ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955

Identifikasi Kondisi Kualitas Air Bendungan Selorejo Tahun 2021 – 2024 Menggunakan Citra Sentinel-2A

Jewelry Naurel Ekkleisan Nirwana Putri[1)], Feny Arafah[2)], Hery Purwanto[3)]

[1), 2),3)] Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Malang
[Jl. Bendungan Sigura-gura No.2, Malang]
Email : jnaurel17@gmail.com [1)], feny_arafah@lecturer.itn.ac.id [2)], hery.purwanto@lecturer.itn.ac.id [3)]

ABSTRACT

Selorejo Dam is a reservoir located in Ngantang District, Malang Regency, which serves as one of the tourist destinations and provides a source of livelihood for the surrounding communities. The increasing human activities around the reservoir have raised concerns about a decline in water quality, as evidenced by the proliferation of water hyacinth and a mass fish mortality incident that occurred in July 2021. This study aims to identify the water quality conditions of Selorejo Reservoir from 2021 to 2024, evaluate the accuracy of the results derived from image processing and field data in 2024, and assess its pollution status based on Total Suspended Solids (TSS), Dissolved Oxygen (DO), and water clarity. The identification was conducted using Sentinel-2A imagery from 2021–2024, combined with TSS, DO, and water clarity data collected directly in the field. The water quality status of Selorejo Reservoir over the 2021–2024 period exhibited significant dynamics. According to the Pollution Index, in 2021, 66.67% of the observation points met the quality standards, while 33.33% were classified as lightly polluted. The condition worsened in 2022, with 100% of the observation points classified as lightly polluted. In 2023, the proportion of points meeting quality standards increased to 42.86%, while 57.14% remained classified as lightly polluted. In 2024, the condition declined further, with only 14.29% of points meeting quality standards and 85.71% classified as lightly polluted. The identification of water quality parameter conditions based on their intended use indicated that throughout 2021–2024, TSS and DO generally fell within Class I, whereas water clarity was within Class III. This suggests that the overall water quality of Selorejo Reservoir is classified as Class III, making it suitable for fish farming, livestock, and agricultural irrigation. The accuracy assessment of the 2024 data revealed that the algorithm used in this study demonstrated satisfactory performance, with RMSE and NMAE values below 30%. This study recommends the implementation of comprehensive and sustainable water quality management efforts to ensure that the water quality of Selorejo Reservoir is well-maintained.

Keywords : *Selorejo Dam, Clarity Water, Water Quality, Dissolved Oxygen, Sentinel-2A, Total Suspended Solid*

ABSTRAK

Bendungan Selorejo merupakan bendungan yang terletak di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, yang menjadi salah satu destinasi wisata dan juga dimanfaatkan oleh penduduk sekitar untuk mata pencaharian. Aktivitas manusia yang semakin meningkat di sekitar kawasan bendungan, memunculkan kekhawatiran terhadap penurunan kualitas air yang ditandai dengan kondisi perairan yang dipenuhi enceng gondok dan terjadinya insiden kematian ikan secara massal pada bulan Juli 2021. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi kondisi kualitas air Bendungan Selorejo pada tahun 2021–2024, mengevaluasi tingkat akurasi hasil pengolahan citra dan data lapangan tahun 2024, serta mengetahui status pencemaran air berdasarkan parameter Total Suspended Solid (TSS), Dissolved Oxygen (DO), dan kecerahan air. Identifikasi dilakukan dengan memanfaatkan data citra Sentinel-2A tahun 2021-2024 dan data TSS, DO, kecerahan yang diambil langsung dilapangan. Kondisi kualitas perairan Bendungan Selorejo selama periode 2021–2024 menunjukkan dinamika yang signifikan. Status Indeks Pencemaran mengindikasikan bahwa pada tahun 2021, sebanyak 66,67% titik pengamatan sesuai baku mutu, sedangkan 33,33% tergolong cemar ringan. Kondisi memburuk pada tahun 2022, dengan seluruh titik pengamatan (100%) berada dalam kategori cemar ringan. Tahun 2023 menunjukkan jumlah titik yang sesuai baku mutu meningkat menjadi 42,86%, sementara 57,14% lainnya masih tergolong cemar ringan. Tahun 2024 menunjukkan penurunan lebih lanjut, dengan hanya 14,29% titik yang sesuai baku mutu dan 85,71% tergolong cemar ringan. Identifikasi kondisi parameter kualitas air berdasarkan peruntukannya menunjukkan bahwa selama tahun 2021 – 2024, nilai TSS dan DO secara umum berada pada kelas I, sedangkan kecerahan berada pada kelas III. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan kondisi kualitas air Bendungan Selorejo berada pada kelas III, yaitu dapat digunakan sebagai tempat budidaya ikan, peternakan dan pertanian. Hasil uji akurasi terhadap data tahun 2024 menunjukkan bahwa algoritma yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan nilai RMSE yang baik dan NMAE kurang dari 30%. Penelitian ini merekomendasikan perlunya upaya pemeliharaan kualitas air yang komprehensif dan berkelanjutan, sehingga kondisi kualitas air di Bendungan Selorejo tetap terjaga.

Kata Kunci : *Bendungan Selorejo, Kecerahan Air, Kualitas Air, Oksigen Terlarut, Sentinel-2A, Total Suspended Solid*

ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955

1. Pendahuluan

Bendungan Selorejo merupakan salah satu bendungan yang dikelola Perum Jasa Tirta I yang terletak di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Jawa Timur dan dibangun sejak tahun 1970. Tempat tersebut menjadi salah satu destinasi wisata dan juga dimanfaatkan oleh penduduk sekitar untuk mata pencaharian, seperti pencari ikan, berladang dan menyewakan perahu untuk pengunjung berkeliling waduk (Muljaningsih, 2019). Aktivitas manusia yang semakin meningkat di sekitar kawasan bendungan, memunculkan kekhawatiran terhadap penurunan kualitas air yang dapat berdampak pada ekosistem akuatik dan keberlanjutan fungsi bendungan (Darwanti & Sudarsono, 2018). Hal ini ditandai dengan kondisi perairan yang dipenuhi enceng gondok selama beberapa tahun terakhir. Salah satu insiden yang menonjol adalah pada bulan Juli 2021 terjadi kematian ikan secara massal, yang diduga kuat disebabkan oleh pencemaran limbah, sehingga menegaskan urgensi pemantauan kondisi kualitas air secara berkelanjutan (Titan, 2021).

