-situ*. Berdasarkan hasil pengolahan, model matematis yang digunakan menghasilkan estimasi nilai DO pada 20 titik pengamatan selama periode 2022–2026. Nilai hasil estimasi menunjukkan adanya perbedaan antar titik dan antar tahun. Perbedaan tersebut menggambarkan bahwa kondisi oksigen terlarut di wilayah pesisir tidak bersifat homogen, melainkan dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan pada masing-masing lokasi. Penggunaan citra Landsat-8 memungkinkan informasi DO diperoleh secara spasial sehingga dapat memberikan gambaran distribusi kualitas perairan yang lebih luas dibandingkan pengukuran lapangan yang hanya dilakukan pada titik tertentu.

Hasil validasi menunjukkan bahwa hubungan antara data DO *in-situ* dan hasil estimasi citra Landsat-8 memiliki koefisien korelasi sebesar 0,513225. Nilai tersebut menunjukkan adanya hubungan positif dengan tingkat korelasi sedang atau cukup kuat. Artinya, perubahan nilai DO hasil pengukuran lapangan cenderung diikuti oleh perubahan nilai DO hasil estimasi citra. Meskipun demikian, nilai korelasi tersebut belum menunjukkan hubungan yang sangat kuat, sehingga citra Landsat-8 masih memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kondisi DO secara langsung. Perbedaan antara hasil *in-situ* dan hasil citra dapat dipengaruhi oleh kondisi perairan pada saat pengambilan data, perbedaan waktu pengukuran, kondisi atmosfer, karakteristik reflektansi permukaan air, serta faktor lingkungan lainnya yang memengaruhi konsentrasi oksigen terlarut.

Hasil analisis ANOVA *Two-Factor Without Replication* memperlihatkan bahwa pada faktor baris diperoleh nilai F sebesar 0,84831, lebih kecil dibandingkan *F critical* sebesar 1,69707, dengan *p-value* 0,645234 > 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar titik pengambilan sampel berdasarkan faktor baris. Sementara itu, pada faktor kolom diperoleh nilai F sebesar 4,49624, lebih besar daripada *F critical* sebesar 2,310225, dengan *p-value* 0,001011 < 0,05. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai DO *in-situ* dan nilai DO hasil citra Landsat-8 pada periode pengamatan. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa meskipun citra memiliki kemampuan untuk menggambarkan pola distribusi DO, hasil estimasinya belum sepenuhnya sama dengan kondisi DO yang terukur secara langsung di lapangan. Perbedaan kondisi cuaca, karakteristik perairan, proses pencampuran massa air, aktivitas biologis, serta perbedaan waktu dan metode pengukuran dapat menjadi faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut.

Pemetaan DO menggunakan *Math Band* pada SeaDAS selanjutnya memberikan gambaran mengenai distribusi spasial DO selama periode 2022–2026. Hasil pemetaan menunjukkan adanya perubahan nilai DO dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil pengolahan, tahun 2022 memiliki rentang DO sebesar 6,789 mg/L, tahun 2023 sebesar 9,112 mg/L, tahun 2024 sebesar 10,136 mg/L, tahun 2025 sebesar 9,203 mg/L, dan tahun 2026 sebesar 8,299 mg/L. Rentang terbesar terjadi pada tahun 2024, sedangkan rentang terkecil terjadi pada tahun 2022. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa variasi spasial DO paling besar terjadi pada tahun 2024. Secara ekologis, perubahan distribusi DO dapat berkaitan dengan proses fotosintesis dan respirasi organisme perairan, suhu, masukan bahan organik, arus, pasang surut, serta proses pertukaran dan pencampuran massa air.

Perubahan nilai DO dari tahun ke tahun juga menunjukkan adanya dinamika kualitas perairan pesisir Paciran. Nilai DO minimum terendah tercatat pada tahun 2024 sebesar 1,536 mg/L, sedangkan nilai maksimum tertinggi terdapat pada tahun 2025 sebesar 11,826 mg/L. Rendahnya konsentrasi DO pada lokasi tertentu dapat berkaitan dengan tingginya konsumsi oksigen akibat respirasi organisme dan proses dekomposisi bahan organik. Sebaliknya, konsentrasi DO yang lebih tinggi dapat dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis, terutama pada perairan yang memiliki produktivitas primer lebih tinggi, serta proses pertukaran oksigen dengan atmosfer dan pencampuran massa air. Dengan demikian, variasi DO yang terlihat pada hasil pemetaan tidak hanya menunjukkan perbedaan kondisi antar lokasi, tetapi juga menggambarkan dinamika lingkungan perairan selama periode pengamatan.

Analisis hubungan antara pH dan DO menunjukkan bahwa kedua parameter memiliki hubungan positif. Dari beberapa model regresi yang diuji, yaitu linear, eksponensial, logaritmik, dan *power*, model logaritmik memberikan nilai koefisien determinasi tertinggi, yaitu $R^2 = 0,2561$, dengan persamaan $y = 37,124 \ln(x) - 71,003$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model logaritmik merupakan model yang paling sesuai dibandingkan model lainnya dalam menggambarkan hubungan antara pH dan DO berdasarkan data penelitian. Namun, nilai R^2 yang relatif rendah menunjukkan bahwa kemampuan pH dalam menjelaskan perubahan DO masih terbatas.

