

**ANALISIS KUALITAS AIR BERDASARKAN PARAMETER *TOTAL
SUSPENDED SOLID* DAN KLOROFIL-A MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT 8 DI BENDUNGAN WAY RAREM**

(Skripsi)

Oleh

**VIONITA GUNAWAN
NPM 1915013008**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**ANALISIS KUALITAS AIR BERDASARKAN PARAMETER *TOTAL
SUSPENDED SOLID* DAN KLOOROFIL-A MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT 8 DI BENDUNGAN WAY RAREM**

Oleh

VIONITA GUNAWAN

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS KUALITAS AIR BERDASARKAN PARAMETER *TOTAL SUSPENDED SOLID* DAN KLOOROFIL-A MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 DI BENDUNGAN WAY RAREM

Oleh:

VIONITA GUNAWAN

Pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang masif di Bendungan Way Rarem, Lampung Utara, menjadi indikator adanya tekanan ekologis yang berdampak pada penurunan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kualitas air melalui parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dan klorofil-a pada tahun 2025. Hal ini dilakukan guna memberikan gambaran aktual mengenai kondisi kualitas air di Bendungan Way Rarem secara menyeluruh sebagai dasar pengelolaan ekosistem yang berkelanjutan.

Penelitian ini memanfaatkan data utama berupa citra satelit Landsat 8 tahun 2025. Estimasi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan melalui tiga algoritma empiris yaitu Budiman, Laili, dan Parwati yang kemudian divalidasi dengan data lapangan (*In-situ*), dimana akurasi model diukur menggunakan RMSE. Sementara itu, konsentrasi klorofil-a diestimasi menggunakan algoritma berbasis *Normalized Difference Chlorophyll Index* (NDCI). Hubungan korelasi antara TSS dan klorofil-a diuji menggunakan metode statistik korelasi *pearson*.

Hasil penelitian pada tahun 2025 menunjukkan bahwa algoritma Budiman merupakan model terbaik dalam mengestimasi TSS dengan nilai RMSE sebesar 1,571. Parameter TSS dalam penelitian ini berfungsi sebagai indikator material tersuspensi yang membawa asupan nutrisi bagi vegetasi air. Berdasarkan hasil pemetaan klorofil-a menggunakan indeks NDCI, status kualitas air di Bendungan Way Rarem didominasi oleh status Hipereutrofik (kesuburan tinggi) dan Mesotrof (kesuburan sedang) yang terkonsentrasi pada wilayah dengan kepadatan eceng gondok yang tinggi. Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan positif antara parameter TSS dan klorofil-a dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,556$. Hubungan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi material tersuspensi di perairan berkontribusi terhadap meningkatnya kesuburan perairan yang memicu pertumbuhan vegetasi air seperti eceng gondok di Bendungan Way Rarem.

Kata Kunci: Kualitas air, *Total Suspended Solid*, Klorofil-a, Penginderaan jauh

ABSTRACT

ANALYSIS OF WATER QUALITY BASED ON TOTAL SUSPENDED SOLID AND CHLOROPHYLL-A PARAMETERS USING LANDSAT 8 IMAGERY IN WAY RAREM

By:

VIONITA GUNAWAN

The massive growth of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the Way Rarem Reservoir, North Lampung, serves as an indicator of ecological pressure impacting water quality degradation. This study aims to analyze water quality conditions through Total Suspended Solid (TSS) and chlorophyll-a parameters in 2025. This analysis was conducted to provide a comprehensive and actual overview of the water quality conditions in the Way Rarem Reservoir as a basis for sustainable ecosystem management. This study utilizes Landsat 8 satellite imagery from 2025 as the primary data source. The estimation of Total Suspended Solid (TSS) concentrations was performed using three empirical algorithms—Budiman, Laili, and Parwati—which were subsequently validated with in-situ field data, with model accuracy measured using RMSE. Meanwhile, chlorophyll-a concentrations were estimated using an algorithm based on the Normalized Difference Chlorophyll Index (NDCI). The correlation between TSS and chlorophyll-a was tested using the Pearson correlation statistical method. The results of the 2025 study indicate that the Budiman algorithm is the best model for estimating TSS, with an RMSE value of 1.571. The TSS parameter in this study functions as an indicator of suspended materials that carry nutrient inputs for aquatic vegetation. Based on the chlorophyll-a mapping using the NDCI index, the water quality status in the Way Rarem Reservoir is dominated by Hypereutrophic (high fertility) and Mesotrophic (moderate fertility) statuses, which are concentrated in areas with high water hyacinth density. The Pearson correlation test results show a positive relationship between TSS and chlorophyll-a parameters, with a correlation coefficient value of $r = 0.556$. This relationship indicates that an increase in the concentration of suspended materials in the waters contributes to increased water fertility, which triggers the growth of aquatic vegetation such as water hyacinth in the Way Rarem Reservoir..

Keywords: Water Quality, Total Suspended Solid, Chlorophyll-a, Remote Sensing

Judul Skripsi

: **ANALISIS KUALITAS AIR BERDASARKAN
PARAMETER *TOTAL SUSPENDED SOLID*
DAN KLOROFIL-A MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT 8 DI BENDUNGAN WAY RAREM**

Nama Mahasiswa

: **Vionita Gunawan**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1915013008

Jurusan

: Teknik Geodesi dan Geomatika

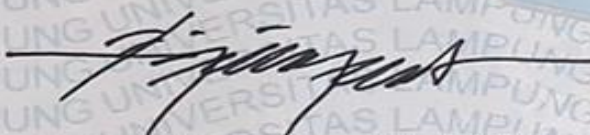
Fakultas

: Teknik



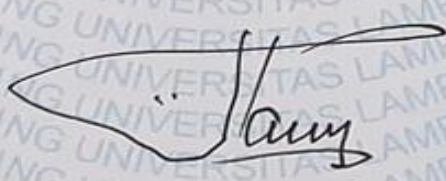
Pembimbing 1

Pembimbing 2


Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP. 197203022006041002


Rahma Anisa, S.T., M.Eng.
NIP. 199307162020122032

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

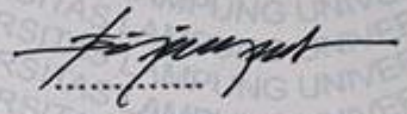

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP. 1964101219922031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

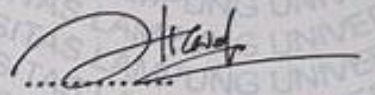
Ketua

: Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.

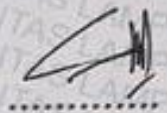


Sekretaris

: Rahma Anisa, S.T., M.Eng.

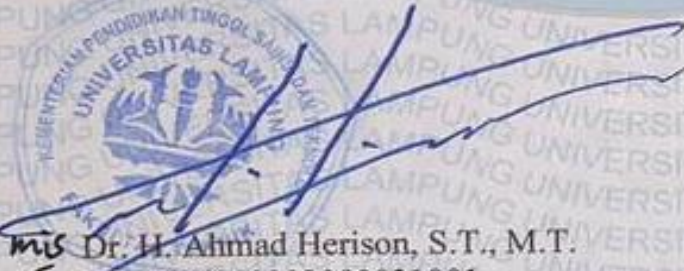


Penguji Utama Bukan Pembimbing : Atika Sari, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 196910302000031001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Januari 2026



PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Sebagai civitas akademika Universitas Lampung saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Vionita Gunawan
NPM : 1915013008
Judul Skripsi : Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter *Total Suspended Solid* dan Klorofil-a Menggunakan Citra Landsat 8 di Bendungan Way Rarem
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya tulis bukan terjemahan, saduran ataupun terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi. Dalam Skripsi ini terdapat tulisan ataupun pendapat yang diterbitkan atau dibuat oleh orang lain dan dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan tercantum sebagai acuan dalam naskah yang tercantum di dalam Daftar Pustaka. Pernyataan ini dibuat dengan jujur, jika dikemudian hari terdapat penyimpangan atau kebohongan, saya bersedia menerima hukuman ataupun sanksi akademika sesuai dengan peraturan dan norma yang berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, Maret 2026



Vionita Gunawan
NPM. 1915013008

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 30 September 2000 sebagai anak pertama dari dua bersaudara yang merupakan Putri dari Bapak Gunawan Wibisono dan Ibu Rita Susana. Penulis berdomisili di Kota Bandar Lampung.

Penulis menempuh pendidikan pertama di Taman Kanak-Kanak (TK) Fransiskus Tanjung Karang Pusat, Bandar Lampung pada tahun 2005 hingga tahun 2006. Kemudian, penulis melanjutkan Pendidikan dasar di SD Fransiskus Tanjung Karang Pusat, Bandar Lampung pada tahun 2007 hingga tahun 2012. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 16 Bandar Lampung pada tahun 2013 hingga tahun 2016. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMA Negeri 10 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan studi di Universitas Lampung pada Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, melalui jalur SNMPTN.

Pada tahun 2022 bulan Januari-Februari penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Kelurahan Way Laga, Kecamatan Sukabumi, Kota Bandar Lampung. Kemudian pada tahun 2022 bulan Juli-Agustus penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Bandung.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.), penulis menyusun skripsi yang berjudul " Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter *Total Suspended Solid* dan Klorofil-a Menggunakan Citra Landsat 8 di Bendungan

Way Rarem" dengan pembimbing Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. dan Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil' alamin

Puji Syukur kepada Allah SWT Tuhan semesta alam dan atas dukungan serta doa dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu dengan rasa Syukur dan Bahagia saya persembahkan rasa terima kasih saya kepada:

“Kedua orang tua saya yang telah banyak memberikan dukungan secara materil dan morel sehingga saya mampu sampai pada tahap menyelesaikan skripsi. Terima kasih atas segala ajaran moral, pengorbanan, nasihat dan doa baik yang selalu terucap. Saya selamanya bersyukur atas keberadaan kalian sebagai orang tua.”