Permasalahan utama yang dihadapi adalah bagaimana melakukan identifikasi kondisi kualitas air di Bendungan Selorejo selama tahun 2021–2024, serta sejauh mana tingkat pencemaran yang terjadi berdasarkan parameter-parameter utama kualitas air. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana dinamika perubahan kualitas air di Bendungan Selorejo selama tahun 2021–2024, serta sejauh mana tingkat pencemaran yang terjadi berdasarkan parameter-parameter utama kualitas air. Parameter kualitas air yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Total Suspended Solid* (TSS), Oksigen Terlarut/*Dissolved Oxygen* (DO), dan Kecerahan Air. TSS atau padatan tersuspensi total merupakan istilah untuk mengukur jumlah total partikel padat yang terlarut dalam air, yang tersuspensi di daerah perairan (Sukmono, et al., 2019). DO adalah jumlah oksigen yang larut dalam air melakui proses fotosistesis dan difusi oksigen di udara. Semakin besar nilai oksigen terlarut mengindikasikan bahwa air memiliki kualitas yang bagus (Nurhayati, 2020). Sedangkan kecerahan air adalah ukuran sejauh mana cahaya dapat menembus air dan mencapai kedalaman tertentu. Nilai kecerahan yang tinggi dalam perairan adalah tanda bahwa air relatif bersih dan bebas dari pencemaran (Sofarini, 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan identifikasi kondisi kualitas air Bendungan Selorejo pada tahun 2021–2024, mengevaluasi tingkat akurasi hasil pengolahan citra dan data lapangan tahun 2024, serta mengetahui status pencemaran air berdasarkan parameter TSS, DO, dan kecerahan air. Penelitian ini menggunakan pendekatan penginderaan jauh dengan memanfaatkan citra Sentinel-2A yang diolah menggunakan perangkat lunak SNAP, serta didukung oleh pengambilan sampel *in situ* untuk validasi hasil.

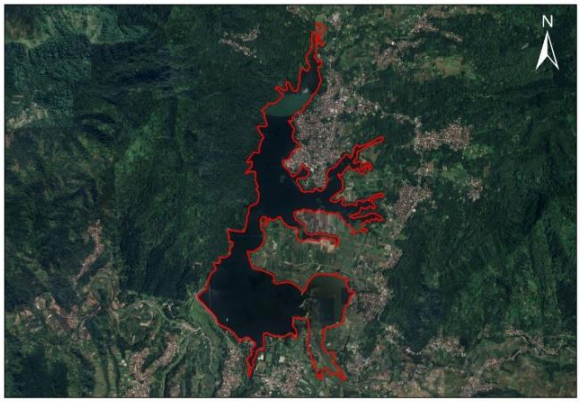
Penelitian terkait pemantauan kualitas air menggunakan citra satelit telah banyak dilakukan, salah satunya oleh Jaelani (2016), yang menyatakan bahwa teknologi penginderaan jauh efektif untuk memantau parameter kualitas air secara spasial dan temporal. Selain itu, penelitian yang telah dilakukan oleh Andini et al. (2016) menunjukkan bahwa penggunaan citra Sentinel-2A dapat memberikan informasi yang akurat mengenai kondisi kualitas air seperti TSS dan kecerahan. Hasil penelitian-penelitian tersebut menjadi landasan teoritis dalam pengembangan metodologi penelitian ini.

Dengan demikian, melalui penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai dinamika kondisi kualitas air di Bendungan Selorejo, serta menjadi referensi bagi pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dan pengambilan kebijakan di masa mendatang.

2. Pembahasan

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Bendungan Selorejo, yang merupakan salah satu bendungan yang terletak di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Secara geografis, lokasi penelitian berada pada koordinat 7°54’37.4” Lintang Selatan dan 112°38’35.9” Bujur Timur.



Gambar 1. *Lokasi Bendungan Selorejo*

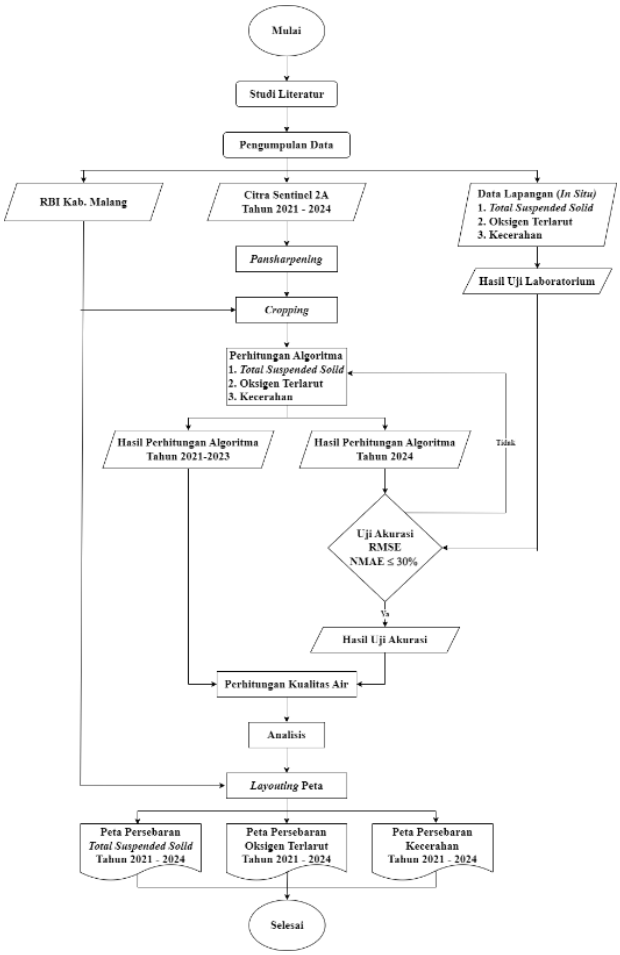
Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Citra satelit Sentinel-2A tahun 2021-2024 yang dimanfaatkan untuk menganalisis serta memetakan perubahan parameter kualitas air di Bendungan Selorejo. Citra ini diolah untuk memperoleh nilai TSS, DO, dan Kecerahan air.
b. Data pengukuran in situ kualitas air yang diperoleh melalui survey data lapangan pada tahun 2024. Data ini digunakan sebagai acuan validasi hasil pengolahan citra satelit.
c. Peta batas administratif Bendungan Selorejo yang digunakan untuk memotong area citra sesuai lokasi penelitian serta sebagai dasar dalam pembuatan layout peta.