Hasil uji korelasi Pearson menghasilkan nilai 0,505027752, yang menunjukkan adanya hubungan positif dengan tingkat korelasi sedang. Hubungan positif tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pH cenderung diikuti oleh peningkatan DO di wilayah penelitian. Kondisi ini secara ekologis dapat berkaitan dengan aktivitas fotosintesis organisme perairan. Proses fotosintesis menggunakan karbon dioksida dan menghasilkan oksigen, sehingga peningkatan aktivitas fotosintesis dapat menyebabkan peningkatan oksigen terlarut sekaligus memengaruhi keseimbangan karbonat dan nilai pH perairan. Meskipun demikian, hubungan tersebut tidak dapat diartikan bahwa perubahan pH secara langsung menjadi satu-satunya penyebab perubahan DO karena kedua parameter juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan lainnya.

Nilai R^2 sebesar 0,2561 menunjukkan bahwa sekitar 25,61% variasi DO dapat dijelaskan melalui perubahan pH berdasarkan model logaritmik, sedangkan sekitar 74,39% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak terdapat dalam model. Faktor tersebut dapat berupa suhu perairan, intensitas fotosintesis dan respirasi, masukan bahan organik dari daratan, arus, pasang surut, kedalaman, salinitas, serta proses pencampuran massa air. Oleh karena itu, hubungan pH dan DO di wilayah pesisir Paciran perlu dipahami sebagai hubungan yang dipengaruhi oleh kompleksitas kondisi oseanografi dan ekosistem pesisir.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa citra satelit Landsat-8 dapat dimanfaatkan untuk mengestimasi dan memetakan distribusi oksigen terlarut (DO) di wilayah pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, meskipun hasil estimasinya menunjukkan perbedaan dengan data *in-situ*. Hasil validasi menunjukkan nilai korelasi antara DO *in-situ* dan DO hasil citra sebesar 0,513225, yang menunjukkan hubungan positif dengan tingkat korelasi sedang. Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara data DO *in-situ* dan data hasil citra dengan *p-value* $0,001011 < 0,05$. Distribusi DO selama periode 2022–2026 juga mengalami variasi spasial dan temporal, dengan nilai DO terendah sebesar 1,536 mg/L pada tahun 2024 dan tertinggi sebesar 11,826 mg/L pada tahun 2025. Sementara

itu, hubungan antara pH dan DO menunjukkan korelasi positif sebesar 0,505027752, dengan model regresi terbaik berupa model *logarithmic* dengan persamaan $y = 37,124 \ln(x) - 71,003$ dan nilai $R^2 = 0,2561$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pH cenderung diikuti peningkatan DO, tetapi pH hanya mampu menjelaskan sekitar 25,61% variasi DO, sehingga kondisi DO juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan oseanografi lainnya, seperti suhu, fotosintesis, respirasi, bahan organik, arus, pasang surut, dan pencampuran massa air.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiah, M. (2022). *Analisis dan pemetaan suhu permukaan laut di pesisir utara Kabupaten Bangkalan dengan data citra satelit Aqua MODIS kurun waktu 5 tahun (2018–2022)* [Undergraduate thesis].
- Azizah, A., & Wibisana, H. (2020). Analisa temporal sebaran suhu permukaan laut tahun 2018 hingga 2020 dengan data citra Terra MODIS. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 13(3), 196–205.
- Lestari, H. D., Purnomo, P. W., & Purwanti, F. (2017). Strategi pengembangan obyek wisata Pantai Boom Tuban berdasarkan potensi sosial, ekonomi dan ekologi. *Journal of Maquares: Management of Aquatic Resources*, 6(4), 348–357.
- Kurniawan, D. (2008). *Regresi linier*. R Foundation for Statistical Computing.
- Masykur, F. (2014). Implementasi sistem informasi geografis menggunakan Google Maps API dalam pemetaan asal mahasiswa. *Jurnal SIMETRIS*, 5.
- Sidabutar, E. A., Sartimbul, A., & Handayani, M. (2019). Distribusi suhu, salinitas dan oksigen terlarut terhadap kedalaman di perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1).
- Suhana, M. P. (2018). Karakteristik sebaran menegak dan melintang suhu dan salinitas perairan Selatan Jawa. *[Data jurnal tidak lengkap]*, 6(2).
- Tyastiti, E. Y. (2018). *Validasi produk reflektan permukaan Landsat-8 menggunakan data in-situ (Studi kasus: Danau Kasumigaura, Jepang)* [Undergraduate thesis].
- Wibisana, H., Sukojo, B. M., & Lasminto, U. (2018). Penentuan model matematis yang optimal suhu permukaan laut di Pantai Utara Gresik berbasis nilai reflektan citra satelit Aqua MODIS. *Geomatika*, 24(1), 31. <https://doi.org/10.24895/JIG.2018.24-1.771>
- Yuningsih, H. D., Soedarsono, P., & Anggoro, S. (2014). Hubungan bahan organik dengan produktivitas perairan pada kawasan tutupan eceng gondok, perairan terbuka dan keramba jaring apung di Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(1).