“Bapak/Ibu Dosen yang telah mengajarkan saya arti penting dari ilmu pengetahuan dan membantu saya dalam mengembangkan perspektif dan pola pikir, serta teman-teman Angkatan 2019 Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah memberikan dorongan dan dukungan yang positif kepada saya.”

“Teman-teman di luar perkuliahan saya yang senantiasa selalu mendengarkan keluhan dan memberikan banyak masukan kepada saya.”

MOTTO

“Bukan tentang seberapa cepat, tapi tentang keteguhan untuk terus melangkah.
Karena setiap progres kecil tetaplah sebuah kemajuan”

“In the middle of difficulty lies opportunity”

Albert Einstein

"It will pass, everything you've gone through it will pass"

Rachel Vennya Roland

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter *Total Suspended Solid* dan Klorofil-a Menggunakan Citra Landsat 8 di Bendungan Way Rarem”. Skripsi ini penulis susun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Geodesi di Universitas Lampung.

Skripsi ini disusun sebagai prasyarat untuk meraih gelar sarjana di Jurusan Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung. Skripsi ini tidak terlepas dari dukungan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap pihak yang membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini:

1. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng., selaku Koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Ibu Atika Sari, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji
7. Ibu Rizka Mayasari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Orangtua dan semua keluarga yang senantiasa mendukung, memberikan doa dan motivasi, dan selalu ada untuk penulis.
9. Kepada seluruh teman-teman Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung Angkatan 2019 dan rekan-rekan lainnya yang telah memberikan dukungan dan semangat selama penyusunan Skripsi ini.

Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan ataupun kekurangan dalam penyusunan Skripsi ini. Penulis berharap Skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat baik bagi penulis maupun bagi para pembacanya, khususnya sebagai referensi dan menambah wawasan para pembacanya. Demikian yang dapat penulis sampaikan, atas perhatian dan segala kesempatan yang telah diberikan oleh semua pihak penulis mengucapkan terima kasih.

Bandar Lampung, Maret 2026

Vionita Gunawan

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Penginderaan Jauh.....	9
2.3 Landsat 8.....	10
2.3.1 <i>Instrumen Operational Land Imager (OLI)</i>	10
2.3.2 <i>Instrumen Thermal Infrared Sensor (TIRS)</i>	10
2.4 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	11
2.5 Algoritma Penentuan Konsentrasi TSS.....	12
2.5 Klorofil-a.....	13
2.6 <i>Normalized Difference Water Index (NDWI)</i>	14
2.7 <i>Normalized Difference Chlorophyll Index (NDCI)</i>	14
2.8 Algoritma Penentuan Klorofil-a.....	15
2.9 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	16
2.10 Status Trofik Perairan.....	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Lokasi Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Data.....	19
3.2.1 Alat.....	19
3.2.2 Data Penelitian.....	19
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.4 Tahap Persiapan Penelitian.....	22
3.4.1 Studi Literatur.....	22
3.4.2 Pengumpulan Data.....	22
3.5 Tahapan Pengolahan Data.....	25
3.5.1 Pemotongan Citra.....	26
3.5.2 Pengolahan NDWI.....	26
3.5.3 Perhitungan Algoritma TSS.....	27

3.5.4 Pembagian Kelas untuk TSS.....	29
3.5.5 Uji Validasi Data.....	30
3.5.6 Pengolahan NDCI	30
3.5.7 Perhitungan Nilai Klorofil-a	31
3.5.8 Pembagian Kelas untuk Klorofil-a.....	32
3.5.9 Uji Korelasi Nilai TSS dan Klorofil-a	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Peta Hasil	35
4.1.1 Peta Hasil TSS.....	35
4.1.2 Peta Hasil Klorofil-a.....	39
4.2 Uji Validasi	41
4.3 Uji Korelasi.....	44
4.4 Hasil Analisis	46
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Simpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN A.....	60
LAMPIRAN B	78
LAMPIRAN C.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi penelitian	18
2. Diagram alir penelitian	21
3. Peta sebaran sampel TSS.....	23
4. Uji laboratorium sampel TSS	25
5. Proses pemotongan citra.....	26
6. Proses perhitungan NDWI.....	27
7. Perhitungan TSS algoritma Laili.....	28
8. Perhitungan TSS algoritma Parwati	28
9. Perhitungan TSS algoritma Budiman.....	28
10. <i>Reclassify</i> data TSS	29
11. Proses perhitungan nilai NDCI.....	31
12. Proses perhitungan nilai klorofil-a	32
13. Proses uji korelasi konsentrasi TSS dan klorofil-a.....	34
14. Peta sebaran TSS 2025 algoritma Budiman	36
15. Peta sebaran TSS 2025 algoritma Parwati.....	37
16. Peta sebaran TSS 2025 algoritma Laili	38
17. Peta sebaran klorofil-a tahun 2025	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu	6
2. Klasifikasi konsentrasi TSS.....	11
3. Peralatan penelitian	19
4. Data penelitian.....	20
5. Koordinat titik sampel data TSS	24
6. Perbandingan konsentrasi TSS uji lab dan estimasi algoritma.....	42
7. Perbandingan statistik deskriptif antar algoritma	42
8. Hasil uji korelasi pearson antara klorofil-a dan TSS.....	45

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan sumber daya alam secara optimal dan berkelanjutan merupakan salah satu prasyarat dalam mendukung pembangunan nasional. Air sebagai sumber daya vital memiliki peran penting dalam memenuhi berbagai kebutuhan masyarakat, seperti irigasi, perikanan, dan penyediaan air baku. Salah satu upaya pemerintah dalam mengelola sumber daya air adalah melalui pembangunan bendungan pada Daerah Aliran Sungai (DAS). Keberadaan bendungan memerlukan pengelolaan yang baik agar fungsi dan manfaat air dapat dimaksimalkan secara berkelanjutan.

Bendungan Way Rarem yang berlokasi di Desa Pekurun, Kabupaten Lampung Utara, dibangun pada tahun 1981. Bendungan ini memiliki luas daerah aliran sungai (DAS) sebesar 328 km² dan termasuk dalam Wilayah Sungai Mesuji Tulang Bawang. Dengan tipe konstruksi timbunan batu berinti tanah kedap air, bendungan ini memiliki ketinggian 32 meter, volume timbunan mencapai 1,33 juta m³, luas genangan normal 1.006,10 hektar, serta kapasitas tampungan air pada ketinggian normal sebesar 72,4 juta m³ (Tumijo dan Ashari, 2022).

Pengelolaan Bendungan Way Rarem berada di bawah kewenangan Pemerintah Pusat melalui Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung, karena bendungan ini mampu mengairi lebih dari 20.000 hektar lahan. Wilayah yang dialiri air dari bendungan ini mencakup beberapa daerah, seperti Abung Timur, Tulang Bawang Tengah, Tulang Bawang Udik, dan Kotabumi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2006 tentang Irigasi, pasal 16 ayat (1d), sistem irigasi yang mencakup wilayah lebih dari 3.000 hektar menjadi tanggung jawab pemerintah pusat.

Salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi di Bendungan Way Rarem adalah pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) secara masif. Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang banyak dijumpai di perairan terbuka, khususnya di wilayah tropis dan subtropis. Tumbuhan ini umumnya tumbuh optimal pada perairan dangkal dengan suhu berkisar antara 28°C hingga 30°C (Prasetyo dkk., 2021). Pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali dapat mengganggu fungsi perairan dan mengindikasikan adanya tekanan ekologis pada badan air yang dapat mengakibatkan penurunan terhadap kualitas air.

Keberadaan eceng gondok dalam jumlah besar dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, antara lain mempercepat proses pendangkalan, menyumbat saluran irigasi, menghambat transportasi perairan, serta menurunkan produktivitas perikanan (Dewantara dkk., 2021). Fenomena *blooming* eceng gondok umumnya dipicu oleh tingginya kandungan nutrisi di perairan, seperti nitrogen dan fosfor, yang berasal dari limpasan kegiatan pertanian, limbah domestik, maupun aktivitas manusia di sekitar bendungan (Poernama dkk., 2023).

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data penginderaan jauh untuk menganalisis kualitas air Bendungan Way Rarem. Data utama yang digunakan berupa citra satelit Landsat 8 tahun perekaman 2025. Analisis dilakukan dengan mengekstraksi parameter kualitas air, yaitu *Total Suspended Solid* (TSS) dan klorofil-a, melalui penerapan model empiris berbasis reflektansi spektral. Sebelum proses estimasi parameter, citra satelit terlebih dahulu dilakukan tahap praproses untuk memastikan kualitas data yang digunakan.

Parameter TSS mengukur jumlah partikel padatan tersuspensi di perairan, termasuk lumpur, bahan organik, dan limbah, yang dapat menjadi sumber nutrisi bagi pertumbuhan eceng gondok (Arifelia dkk., 2017). Tingginya nilai TSS menunjukkan potensi peningkatan biomassa tanaman air akibat ketersediaan nutrisi. Sementara itu, klorofil-a merupakan pigmen utama dalam fotosintesis yang digunakan sebagai indikator produktivitas primer di perairan. Konsentrasi klorofil-a yang tinggi mencerminkan tingginya biomassa tanaman, termasuk eceng gondok,

sehingga dapat menjadi indikator langsung terjadinya *blooming* (Nugraheni dkk., 2022).