Tahapan dari penelitian ini diuraikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 2 berikut ini :

ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955



Gambar 2. *Diagram Alir Penelitian*

Penelitian diawali dengan studi literatur guna memperoleh landasan teori dan pemahaman mendalam terkait parameter kualitas air, metode penginderaan jauh, serta penggunaan citra Sentinel-2A. Setelah itu, dilakukan pengumpulan data yang meliputi citra Sentinel-2A periode 2021–2024, data pengukuran lapangan (in situ) tahun 2024 untuk parameter TSS, DO, dan kecerahan, serta peta RBI Kabupaten Malang sebagai batas wilayah penelitian.

Tahap selanjutnya adalah *pre-processing* data, yang terdiri dari proses *pansharpening* untuk meningkatkan resolusi citra dan *cropping* untuk menyesuaikan area penelitian dengan batas administratif Bendungan Selorejo. Setelah data siap, dilakukan perhitungan algoritma untuk memperoleh nilai TSS, DO, dan kecerahan dari citra Sentinel-2A pada masing-masing tahun penelitian.

Setiap parameter dihitung menggunakan algoritma yang telah terbukti pada penelitian sebelumnya dan relevan dengan karakteristik perairan bendungan/waduk. Pada tahap ini, perhitungan algoritma dilakukan untuk setiap tahun pengamatan, yaitu 2021 hingga 2024. Estimasi TSS pada penelitian ini menggunakan algoritma Sasmito (2022) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$TSS = -12{,}962 + 54{,}76X_{B\frac{4}{6}} - 54{,}891X_{B\frac{4}{6}}{}^{2} + 17{,}918X_{B\frac{4}{6}}{}^{3} \quad \text{... (1)}$$

Keterangan: TSS = *total suspended solid* (mg/l); $B\frac{4}{6}$ = perbandingan reflektan kanal 4 dan 6.

Untuk *dissoveld oxygen* (DO) menggunakan algoritma yang dikemukakan oleh Mujito (1997) dan sudah diaplikasikan dalam penelitian Nurhayati, dkk (2020), yang menghubungkan nilai reflektan kanal 2 dan 4. Persamaannya adalah :

$$\text{DO} = 5{,}2550 - 3{,}58125 \text{ x } \left[\frac{b2}{b4+1}\right] \quad \text{... (2)}$$

Keterangan: DO = oksigen terlarut (mg/l); b2 = Nilai reflektan kanal 2; b4 = Nilai reflektan kanal 4.

Sementara itu, perhitungan kecerahan dilakukan dengan menggunakan Algoritma Chipman (2004) berikut ini :

$$\text{Kecerahan} = -3{,}307 + 2{,}183\text{X} \quad \text{... (3)}$$

Keterangan: Kecerahan = Kemampuan sinar matahari untuk menembus perairan; X = reflektan kanal b2/b4.

Hasil estimasi parameter dari citra tahun 2024 selanjutnya akan divalidasi menggunakan data lapangan melalui uji akurasi dengan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Normalized Mean Absolute Error (NMAE)*. RMSE dilakukan untuk mengukur seberapa besar kesalahan berdasarkan pada *error* hasil estimasi, semakin kecil nilai RMSE menjukkan bahwa hasil estimasi semakin mendekati nilai observasi. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Jaelani, 2016):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(x_{esti,i} - x_{meas,i}\right)^2}{N}} \quad \text{... (4)}$$

Keterangan:
RMSE = *Root Mean Square*
$x_{esti,i}$ = Hasil estimasi pengolahan citra
$x_{meas,i}$ = Hasil pengukuran lapangan
N = Banyaknya data sampel

Selain RMSE, digunakan juga NMAE untuk menilai tingkat kualitas atau kelayakan data. Data hasil estimasi dinyatakan layak apabila nilai NMAE ≤ 30%, yang berarti tingkat kesalahan relative mmasih dalam batas yang dapat diterima. Adapun NMAE adalah sebagai berikut (Jaelani, 2016):

$$NMAE = \frac{1}{N}\sum\frac{N}{i=1}\left|\frac{x_{esti,i} - x_{meas,i}}{x_{meas.i}}\right| x\ 100 \quad \text{... (5)}$$

Keterangan:
NMAE = *Normalized Mean Absolute Error*
$x_{esti,i}$ = Hasil estimasi pengolahan citra
$x_{meas,i}$ = Hasil pengukuran lapangan
N = Banyaknya data sampel

Tahapan analisis kualitas air dilakukan setelah seluruh data parameter hasil perhitungan algoritma dan uji

ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955

akurasi dinyatakan valid. Penilaian kualitas air berdasarkan peruntukkannya sesuai dengan baku mutu air danau dan sejenisnya yang mengacu pada Lampiran VI Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup:

Tabel 1. *Baku Mutu Air.*

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
TSS	mg/l	25	50	100	400
DO	mg/l	6	4	3	1
Kecerahan	m	10	4	2.5	-

Keterangan:
- Kelas I, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk air minum dan untuk peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- Kelas II, air yang peruntukkanya dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, pertenakan, air untuk mengairi pertanaman dan untuk peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- Kelas III, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan untuk peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- Kelas IV, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi, pertanaman dan untuk peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Selanjutnya untuk menentukan kualitas air berdasarkan tingkat pencemaran, digunakan metode indeks pencemaran (IP) sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 27 Tahun 2021. Indeks pencemaran dihitung dengan rumus berikut :