Berdasarkan permasalahan lingkungan yang terjadi di Bendungan Way Rarem, khususnya pertumbuhan eceng gondok yang mengindikasikan penurunan kualitas perairan, diperlukan pemantauan kualitas air yang akurat dan efisien. Pemanfaatan citra satelit Landsat 8 tahun perekaman 2025 digunakan sebagai alternatif dalam mengevaluasi kondisi kualitas air terkini melalui parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dan klorofil-a. Analisis kualitas air pada tahun 2025 ini diharapkan mampu memberikan gambaran aktual mengenai tingkat tekanan ekologis di Bendungan Way Rarem serta menjadi dasar ilmiah dalam mendukung upaya pengelolaan dan pengendalian perairan secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang masif di Bendungan Way Rarem, Kabupaten Lampung Utara menjadi indikator adanya tekanan ekologis yang berdampak pada penurunan kualitas air. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana distribusi spasial konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan klorofil-a di Bendungan Way Rarem tahun 2025 menggunakan citra satelit Landsat 8?
2. Manakah algoritma estimasi TSS yang memiliki tingkat akurasi tertinggi berdasarkan validasi terhadap data lapangan?
3. Bagaimana hubungan nilai konsentrasi TSS dan nilai klorofil-a terhadap status trofik sebagai indikator kualitas air di Bendungan Way Rarem?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis distribusi spasial nilai TSS dan klorofil-a di Bendungan Way Rarem pada tahun 2025 berdasarkan citra Landsat 8.

2. Mengevaluasi tingkat akurasi algoritma estimasi TSS (Budiman, Laili, dan Parwati) untuk menentukan model terbaik melalui perhitungan nilai RMSE
3. Menganalisis hubungan antara konsentrasi TSS dan klorofil-a dalam menentukan status trofik perairan sebagai indikator kualitas air di Bendungan Way Rarem secara spasial.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis.
 Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan dan melatih kemampuan penulis untuk mengolah, menganalisis dan menyajikan data dengan metode yang dipilih.
2. Bagi Pemerintah.
 Penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi untuk mengetahui kualitas perairan Bendungan Way Rarem sebagai salah satu dasar untuk pengelolaan dan pemeliharaan Bendungan Way Rarem.
3. Bagi pihak lain.
 Penelitian ini dapat menjadi referensi bacaan bagi peneliti lain yang akan melakukan penelitian dengan topik yang berkaitan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Wilayah penelitian dilakukan di Bendungan Way Rarem, Kabupaten Lampung Utara.
2. Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 *Level 2* tahun perekaman 2025.
3. Algoritma perhitungan kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dan klorofil-a menggunakan algoritma empiris.

4. Data Lapangan yang digunakan untuk validasi model akurasi citra satelit hanya untuk parameter *Total Suspended Solid* (TSS). Analisis klorofil-a tidak dilakukan validasi menggunakan data lapangan karena keterbatasan data.
5. Penelitian ini berfokus pada kualitas air berdasarkan nilai TSS dan klorofil-a.

1.6 Hipotesis

Kondisi kualitas air Bendungan Way Rarem pada tahun 2025 dapat direpresentasikan melalui nilai *Total Suspended Solid* (TSS) dan klorofil-a yang diestimasi menggunakan citra Landsat 8. Nilai TSS dan klorofil-a yang relatif tinggi mencerminkan tingginya tingkat kekeruhan dan kesuburan perairan, yang mengindikasikan adanya tekanan lingkungan akibat masuknya material tersuspensi dan nutrisi dari aktivitas di daerah aliran sungai. Terdapat keterkaitan antara nilai TSS dan klorofil-a dalam menggambarkan kondisi kualitas air Bendungan Way Rarem pada tahun 2025.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam proses penelitian, penulis dapat menjadikan penelitian terdahulu sebagai referensi dalam segi tulisan, ide, dan hal teknis lainnya. Penelitian terdahulu juga digunakan untuk mencari perbandingan dan menunjukkan *gap* atau orisinalitas dari penelitian yang akan dilakukan. Selain itu, penelitian terdahulu juga berfungsi sebagai referensi untuk mendukung kajian dalam penelitian ini. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Penulis, Tahun, Judul	Metode	Hasil Penelitian
1.	Dewinta Heriza, Abdi Sukmono, Nurhadi Bashit Tahun (2018) Analisis Perubahan Kualitas Perairan Danau Rawa Pening Periode 2013, 2015 dan 2017 Dengan Menggunakan Data Citra Landsat 8 Multitemporal	Penelitian ini menggunakan algoritma regresi yang divalidasi dengan data lapangan, algoritma Parwati untuk TSS dan algoritma <i>Doxaran</i> untuk kecerahan. Selain itu, analisis klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan metode klasifikasi terbimbing secara multitemporal.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas perairan Danau Rawa Pening mengalami perubahan signifikan. Pada tahun 2013, kondisi tercemar berat sebesar 1,2%, turun menjadi 0% pada 2015 dan 0,1% pada 2017. Kecerahan danau pada kondisi hipertrofik juga bervariasi, dengan peningkatan transparansi dari 0,07% pada 2015 menjadi 46,56% pada 2017. Sebaran vegetasi air menunjukkan penurunan sebesar 31,28% dibandingkan tahun 2013.
2	Silmina Laili, Bowo Eko	Penelitian ini menggunakan citra	Hasil penelitian menunjukkan bahwa

Lanjutan tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Penulis, Tahun, Judul	Metode	Hasil Penelitian
	Cahyono, Agung Tjahjo Nugroho Tahun (2020) Analisis Kualitas Air di Danau Batur Menggunakan Citra Landsat-8 OLI/TIRS Multitemporal	satelit Landsat-8 untuk memantau kualitas air Danau Batur dari tahun 2014 hingga 2018. Parameter yang diukur meliputi <i>Total Suspended Solid</i> (TSS), kecerahan, dan klorofil-a. Pengolahan data TSS dilakukan dengan algoritma Trisakti, sementara klorofil-a menggunakan algoritma Wibowo.	mayoritas nilai TSS berada di bawah 25 mg/L, dengan persentase terbesar antara 97,86% hingga 98,66% selama periode 2014-2018. Tingkat kecerahan danau pada kondisi hiperutrofik berkisar antara 1,66% hingga 2,74%. Persentase klorofil-a terbesar berada di bawah 2 mg/m ³ , menunjukkan kondisi oligotrofik. Secara keseluruhan, nilai TSS dan klorofil-a tidak memengaruhi perikanan secara signifikan.
3	Aditya Hafidh Baktiar, Arwan Putra Wijaya, Abdi Sukmono Tahun (2016) Analisis Kesuburan dan Pencemaran Air Berdasarkan Kandungan Klorofil-A dan Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> Secara Multitemporal di Muara Banjir Kanal Timur	Pemilihan algoritma terbaik untuk estimasi TSS dan klorofil-a dilakukan dengan menganalisis korelasi antara data citra pengamatan dan data sampel dari perairan Banjir Kanal Timur. Titik pengambilan sampel ditetapkan secara acak.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar klorofil-a di perairan tersebut bervariasi antara tahun 2003 hingga 2016. Berdasarkan status trofik, pada tahun 2003, 2014, dan 2016, kadar klorofil-a paling dominan berada di rentang 0-2,6 mg/l, tersebar di tepi pantai, muara sungai, hingga laut lepas. Status trofik yang lebih kecil, seperti eutrof (7,3-56 mg/l), mesotrof (2,6-7,3 mg/l), dan hipereutrof (>56 mg/l), umumnya ditemukan di muara sungai dan tepi pantai.
4	N. Laili, F. Arafah, L. M. Jaelani, L. Subehi, A. Pamungkas, E. S. Koenhardono, and A. Sulisetyono Tahun (2015)	Membangun algoritma baru untuk mengukur konsentrasi TSS dan Klorofil-A menggunakan data in situ dan Citra Landsat 8 di wilayah perairan Kecamatan Sumenep, Madura.	Penelitian ini menggunakan data dari satelit Landsat 8 dengan tujuan mengembangkan algoritma yang lebih akurat dalam mengestimasi konsentrasi TSS dan Chl-a. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup Analisis Regresi, Koreksi

Lanjutan tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Penulis, Tahun, Judul	Metode	Hasil Penelitian
	<i>Development of Water Quality Parameter Retrieval Algorithms for Estimating Total Suspended Solids and Chlorophyll-A Concentration Using Landsat-8 Imagery at Poneran Island Water`</i>		Radiometrik, Koreksi Atmosfer, serta Pengolahan Data In Situ. Hasil penelitian ini menghasilkan algoritma baru yang dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan nilai TSS serta konsentrasi Chl-a di berbagai wilayah di Indonesia.
5	Vionita Gunawan Tahun (2026) Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter <i>Total Suspended Solid</i> dan Klorofil-a Menggunakan Citra Landsat 8 di Bendungan Way Rarem	Penggunaan algoritma empiris (Laili, Budiman, Parwati) untuk estimasi TSS yang divalidasi melalui uji akurasi RMSE dengan data lapangan, serta penerapan indeks NDCI untuk estimasi klorofil-a. Metodologi dilengkapi analisis korelasi Pearson untuk menentukan status trofik berdasarkan baku mutu perairan.	Hasil penelitian ini menunjukan bahwa algoritma Budiman terpilih sebagai model estimasi terbaik untuk parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) dengan nilai akurasi RMSE sebesar 1,571 yang kemudian diikuti dengan penerapan indeks <i>Normalized Difference Chlorophyll Index</i> (NDCI) untuk mengekstraksi nilai sebaran klorofil-a secara spasial pada seluruh bendungan. Berdasarkan hasil integrasi serta korelasi antara kedua parameter tersebut, status kualitas air di Bendungan Way Rarem teridentifikasi secara akurat masuk dalam kategori Hipereutrofik (kesuburan sangat tinggi), yang secara teknis mengonfirmasi penyebab utama terjadinya fenomena ledakan populasi eceng gondok secara masif di lokasi studi.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah diuraikan, penelitian ini melakukan elaborasi mendalam pada aspek metodologi untuk mengisi celah

penelitian (*research gap*) yang belum dibahas secara spesifik oleh peneliti terdahulu. Perbedaan mendasar skripsi ini dengan studi Laili dkk. (2015) atau Budiman (2004) terletak pada pendekatan komparasi *multi-algoritma* (Laili, Budiman, dan Parwati) untuk menentukan model ekstraksi TSS yang paling baik terhadap gangguan spektral di ekosistem bendungan. Hal ini menjadi penting mengingat karakteristik perairan di Bendungan Way Rarem memiliki tingkat kekeruhan tinggi dan tutupan vegetasi yang rapat, sehingga diperlukan pengujian akurasi yang lebih ketat melalui uji RMSE berbasis data in-situ untuk memvalidasi performa masing-masing algoritma tersebut..

Selain itu, kebaruan metodologi dalam penelitian ini adalah adanya integrasi parameter kualitas air secara spasial, di mana nilai TSS sebagai indikator material pembawa nutrisi dikorelasikan dengan konsentrasi klorofil-a yang diekstraksi menggunakan indeks NDCI (*Normalized Difference Chlorophyll Index*). Sebagian besar peneliti terdahulu hanya berfokus pada analisis parameter tunggal, sementara skripsi ini menggabungkan keduanya menggunakan analisis korelasi Pearson guna menentukan status trofik atau kelas air berdasarkan baku mutu perairan.

2.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh dapat didefinisikan sebagai teknik untuk mengamati, mengukur, dan mengidentifikasi objek atau fenomena yang ada di permukaan bumi menggunakan sensor yang terpasang pada satelit atau pesawat terbang (Lillesand *et al.*, 2015). Dengan penginderaan jauh, data yang dikumpulkan berupa citra atau gambar yang merepresentasikan kondisi permukaan bumi pada waktu tertentu.

Penginderaan jauh berfungsi berdasarkan prinsip pemancaran dan penerimaan energi elektromagnetik. Sumber energi ini dapat berupa sinar matahari atau radiasi buatan. Sensor penginderaan jauh akan mendeteksi refleksi atau radiasi yang dipancarkan atau dipantulkan oleh permukaan bumi, kemudian mengubahnya menjadi data yang dapat dianalisis lebih lanjut. Sensor pada penginderaan jauh

memiliki kemampuan untuk menangkap berbagai spektrum elektromagnetik, termasuk cahaya tampak, inframerah dekat, dan termal (Jensen, 2014).

Sensor dalam penginderaan jauh dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu sensor pasif dan sensor aktif. Sensor pasif seperti satelit Landsat menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi, sementara sensor aktif seperti radar dan LiDAR (*Light Detection and Ranging*) menghasilkan energi sendiri untuk mendeteksi objek (Campbell and Wynne, 2011).

2.3 Landsat 8

Landsat 8 merupakan satelit yang diluncurkan pada 11 Februari 2013 oleh NASA dan *United States Geological Survey* (USGS). Satelit ini adalah bagian dari program Landsat yang telah berlangsung sejak tahun 1972 (Markham *et al.*, 2015). Satelit Landsat 8 memiliki kemampuan penginderaan jauh dengan cakupan yang luas, yang sangat berguna dalam pemetaan penggunaan lahan, perubahan tutupan lahan, pemantauan kualitas air, dan banyak aplikasi lainnya. Citra Landsat 8 dapat digunakan dalam pemetaan global dan analisis perubahan lingkungan jangka panjang (Giglio *et al.*, 2016). Landsat 8 menggantikan Landsat 7 dan membawa dua instrumen utama:

2.3.1 Instrumen Operational Land Imager (OLI)

OLI berfungsi untuk mengambil gambar dengan resolusi spasial 30 meter pada delapan saluran spektral yang berbeda, yang mencakup panjang gelombang dari ultraviolet hingga inframerah (Markham *et al.*, 2015).

2.3.2 Instrumen Thermal Infrared Sensor (TIRS)

TIRS berfungsi untuk mengukur radiasi termal di dua saluran inframerah termal dengan resolusi spasial 100 meter (Markham *et al.*, 2015).

2.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah materi padat yang mencakup lumpur, tanah, logam berat, bahan organik, dan sel mikroorganisme yang terlarut di perairan. TSS berhubungan erat dengan erosi tanah dari saluran sungai. Konsentrasi TSS dapat bervariasi secara signifikan, kurang dari 5 mg/L hingga 30.000 mg/L di beberapa sungai. Padatan tersuspensi *atau suspended solids* adalah partikel dengan ukuran 0,45 sampai dengan 2,0 mm yang ada di kolom air. Partikel-partikel ini memiliki kemampuan untuk menyerap elemen atau senyawa kimia baik yang organik maupun anorganik yang terlarut (Libes, 1992).

Nilai reflektansi suatu badan air dapat dipengaruhi oleh materi organik dan anorganik yang tersuspensi di dalamnya. Kondisi dan kualitas perairan dapat diukur melalui informasi tentang pantulan cahaya tampak dari badan air tersebut. Konsentrasi padatan tersuspensi berkaitan langsung dengan nilai reflektansi gelombang. Pada panjang gelombang antara 600 nm hingga 700 nm, perairan dengan konsentrasi padatan tersuspensi yang tinggi menunjukkan pantulan radiasi matahari yang paling kuat. Sebaliknya, semakin rendah konsentrasi padatan tersuspensi di permukaan air, semakin rendah pula pantulan radiasi matahari. (Robinson, 1985).

Tabel 2. Klasifikasi konsentrasi TSS

Kelas	Konsentrasi TSS (mg/L)	Keterangan Kualitas Air
I	< 25 mg/L	Sangat baik / sangat jernih
II	25 – 50 mg/L	Baik
III	50 – 100 mg/L	Sedang
IV	> 100 mg/L	Buruk / sangat keruh

Penentuan nilai ambang batas pada masing-masing kelas *Total Suspended Solid* (TSS) didasarkan pada baku mutu kualitas air yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Nilai TSS kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa kelas kualitas air untuk merepresentasikan tingkat kekeruhan perairan, mulai dari kondisi sangat baik hingga kondisi buruk.

Pembagian kelas ini digunakan sebagai dasar dalam interpretasi spasial kualitas air Bendungan Way Rarem.

2.5 Algoritma Penentuan Konsentrasi TSS

Algoritma Parwati merupakan salah satu model empiris yang digunakan untuk mengestimasi konsentrasi *Total Suspended Solid* dari data citra satelit. Algoritma ini dikembangkan oleh Parwati pada tahun 2014 berdasarkan penelitian yang dilakukan di perairan Berau. Model ini memanfaatkan nilai reflektansi kanal merah yang telah dikoreksi secara atmosferik sebagai variabel *input* utama, karena kanal merah diketahui sensitif terhadap keberadaan partikel tersuspensi di perairan (Permatasari, 2020). Persamaan algoritma Parwati dirumuskan sebagai berikut:

$$TSS(\frac{mg}{l}) = 0,6211 * (7,9038 * \exp^{(23,942 * \lambda 4)})^{0,9645} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

TSS = Muatan padat tersuspensi

$\lambda 4$ = *Band 4 (Red)*

Algoritma Laili merupakan metode empiris yang dikembangkan oleh Laili pada tahun 2015 untuk menduga konsentrasi TSS menggunakan data citra satelit multispektral. Algoritma ini disusun berdasarkan hubungan antara reflektansi spektral permukaan dengan konsentrasi TSS hasil pengukuran lapangan. Penelitian Laili (2015) dilakukan di perairan Poteran, Madura, dengan memanfaatkan rasio logaritmik reflektansi kanal biru dan kanal merah sebagai *input* model. Formulasi algoritma Laili dituliskan sebagai berikut:

$$TSS(\frac{mg}{l}) = 31,42 * (\frac{\log(\lambda 2)}{\log(\lambda 4)}) - 12,719 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

TSS = Muatan padat tersuspensi

$\lambda 2$ = *Band 2 (Blue)*

$\lambda 4$ = Band 4 (Red)

Algoritma Budiman merupakan algoritma empiris yang dikembangkan oleh Budiman (2004) untuk mengestimasi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) berbasis data penginderaan jauh. Algoritma ini dibangun dengan menghubungkan nilai reflektansi kanal merah citra satelit dengan konsentrasi TSS hasil pengukuran lapangan. Hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk fungsi eksponensial, dimana peningkatan nilai reflektansi kanal merah menunjukkan peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi di perairan. Persamaan algoritma Budiman dinyatakan sebagai berikut:

$$TSS \left(\frac{mg}{l} \right) = 8,1249 * exp^{(23,70 * \lambda 4)} \dots\dots\dots(3)$$

TSS = Muatan padat tersuspensi

$\lambda 4$ = Band 4 (Red)

2.5 Klorofil-a

Klorofil adalah pigmen hijau yang terdapat dalam kloroplas, dan terdiri dari dua jenis: klorofil-a yang berwarna hijau tua dan klorofil-b yang berwarna hijau muda (Dwidjoseputro, 1980). Klorofil-a adalah zat padat hijau-biru mikrostalin yang berfungsi sebagai pigmen utama dalam fotosintesis pada semua tanaman. Konsentrasi klorofil-a berkaitan dengan masalah eutrofikasi yang disebabkan oleh pertumbuhan alga. Klorofil-a ditemukan pada tumbuhan, *alga*, dan *cyanobacteria*, dan digunakan sebagai indikator utama untuk menentukan status trofik perairan. Klorofil-a juga berperan dalam menghubungkan konsentrasi nutrisi, khususnya fosfor, dengan produksi *alga*. Eutrofikasi adalah masalah dalam ekosistem perairan, baik tawar maupun laut, dan dapat dikenali melalui peningkatan kadar unsur hara dalam air (Dwidjoseputro, 1980).