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{Ci}{Lij}\right)_M^2 + \left(\frac{Ci}{Lij}\right)_R^2}{2}} \quad \ldots (6)$$

Keterangan :
Lij = Konsentrasi baku peruntukkan air (j)
Ci = Konsentrasi sampel parameter kualitas air (i)
IPj = Pencemaran air bagi peruntukkan (j)
$(C_i/L_{ij})_M$ = Nilai maksimum dari C_i/L_{ij}
$(C_i/L_{ij})_R$ = Nilai rata-rata dari C_i/L_{ij}
Dengan kriteria status baku mutu air berdasarkan nilai indeks pencemaran sebagai berikut :
- $0 \leq IPj \leq 1{,}0$: memenuhi baku mutu
- $1{,}0 \leq IPj \leq 5{,}0$: cemar ringan
- $5{,}0 \leq IPj \leq 10{,}0$: cemar sedang
- $IPj \geq 10{,}0$: cemar berat

Hasil Penelitian

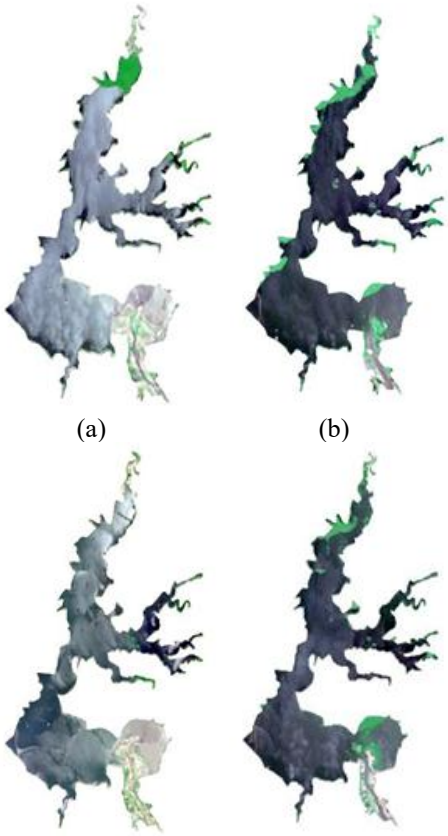
Hasil estimasi parameter kualitas air merupakan nilai yang diperoleh dari algoritma yang digunakan untuk memprediksi parameter kualitas air. Nilai tersebut dihasilkan berdasarkan analisis data citra satelit. Berdasarkan hasil pengolahan citra satelit di Bendungan Selorejo, terdapat 2 komponen utama yaitu badan air dan vegetasi. Badan air meliputi permukaan air bendungan, sementara vegetasi mencakup berbagai jenis tumbuhan yang tumbuh disekitar dan sepanjang tepi bendungan.



(a) (b)

Gambar 3. *Kondisi Bendungan Selorejo (a) Tahun 2023 (b) Tahun 2024*

Berikut ini merupakan kenampakan data citra satelit di Bendungan Selorejo tahun 2021 – 2024 :



(a) (b)
(c) (d)

Gambar 4. *Citra Bendungan Selorejo (a) Tahun 2021 (b) Tahun 2022 (c) Tahun 2023 (d) Tahun 2024*

ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955

Berdasarkan kondisi Bendungan Selorejo yang sebagian tertutup oleh vegetasi, mengakibatkan identifikasi tidak dapat dilakukan di seluruh perairan bendungan. Hal ini dikarenakan permukaan bendungan yang tertutup vegetasi tidak dapat menghasilkan data pengolahan yang sesuai dengan parameter kualitas air yang diteliti. Berikut ini adalah hasil luasan badan air Bendungan Selorejo tahun 2021 – 2024 yang dapat diidentifikasi yang selanjutnya dipakai untuk melakukan idetifikasi dan analisis parameter kualitas air.

Tabel 2. *Luasan Bendungan Selorejo Tahun 2021 – 2024*

Tahun	Luas (Ha)			Presentase Vegetasi
	Total	Badan Air	Vegetasi	
2021	310,764	232,610	78,154	25,15
2022	310,764	215,455	95,309	30,67
2023	310,764	245,145	65,619	21,02
2024	310,764	215,289	95.475	30,72

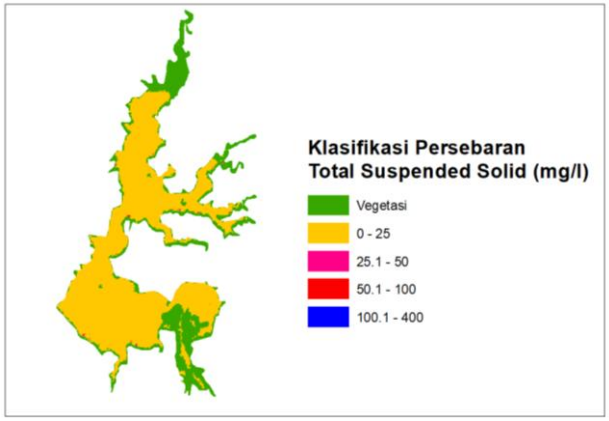
a. Hasil *Total Suspended Solids* (TSS)

Hasil TSS berdasarkan pengolahan citra Sentinel-2A tahun 2021 – 2024 adalah sebagai berikut:

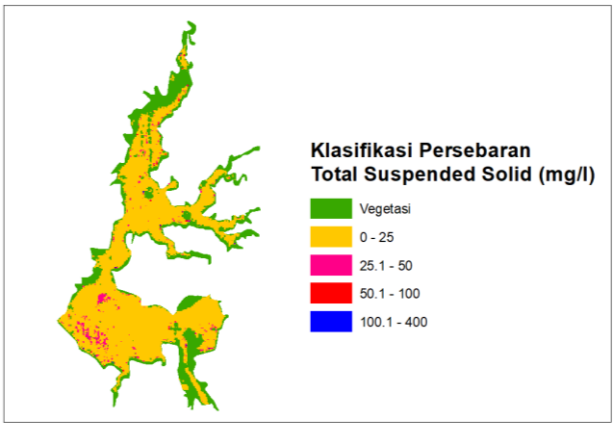
Tabel 3. *Nilai TSS*

Tahun	Nilai TSS *(mg/l)*	
	Min	Max
2021	0,090	68,717
2022	10,369	343,204
2023	0,309	87,968
2024	1,416	231,391