Peningkatan klorofil-a yang tidak terkendali dapat mengancam fungsi waduk, menyebabkan pendangkalan, menurunkan kualitas perairan, dan mengancam

kehidupan biota perairan. Penginderaan jauh sering digunakan untuk memperkirakan konsentrasi klorofil-a dalam perairan dengan memanfaatkan karakteristik spektral klorofil-a. Klorofil-a menyerap cahaya paling banyak pada panjang gelombang 390nm sampai dengan 400nm dan 650nm sampai dengan 700nm (Harborne *and* Dey, 1990). Warna hijau pekat klorofil disebabkan oleh kemampuannya menyerap cahaya di spektrum merah dan biru, sehingga cahaya yang dipantulkan dan dipancarkannya tampak hijau.

2.6 *Normalized Difference Water Index (NDWI)*

Normalized Difference Water Index (NDWI) adalah indeks berbasis penginderaan jauh yang digunakan untuk mendeteksi dan memantau tubuh air pada citra satelit. Indeks ini pertama kali diperkenalkan oleh McFeeters (1996) untuk mengekstraksi informasi terkait keberadaan air dengan meningkatkan kontras antara area perairan dan daratan. NDWI dihitung dengan menggunakan rasio reflektansi dari kanal *Green* dan *Near-Infrared (NIR)* dalam spektrum elektromagnetik, dengan rumus sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

Green = *Band* hijau (sekitar 0,52 - 0,60 μm)

NIR = *Band Near-Infrared* (sekitar 0,76 - 0,90 μm)

NDWI memiliki nilai berkisar antara -1 hingga 1, dimana nilai positif menunjukkan keberadaan air, sedangkan nilai negatif atau mendekati nol menunjukkan vegetasi dan tanah kering (McFeeters, 1996)

2.7 *Normalized Difference Chlorophyll Index (NDCI)*

Normalized Difference Chlorophyll Index (NDCI) merupakan indeks penginderaan jauh yang dirancang khusus untuk memprediksi konsentrasi klorofil-a di perairan

produktif seperti muara, waduk dan pantai yang sering kali sulit diukur menggunakan algoritma berbasis biru-hijau akibat interferensi dari CDOM dan partikel tersuspensi. Indeks ini memanfaatkan *Remote sensing reflectance* (R_{rs}) pada panjang gelombang 665 nm (absorpsi chl-a) dan 708 nm (puncak *reflectance* NIR merah), mirip konsep NDVI untuk vegetasi, sehingga mengurangi sensitivitas terhadap variasi cahaya dan atmosfer (Mishra, 2012).

NDCI menunjukkan keunggulan dibandingkan indeks seperti OC2, OC3, dan model lain pada perairan keruh karena rentang *output* standar -1 hingga +1 yang mirip NDVI, sehingga mengurangi kebutuhan kalibrasi *site-specific* dan meminimalkan interferensi atmosfer serta variasi sudut matahari (Mishra *et al.*, 2014). Rumus NDCI didefinisikan sebagai berikut:

$$NDCI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \dots\dots\dots(6)$$

Meskipun NDCI dan NDVI memiliki rumus yang identik pada Landsat 8 (menggunakan *Band* NIR dan merah), fungsionalitas dan konteks penerapannya sangat berbeda. NDVI secara eksklusif berfokus pada vegetasi darat (terrestrial), dengan nilai indeks tingginya menjadi produk akhir yang mengukur kesehatan dan kepadatan tanaman. Sebaliknya, NDCI digunakan secara spesifik untuk menganalisis perairan, dimana nilai indeks yang dihasilkan berfungsi sebagai variabel *prediktor (input)* yang dimasukkan ke dalam persamaan regresi empiris. Tujuannya adalah untuk menghitung dan memodelkan nilai fisik, yaitu konsentrasi klorofil-a, yang merupakan indikator langsung dari tingkat produktivitas primer dan kualitas trofik air.

2.8 Algoritma Penentuan Klorofil-a

Estimasi konsentrasi klorofil-a dalam penelitian ini dilakukan menggunakan algoritma *Normalized Difference Chlorophyll Index* (NDCI) yang dikembangkan oleh Mishra (2012). Algoritma ini memanfaatkan perbedaan reflektansi spektral

antara kanal inframerah dekat dan kanal merah yang sensitif terhadap keberadaan pigmen klorofil di perairan. Berdasarkan prinsip tersebut, nilai NDCI dihitung sebagai rasio antara selisih dan jumlah reflektansi kedua kanal, yang secara matematis dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\text{Chlorophyll} - a \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = 15,60^{(7,40 \cdot \text{NDCI})} \dots\dots\dots(7)$$

Penggunaan koefisien empiris ini didasarkan pada hasil kalibrasi yang dilakukan oleh Mishra (2012) pada perairan produktif dan keruh, sehingga model tersebut dinilai sesuai untuk estimasi klorofil-a pada perairan danau atau waduk. Dalam penelitian ini, koefisien regresi diadopsi dari literatur dan tidak diturunkan dari data lapangan, sehingga hasil perhitungan klorofil-a bersifat estimasi berbasis penginderaan jauh.

2.9 Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) adalah ukuran statistik yang digunakan untuk menilai perbedaan antara nilai hasil pengolahan model dengan nilai sebenarnya atau data lapangan (Faridzie dkk., 2023). RMSE dihitung dari akar rata-rata kuadrat selisih antara nilai model dan nilai observasi, sehingga semakin kecil nilai RMSE menunjukkan akurasi model yang lebih baik (Chai *and* Draxler, 2014). Rumus RMSE dituliskan sebagai berikut:

$$A = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_m - X_e)^2} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

X_e = Nilai pengukuran lapangan (*ground truth*)

X_m = Nilai hasil pengolahan citra

n = Jumlah data

2.10 Status Trofik Perairan

Status trofik perairan merupakan indikator tingkat kesuburan suatu badan air yang mencerminkan ketersediaan unsur hara serta tingkat produktivitas biologis di dalamnya. Kesuburan perairan sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi, terutama nitrogen (N) dan fosfor (P), yang berperan dalam mendukung pertumbuhan fitoplankton dan organisme autotrof lainnya. Peningkatan konsentrasi nutrisi secara berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi, yaitu proses pengkayaan unsur hara yang memicu pertumbuhan alga secara masif dan berpotensi menurunkan kualitas air.

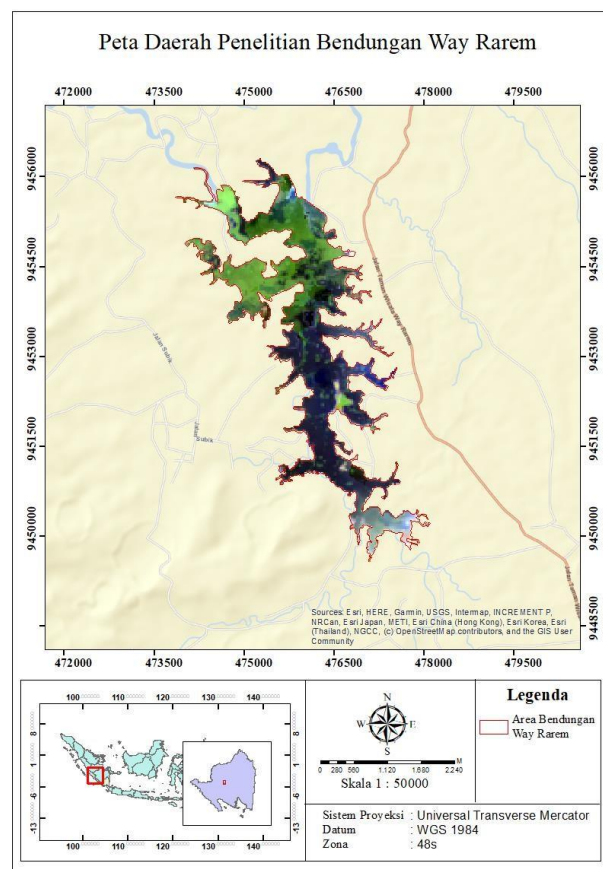
Menurut klasifikasi yang dikembangkan oleh Robert E. Carlson melalui metode *Trophic State Index (TSI)*, status trofik perairan dapat ditentukan berdasarkan parameter transparansi, konsentrasi klorofil-a, dan total fosfor. Klorofil-a sering digunakan sebagai parameter utama karena merepresentasikan biomassa fitoplankton secara langsung dan berkorelasi erat dengan tingkat produktivitas primer. Dalam konteks penelitian ini, pendekatan berbasis konsentrasi klorofil-a digunakan untuk menentukan kategori trofik, di mana status perairan diklasifikasikan menjadi oligotrof ($<2 \mu\text{g/L}$) yang mencerminkan kondisi perairan jernih, mesotrof ($2-7 \mu\text{g/L}$) dengan tingkat kesuburan sedang, eutrof ($7-30 \mu\text{g/L}$) menandakan air yang sudah terlalu subur sehingga mulai terlihat keruh dan dipenuhi tanaman liar, dan kategori hipereutrofik ($>30 \mu\text{g/L}$) mengindikasikan kondisi air yang sangat amat subur atau melewati batas, di mana tingkat kesuburan yang ekstrem inilah yang menjadi alasan utama mengapa eceng gondok bisa tumbuh meledak dan menutupi hampir seluruh permukaan Bendungan Way Rarem.

Klasifikasi tersebut memberikan gambaran mengenai kondisi ekologis perairan, mulai dari perairan yang miskin nutrisi hingga perairan yang sangat subur dan rentan terhadap gangguan kualitas lingkungan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Bendungan Way Rarem yang berlokasi di Kecamatan Abung Pekurun, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung. Dengan pengelolaan yang tepat Bendungan Way Rarem memiliki potensi yang besar sebagai sumber air yang dapat dimanfaatkan baik dalam segi ekonomi maupun kehidupan bermasyarakat. Salah satu aspek penting yang harus diperhatikan yaitu mengenai kualitas air lingkungan itu sendiri,



Gambar 1. Lokasi penelitian

3.2 Alat dan Data

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan data. Berikut adalah alat dan data yang digunakan dalam penelitian ini:

3.2.1 Alat

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kualitas air Bendungan Way Rarem tahun 2025 melalui analisis sebaran TSS dan klorofil-a berbasis penginderaan jauh. Untuk mendukung efisiensi pengolahan dan analisis data tersebut, perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut

Tabel 3. Peralatan penelitian

No	Perangkat Lunak	Fungsi
1	Perangkat lunak GIS	Digunakan untuk melakukan pengolahan data penelitian
2	IBM SPSS <i>Statistic</i>	Digunakan untuk perhitungan statistika pengujian hasil data TSS
3	<i>Google Earth Pro</i>	Digunakan sebagai alat bantu visualisasi untuk mengidentifikasi wilayah penelitian dan menentukan batas area kajian secara spasial.
4	Mincrosoft Word	Digunakan untuk menyusun laporan penelitian
5	Microsoft Excel	Digunakan untuk perhitungan statistika pengujian hasil data TSS

3.2.2 Data Penelitian

Penentuan waktu penelitian yang difokuskan pada tahun 2025 dilakukan untuk menggambarkan kondisi kualitas air Bendungan Way Rarem pada periode penelitian. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi yang merepresentasikan kondisi aktual perairan berdasarkan parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dan klorofil-a. Dengan fokus pada satu waktu, analisis dapat dilakukan

secara lebih terarah dalam menilai tingkat kekeruhan dan kesuburan perairan sebagai indikator kualitas air.

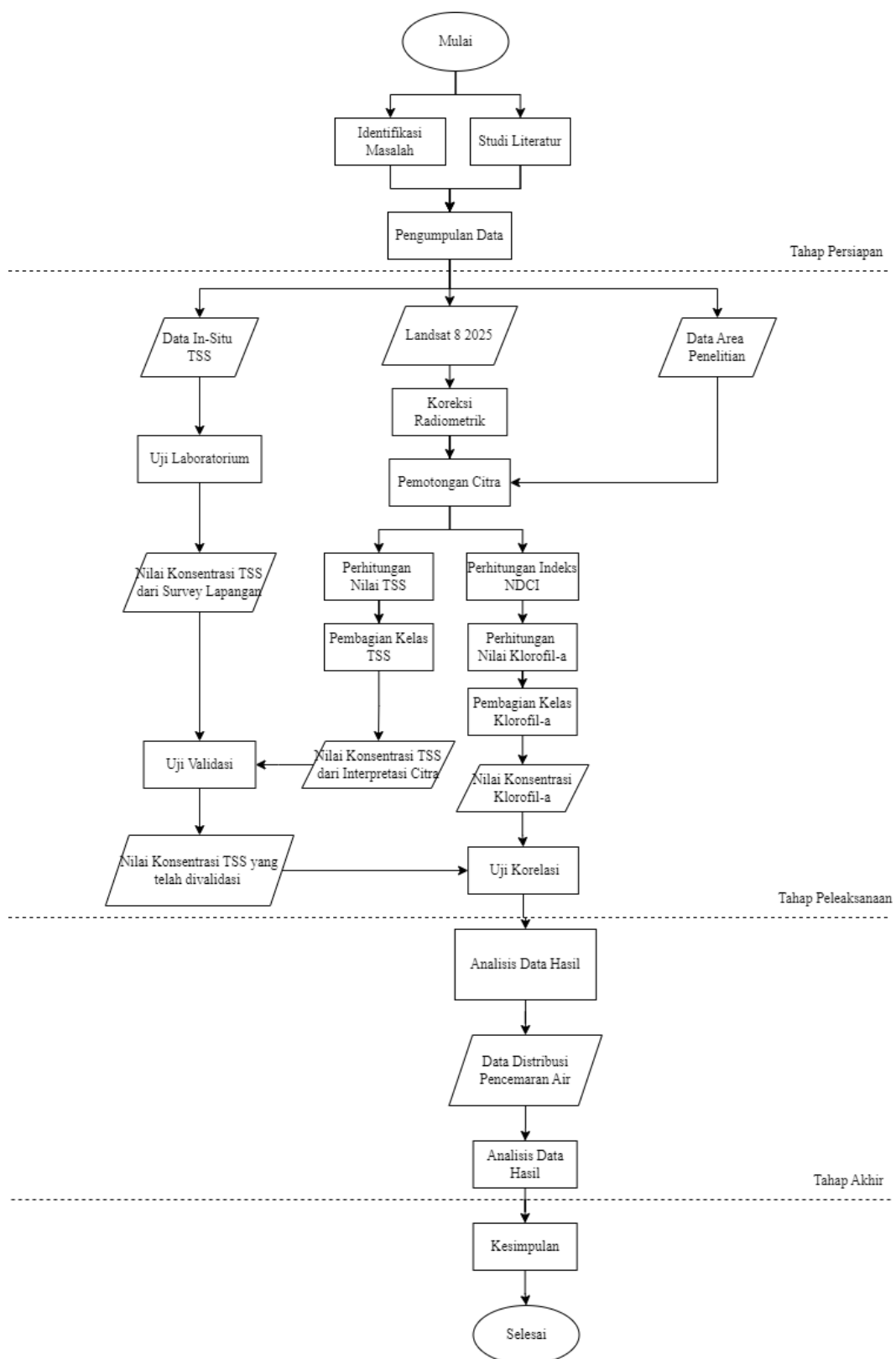
Tabel 4. Data penelitian

No	Data	Jenis	Sumber Data
1	Citra Landsat 8 tahun 2025	Data Sekunder	<i>U.S. Geological Survey</i> (USGS)
2	Data sampel air	Data Primer	Pengambilan sampel langsung di lapangan
3	Data area bendungan	Data Sekunder	Interpretasi visual dari citra resolusi tinggi

Dalam penelitian ini, penulis memanfaatkan berbagai jenis data yang memiliki relevansi tinggi serta berkaitan langsung dengan topik utama penelitian. Seluruh rangkaian data tersebut, yang mencakup klasifikasi data primer maupun data sekunder, telah melalui proses verifikasi dan validasi secara saksama guna menjamin tingkat akurasi serta reliabilitas hasil yang akan dicapai agar selaras dengan tujuan penelitian.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Tahapan pada penelitian ini meliputi tahap persiapan, tahap pengolahan, analisis data, dan tahap akhir. Berikut merupakan diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.4 Tahap Persiapan Penelitian

Berikut merupakan tahapan persiapan dalam penelitian ini:

3.4.1 Studi Literatur

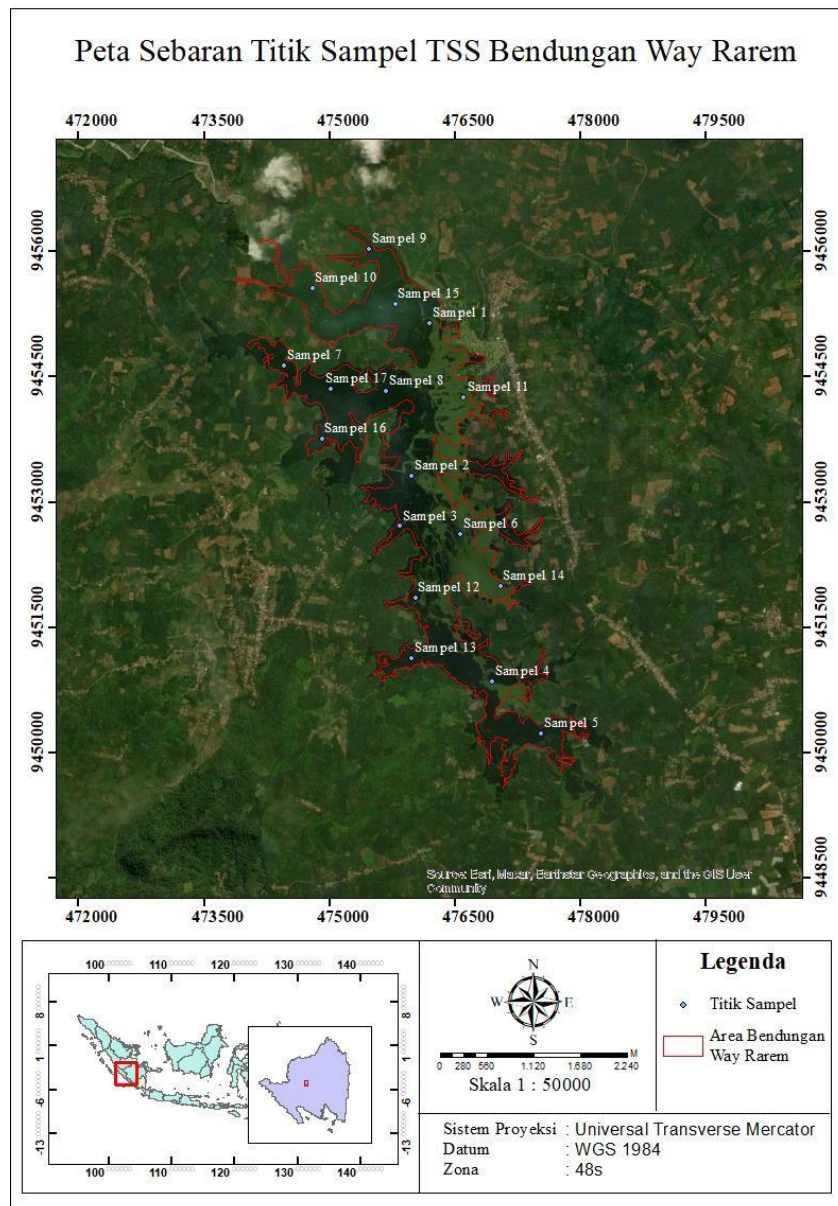
Pelaksanaan penelitian ini diawali dengan studi literatur yang didefinisikan sebagai peninjauan sistematis terhadap literatur ilmiah yang sudah ada (seperti jurnal dan buku) yang berkaitan dengan topik penelitian. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk menetapkan landasan teoritis bagi penelitian yang dilakukan, sekaligus untuk memetakan perkembangan ilmu, mengidentifikasi kekurangan dari penelitian terdahulu, dan mengevaluasi pendekatan metodologi yang relevan. Oleh karena itu, studi literatur memegang peranan penting dalam memberikan konteks akademis dan arahan bagi penelitian.

3.4.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra satelit Landsat 8 yang bersumber dari *U.S. Geological Survey* (USGS). Citra satelit ini merupakan data berjenis raster dan digunakan untuk memantau perubahan dari waktu ke waktu. Periode waktu yang digunakan adalah tahun 2025. Selain itu, data area bendungan diperoleh melalui Interpretasi visual dari citra resolusi tinggi menggunakan perangkat lunak *Google Earth Pro*, yang merupakan data berjenis *vektor*. Data primer diperoleh melalui survei lapangan, yang meliputi pengambilan data sampel air di lokasi penelitian. Data sampel air ini digunakan untuk verifikasi dan analisis lebih lanjut, melengkapi informasi yang didapat dari data sekunder.

Data primer yang dikumpulkan melalui survei lapangan memiliki peran krusial dalam validasi dan kalibrasi model citra satelit, khususnya untuk parameter TSS. Pengambilan sampel air dilakukan secara langsung di berbagai titik koordinat di bendungan, yang mana titik-titik ini dipilih secara strategis untuk mewakili variasi TSS. Untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai distribusi lokasi

penelitian, seluruh titik pengambilan sampel air tersebut telah dipetakan secara spasial berdasarkan koordinat geografisnya, sebagaimana disajikan dalam peta sebaran titik sampel pada gambar berikut.



Gambar 3. Peta sebaran sampel TSS.

Berdasarkan peta sebaran titik sampel *Total Suspended Solid* (TSS) di Bendungan Way Rarem, titik pengambilan sampel ditentukan untuk merepresentasikan variasi kondisi perairan di seluruh area bendungan, baik pada bagian hulu, tengah, maupun hilir. Setiap titik sampel yang ditampilkan pada peta selanjutnya dicatat posisi

geografisnya secara rinci dalam bentuk koordinat untuk memastikan ketelitian lokasi pengamatan dan kemudahan dalam analisis spasial lanjutan. Oleh karena itu, tabel koordinat disajikan untuk memuat informasi posisi masing-masing titik sampel dalam sistem proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM) datum WGS 1984 zona 48S, yang menjadi acuan dalam pengolahan dan interpretasi data TSS pada penelitian ini.

Tabel 5. Koordinat titik sampel data TSS

Nama	Koordinat (m)	
	X	Y
Sampel 1	476.188,3607	9.455.142,017
Sampel 2	475.979,5417	9.453.310,072
Sampel 3	475.841,1579	9.452.711,273
Sampel 4	476.941,1349	9.450.853,955
Sampel 5	477.529,5029	9.450.227,750
Sampel 6	476.559,3108	9.452.615,059
Sampel 7	474.453,6616	9.454.633,010
Sampel 8	475.668,9644	9.454.332,862
Sampel 9	475.470,0704	9.456.034,862
Sampel 10	474.795,5416	9.455.563,881
Sampel 11	476.604,3344	9.454.249,039
Sampel 12	476.029,1857	9.451.853,038
Sampel 13	475.981,6445	9.451.132,633
Sampel 14	477.037,9558	9.451.994,110
Sampel 15	475.787,6988	9.455.370,886
Sampel 16	474.906,2551	9.453.754,575
Sampel 17	475.013,3581	9.454.351,992

Lokasi pengambilan data sampel ditetapkan pada 17 titik sampel yang tersebar di area Bendungan Way Rarem, sebagaimana disajikan dalam tabel koordinat. Setiap titik sampel dicatat posisi spasialnya menggunakan sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM), dengan koordinat X dan Y yang merepresentasikan posisi horizontal secara presisi. Pendataan koordinat ini dilakukan untuk memastikan ketepatan lokasi pengambilan sampel, memudahkan penelusuran di

lapangan, serta mendukung integrasi data lapangan dengan data penginderaan jauh pada tahap analisis selanjutnya.

Pengambilan data primer dilakukan dengan mengambil sampel di beberapa titik yang telah ditentukan. Sampel air diambil pada kedalaman minimal 30 cm dari permukaan perairan untuk menghindari pengaruh langsung kondisi permukaan. Air kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel berkapasitas 1.000 ml yang telah disiapkan dan diberi label sesuai titik pengambilan. Selanjutnya, sampel disimpan dalam *cool box* untuk menjaga kualitas dan kestabilan karakteristik air selama transportasi. Sampel tersebut kemudian diuji di laboratorium untuk menentukan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS), dimana hasil uji laboratorium ini digunakan sebagai data referensi (*ground truth*) yang krusial dalam proses kalibrasi dan validasi model estimasi TSS berbasis citra Landsat 8.



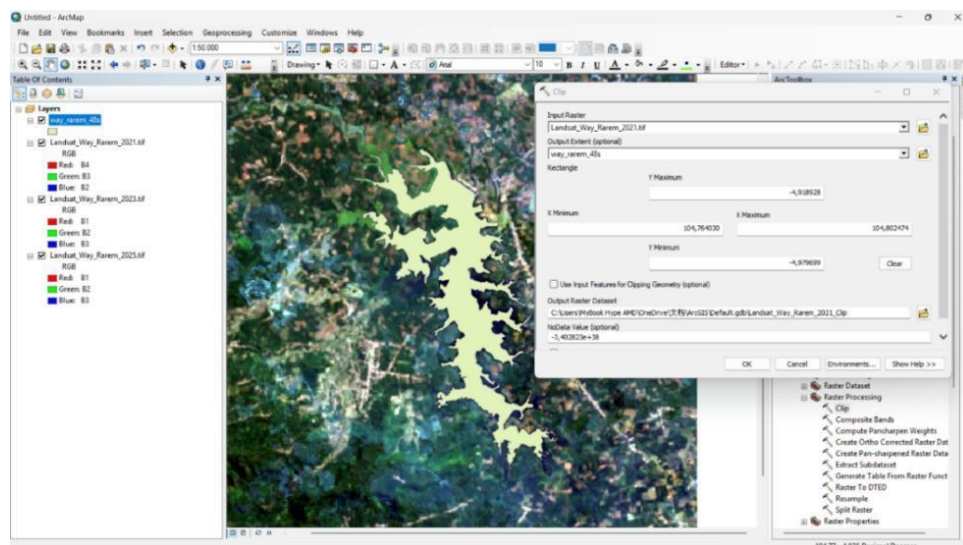
Gambar 4. Uji laboratorium sampel TSS

3.5 Tahapan Pengolahan Data

Proses pengolahan data terdiri dari beberapa tahapan. Berikut merupakan tahap – tahap dalam proses pengolahan data:

3.5.1 Pemotongan Citra

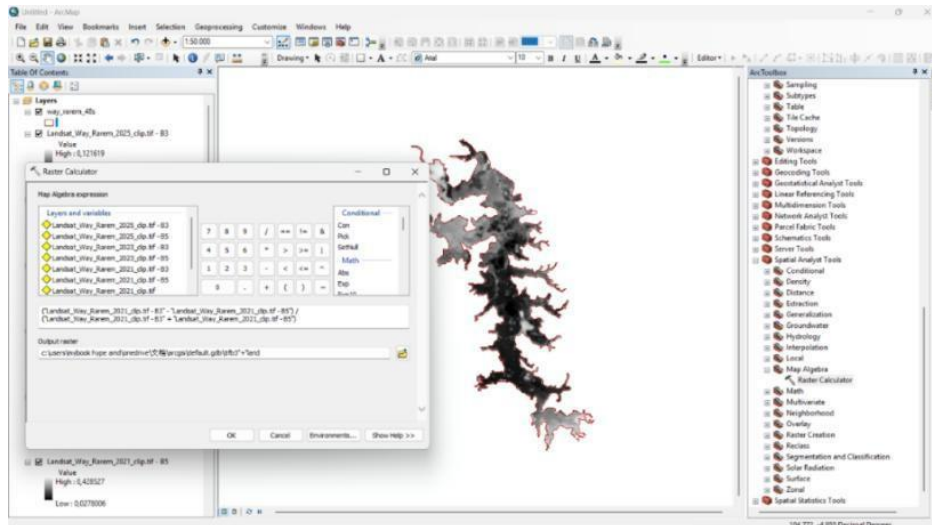
Pada tahap ini dilakukan pemotongan citra Landsat 8 hasil perekaman tahun 2025. Pemotongan citra dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan dalam proses analisis citra dengan membatasi luasan sesuai dengan area yang akan dilakukan penelitian. *Software* yang digunakan dalam pemotongan citra Landsat 8 adalah perangkat lunak GIS. Pemotongan citra dilakukan dengan memilih *ArchToolbox* > *Raster* > *Raster Processing* > *Clip*. Kemudian sesuaikan dengan lokasi penelitian yaitu wilayah perairan Bendungan Way Rarem. Proses pemotongan citra dapat dilihat seperti pada gambar.