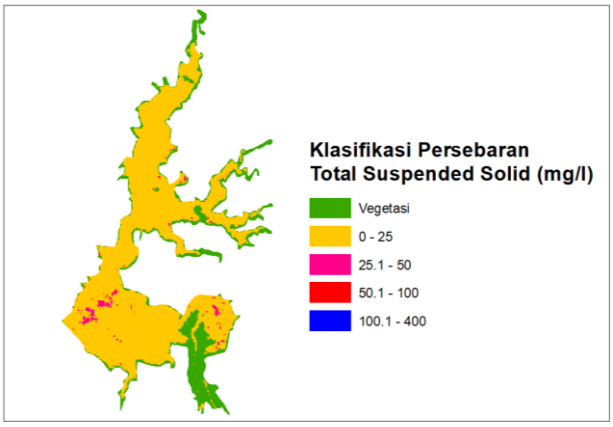
Nilai TSS yang dihasilkan kemudian divisualisasikan secara tahunan, sebagaimana disajikan berikut ini :



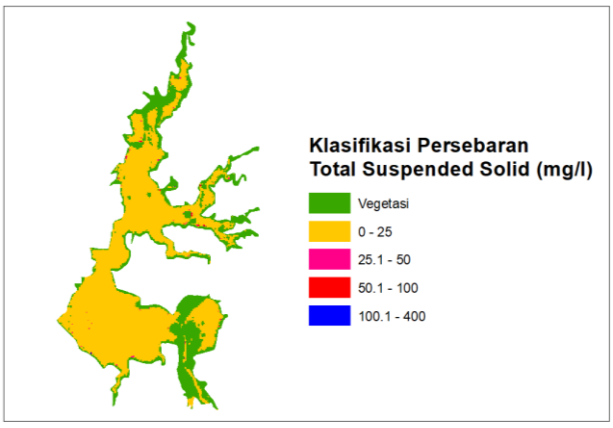
Gambar 5. *Persebaran TSS Tahun 2021*



Gambar 6. *Persebaran TSS Tahun 2022*



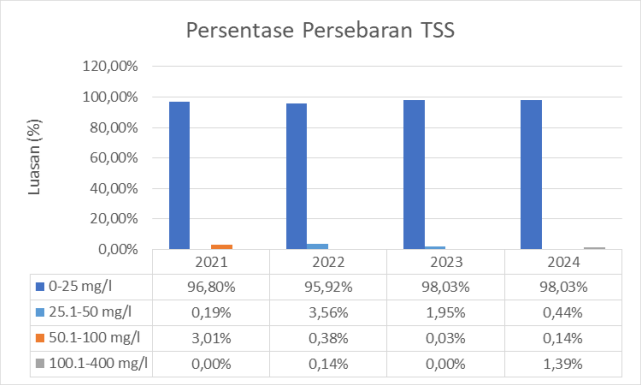
Gambar 7. *Persebaran TSS Tahun 2023*



Gambar 8. *Persebaran TSS Tahun 2024*

Dari visualisasi yang telah dihasilkan, diketahui distribusi luas area pada setiap kelas TSS beserta presentasenya.

ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955



	2021	2022	2023	2024
0-25 mg/l	96,80%	95,92%	98,03%	98,03%
25.1-50 mg/l	0,19%	3,56%	1,95%	0,44%
50.1-100 mg/l	3,01%	0,38%	0,03%	0,14%
100.1-400 mg/l	0,00%	0,14%	0,00%	1,39%

Gambar 9. *Persentase Persebaran Luasan TSS*

Analisis TSS Bendungan Selorejo selama periode 2021 – 2024 menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup signifikan. Pada tahun 2021, nilai TSS berkisar antara 0,090 – 68,717 mg/l dengan cakupan area 96,80% yang tergolong dalam kelas 0 – 25 mg/l, menandakan kualitas air yang baik dan minim sedimentasi. Tahun 2022 terjadi lonjakan TSS dengan rentang 10,369 – 343,204 mg/l dengan cakupan 95,92% yang tergolong dalam kelas 0 – 25 mg/l. Sementara kelas-kelas lebih tinggi mengalami peningkatan, termasuk munculnya kelas 100,1–400 mg/l. Hal ini mengindikasikan terjadinya pencemaran pada tahun 2022. Pada tahun 2023 nilai TSS kembali menurun drastis ke rentang 0,309 – 87,968 mg/l dengan cakupan area 98,03% yang tergolong dalam kelas 0 – 25 mg/l, yang menandakan perbaikan kualitas air. Tahun 2024, TSS berada pada kisaran 1,416 – 231,391 mg/l dengan cakupan area 98,03% yang tergolong dalam kelas 0 – 25 mg/l, hanya 1,97% area yang memiliki nilai TSS di atas 25 mg/l. Secara umum, kualitas air pada tahun 2024 terkendali dan tidak menunjukkan tingkat kekeruhan yang tinggi.

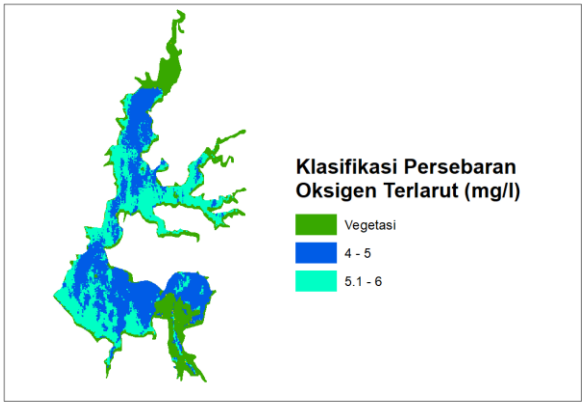
b. Oksigen Terlarut (DO)

Hasil Oksigen Terlarut berdasarkan pengolahan citra Sentinel-2A tahun 2021 – 2024 adalah sebagai berikut:

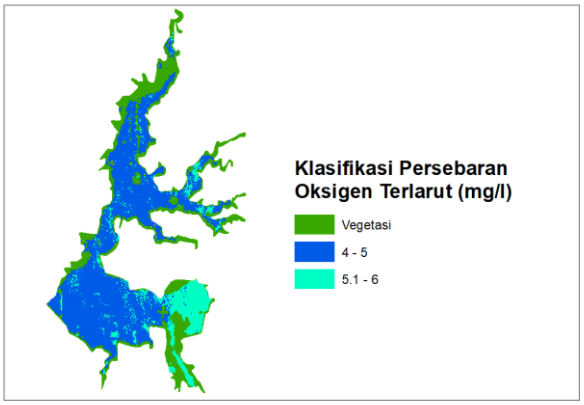
Tabel 3. *Nilai Oksigen Terlarut*

Tahun	Nilai DO (mg/l)	
	Min	Max
2021	4,587	5,206
2022	4,424	5,234
2023	4,413	5,204
2024	4,281	5,225

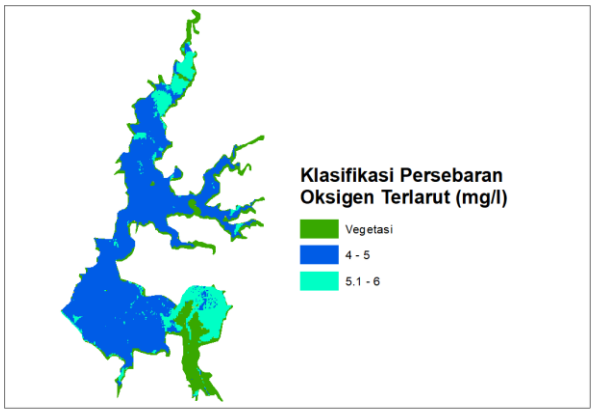
Berdasarkan data pada Tabel 3, nilai minimum DO menunjukkan tren penurunan dari 4,587 menjadi 4,281 mg/l, yang menandakan adanya penurunan kualitas air di beberapa area bendungan. Penurunan paling signifikan terjadi antara tahun 2023 dan 2024. Sementara itu, nilai maksimum DO relatif stabil, yakni dari 5,206 menjadi 5,225 mg/l, sehingga di beberapa bagian bendungan masih terdapat area dengan kadar oksigen yang baik. Secara keseluruhan, nilai DO masih berada dalam kondisi yang layak untuk mendukung kehidupan akuatik (>4 mg/l), meskipun nilai minimum DO tetap perlu menjadi perhatian. Hasil analisis DO ini kemudian diklasifikasikan ke dalam 2 kelas sebagai berikut :



Gambar 5. *Persebaran DO Tahun 2021*

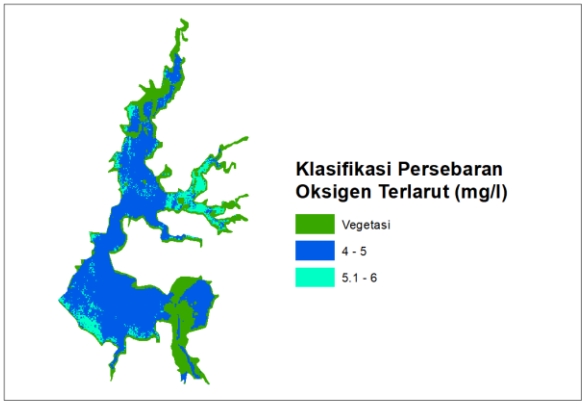


Gambar 6. *Persebaran DO Tahun 2022*



Gambar 7. *Persebaran DO Tahun 2023*

ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955



Gambar 8. *Persebaran DO Tahun 2024*

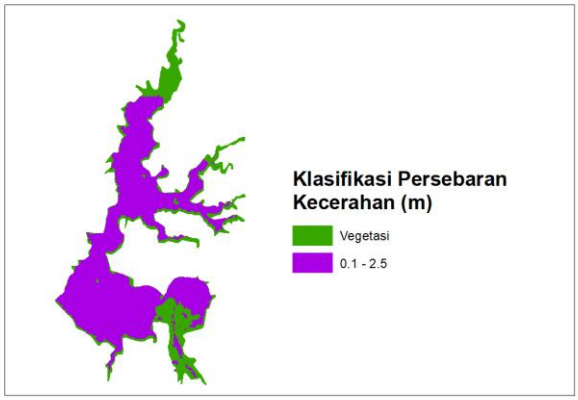
c. Kecerahan Air

Melalui analisis citra Sentinel 2A, diperoleh estimasi tingkat kecerahan air di area penelitian, dengan hasil yang disajikan berikut ini:

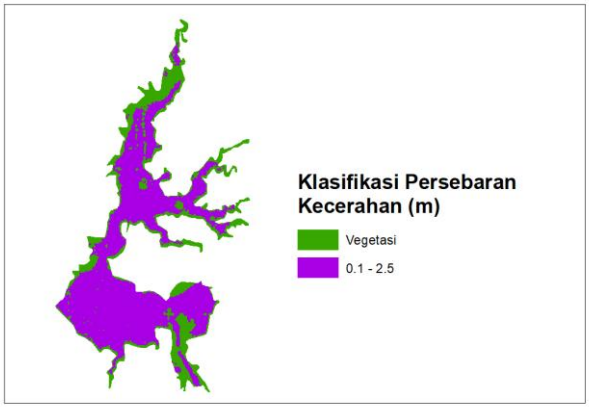
Tabel 4. *Nilai Kecerahan.*

Tahun	Nilai Kecerahan	
	MIN	MAX
2021	0,534	1,927
2022	0,006	2,269
2023	0,183	2
2024	1,769	2,254

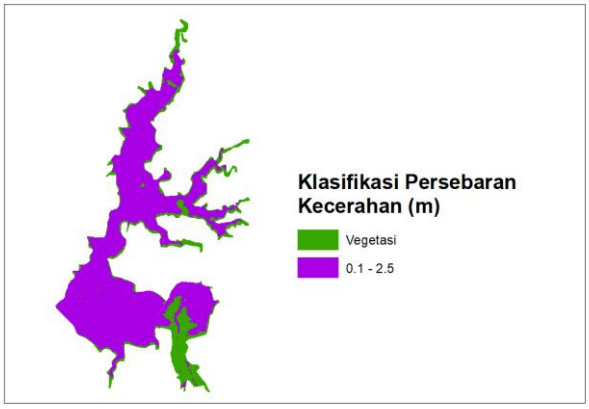
Berdasarkan pada data yang tersaji pada Tabel 4, nilai minimum kecerahan mengalami kenaikan dari 0,534 menjadi 1,769, yang mengindikasikan adanya peningkatan kualitas kecerahan di sejumlah area bendungan. Sementara itu, nilai maksimum kecerahan relatif stabil, yakni dari 1,927 hingga 2,254, sehingga di beberapa bagian bendungan masih terjaga tingkat kejernihan airnya. Secara keseluruhan, hasil analisis kecerahan di Bendungan Selorejo dapat dilihat pada gambar berikut:



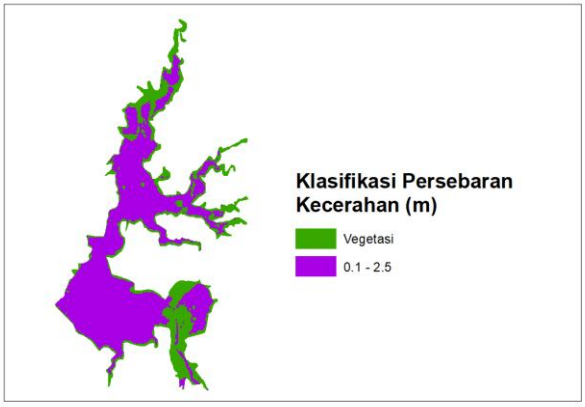
Gambar 9. *Persebaran Kecerahan Tahun 2021*



Gambar 10. *Persebaran Kecerahan Tahun 2022*



Gambar 11. *Persebaran Kecerahan Tahun 2023*

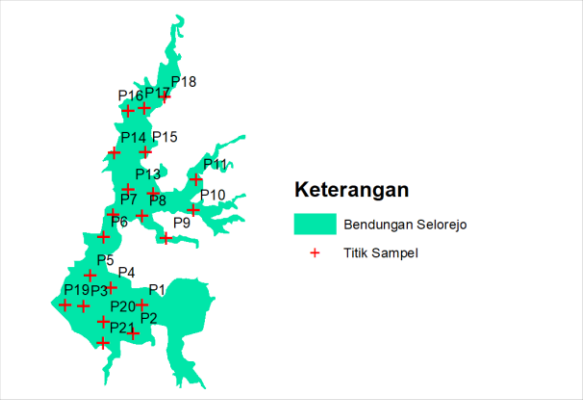


Gambar 12. *Persebaran Kecerahan Tahun 2024*

1. Hasil Uji Akurasi Tahun 2024

Berikut merupakan visualisasi persebaran titik sampel di Bendungan Selorejo :

ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955



Gambar 13. *Persebaran Titik Sampel*

Sebanyak 21 titik sampel dipilih secara strategis di seluruh area Bendungan Selorejo. Penentuan lokasi titik sampel ini dirancang sedemikian rupa agar mampu merepresentasikan variasi kondisi lingkungan di berbagai bagian bendungan. Berikut disajikan hasil perhitungan uji akurasi :

Tabel 5. *Hasil Uji Akurasi Kualitas Air*

No	Parameter	RMSE	NMAE (%)
1.	TSS	1,791 mg/l	21,578
2.	DO	1,350 mg/l	13,884
3.	Kecerahan	0,342 m	22,096

Berdasarkan ketiga tabel parameter di atas, dapat disimpulkan bahwa algoritma TSS (Sasmito, 2022), algoritma DO (Nurhayati, 2020), dan algoritma kecerahan (Chipman, 2004) masih layak dan efektif diterapkan pada Bendungan Selorejo. Hal ini dibuktikan dengan tingkat kesalahan antara hasil pengolahan citra dan data lapangan yang seluruhnya berada di bawah ambang batas maksimum NMAE ≤ 30%, sehingga seluruh algoritma tersebut memenuhi kriteria minimum akurasi yang dipersyaratkan.

d. Kondisi Kualitas Perairan

Kondisi kualitas perairan digunakan sebagai dasar untuk menilai dan mendeskripsikan status lingkungan air di Bendungan Selorejo. Dalam penelitian ini, penilaian kualitas air difokuskan pada sejumlah parameter utama yang berperan dalam menentukan tingkat kualitas perairan. Penentuan kondisi perairan dilakukan dengan mengambil 21 titik sampel lokasi berdasarkan data pengolahan citra tahun 2021 – 2024.

1) Berdasarkan Tingkat Pencemaran

Penentuan kondisi kualitas air berdasarkan tingkat pencemaran dihitung menggunakan Indeks Pencemaran yang merujuk kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. Berikut merupakan hasil perhitungan Indeks Pencemaran Air berdasarkan hasil pengolahan data citra satelit :

Tabel 6. *Status Mutu Indeks Pencemaran Air*

Status Mutu	Persentase (%)			
	2021	2022	2023	2024
Memenuhi Baku Mutu	66,67	0	42,86	14,29
Cemar Ringan	33,33	100	57,14	85,71
Cemar Sedang	0	0	0	0
Cemar Berat	0	0	0	0
Total	100	100	100	100

Berdasarkan 21 titik sampel lokasi didapatkan hasil Indeks Pencemaran Air di Bendungan Selorejo tahun 2021 – 2024 secara keseluruhan berada pada status mutu memenuhi baku mutu dan tercemar ringan.

2) Berdasarkan Peruntukkannya

Penentuan kondisi kualitas air berdasarkan peruntukannya sesuai dengan baku mutu air danau dan sejenisnya yang mengacu pada Lampiran VI Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang dibagi menjadi 4 kelas peruntukan. Berikut merupakan hasil penentuan kualitas air berdasarkan hasil pengolahan data citra satelit :

Tabel 7. *Kualitas Air Berdasarkan Peruntukannya*

Parameter	2021	2022	2023	2024
TSS	I	I	I	I
DO	I	I	I	I
Kecerahan	III	III	III	III

Berdasarkan 21 titik sampel lokasi didapatkan hasil kondisi kualitas air berdasarkan peruntukannya di Bendungan Selorejo tahun 2021 – 2024 secara keseluruhan berada pada kelas I untuk parameter TSS dan DO, sedangkan kecerahan berada pada kelas III. Dimana kelas I dapat digunakan sebagai air minum, sedangkan kelas III dapat digunakan sebagai pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan pertanian.

3. Kesimpulan

Kondisi kualitas perairan Bendungan Selorejo selama periode 2021–2024 menunjukkan dinamika yang signifikan. Status Indeks Pencemaran air berdasarkan hasil pengolahan citra mengindikasikan bahwa pada tahun 2021, sebanyak 66,67% titik pengamatan sesuai baku mutu, sedangkan 33,33% tergolong cemar ringan. Kondisi memburuk pada tahun 2022, dengan seluruh titik pengamatan (100%) berada dalam kategori cemar ringan. Tahun 2023 menunjukkan jumlah titik yang sesuai baku mutu meningkat menjadi 42,86%, sementara 57,14% lainnya masih tergolong cemar ringan. Tahun 2024 menunjukkan penurunan lebih lanjut, dengan hanya 14,29% titik yang sesuai baku mutu dan 85,71% tergolong

ISSN PRINT : 2338-6762
ISSN ONLINE : 2477-6955

cemar ringan. Identifikasi kondisi parameter kualitas air berdasarkan peruntukannya menunjukkan bahwa selama tahun 2021 – 2024, nilai TSS dan DO secara umum berada pada kelas I, sedangkan kecerahan berada pada kelas III. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan kondisi kualitas air Bendungan Selorejo berada pada kelas III, yaitu dapat digunakan sebagai tempat budidaya ika, peternakan dan pertanian. Hasil uji akurasi terhadap data tahun 2024 menunjukkan bahwa algoritma yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan nilai RMSE dan NMAE untuk TSS sebesar 1,791 mg/l dan 21,578%, untuk DO sebesar 1,350 mg/l dan 13,884%, serta untuk kecerahan sebesar 0,342 m dan 22,096%. Seluruh nilai NMAE berada di bawah ambang batas 30%.

Secara keseluruhan, tahun 2022 tercatat sebagai periode dengan kondisi terburuk, di mana seluruh titik pengamatan mengalami pencemaran ringan. Tahun 2021, 2023, dan 2024 menunjukkan kondisi yang relatif lebih baik, meskipun kecerahan air konsisten berada pada kelas III. Penelitian ini merekomendasikan perlunya upaya pemeliharaan kualitas air yang komprehensif dan berkelanjutan, sinkronisasi waktu pengambilan data in situ dengan perekaman citra satelit untuk meningkatkan akurasi, serta persiapan administratif yang matang guna mendukung kelancaran penelitian di masa mendatang.

Daftar Pustaka

Andini, V. M., Mutiara, I., & Witasari, Y. (2016). Studi sebaran total suspended solid (TSS) menggunakan citra Aqua Modis di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat. Teknik Geomatika ITS, 204.

Darwanti, E. C., & Sudarsono. (2018). Kualitas perairan di Telaga Sarangan Magetan Jawa Timur berdasarkan indeks keanekaragaman plankton. Jurnal Prodi Biologi, 1–2.

Indonesia. 2021. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. Jakarta.

Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lampiran VI. Jakarta.

Jaelani, L. M., Kartikasari, F., & Winarso, G. (2016). Analisis sebaran konsentrasi suhu permukaan laut dan pH untuk pembuatan peta lokasi budidaya kerapu bebek menggunakan citra satelit Landsat-8 (Studi kasus, Teluk Lampung, Lampung). Jurnal Teknik ITS, 403.

Jaelani, L. M., Limehuwey, R., Kurniadin, N., Pamungkas, A., Koenhardono, E. S., & Sulisetyono, A. (2016). Estimation of TSS and Chl-a concentration from Landsat 8-OLI; The effect of atmosphere and retrieval algorithm. The Journal for Technology and Science, 18.

Muljaningsih, S. (2019). Pengembangan Waduk Selorejo Berkelanjutan : Perspektif. Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah`, 4(2), 335–340.

Nurhayati, S., Rahman, A., & Dharmahi, D. (2020). Aplikasi data citra satelit Landsat 8 OLI-TIRS dan sistem informasi geografis untuk mengetahui sebaran kualitas air di Waduk Riam Kanan Kecamatan Aranio, Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. Aquatic, 84.

Sasmito, B., Bashit, N., & Rachmadiana, E. (2022). Analisis perubahan konsentrasi total suspended solid secara multitemporal menggunakan citra Sentinel 2A (Studi kasus: Danau Rawa Pening, Jawa Tengah). Journal Geodesi Undip, 180.

Sofarini, D. (2012). Keberadaan dan kelimpahan fitoplankton sebagai salah satu indikator kesuburan lingkungan perairan di Waduk Riam Kanan. Enviro Scienteae, 8, 33.

Sukmono, A., Bashit, N., Rajagukguk, T. A., & Silalahi, E. (2019). Pemantauan kualitas perairan Waduk Kedung Ombo periode 2013-2018 dengan citra Landsat 8 multitemporal. Jurnal Geodesi dan Geomatika, 117.

Titan, A. (2021). Ikan-ikan di Waduk Selorejo Malang Mati, Warga Geger. Jatimnow.com. 09 Juli 2021.