Gambar 5. Proses pemotongan citra

3.5.2 Pengolahan NDWI

Perhitungan NDWI digunakan untuk memisahkan bagian darat dan perairan. Perhitungan ini juga digunakan untuk mendeteksi distribusi air permukaan. Pada umumnya, daerah dengan nilai NDWI tinggi menunjukkan bahwa ada banyak badan air di dalamnya. Nilai NDWI dibagi dengan rentang nilai -1 sampai dengan 1. Nilai NDWI lebih besar dari 0 menunjukkan bahwa daerah tersebut berupa perairan dan nilai NDWI kurang dari 0 menunjukkan bahwa daerah tersebut adalah daratan. Gambar di bawah ini menunjukkan langkah-langkah perhitungan NDWI.

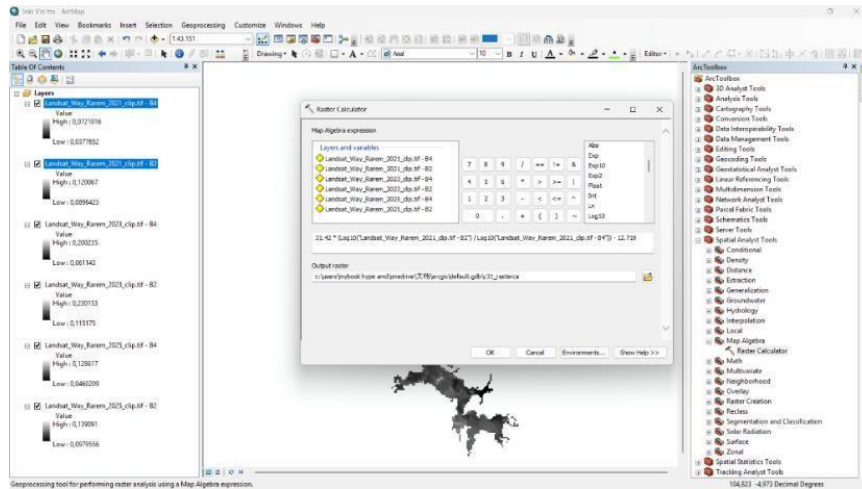


Gambar 6. Proses Perhitungan NDWI

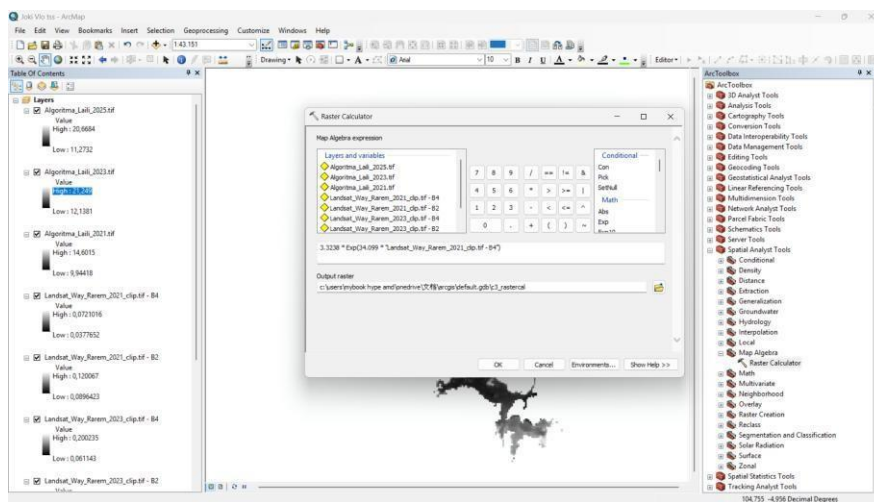
3.5.3 Perhitungan Algoritma TSS

Tahap perhitungan data ini berfokus pada penentuan nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di area penelitian. Proses ini memanfaatkan data citra satelit Landsat 8 sebagai sumber informasi utama, dipilih karena kemampuannya dalam merekam pantulan spektral permukaan air yang sensitif terhadap material tersuspensi. Pengolahan data dilakukan secara geospasial menggunakan perangkat lunak GIS.

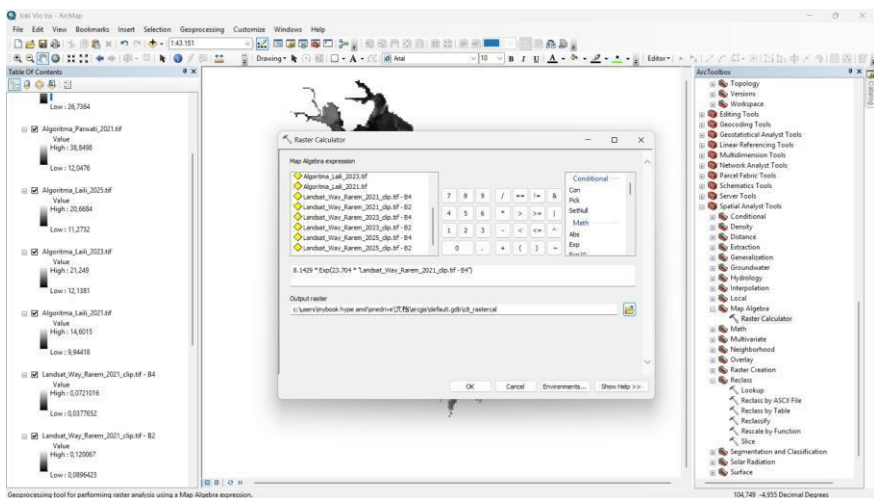
Penentuan nilai konsentrasi TSS dilakukan melalui penerapan tiga model algoritma yang berbeda, yaitu algoritma TSS Laili, algoritma TSS Parwati, dan algoritma TSS Budiman. Penerapan multi-algoritma ini bertujuan untuk membandingkan akurasi dan validitas hasil di wilayah penelitian. Perhitungan nilai TSS berdasarkan persamaan matematis dari masing-masing algoritma diimplementasikan melalui fitur *Raster Calculator* pada perangkat lunak GIS. Fitur ini memungkinkan aplikasi persamaan *band-to-band* secara efisien di seluruh piksel citra, yang menghasilkan peta sebaran spasial konsentrasi TSS untuk setiap model yang diuji.



Gambar 7. Perhitungan TSS algoritma Laili



Gambar 8. Perhitungan TSS algoritma Parwati

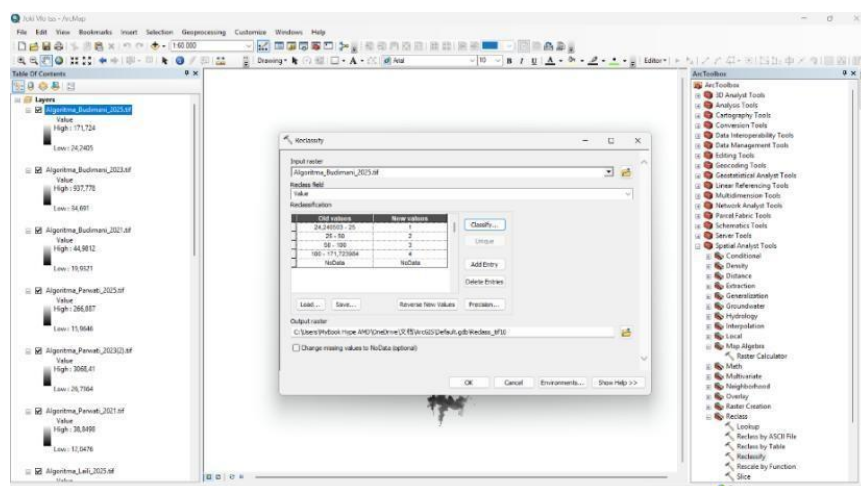


Gambar 9. Perhitungan TSS algoritma Budiman

3.5.4 Pembagian Kelas untuk TSS

Pembagian kelas pada data *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan sebagai tahap lanjutan dalam pengolahan data untuk menyesuaikan nilai konsentrasi sedimen tersuspensi dengan baku mutu kualitas air yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pada tahap ini, nilai TSS yang diperoleh dari hasil ekstraksi data citra dikonversi ke dalam beberapa kelas kualitas berdasarkan ambang batas baku mutu yang berlaku.

Proses pembagian kelas dilakukan menggunakan fitur *reclassify* pada perangkat lunak perangkat lunak GIS, dimana setiap rentang nilai TSS diberikan kode kelas dan simbolisasi yang seragam. Tahapan ini bertujuan untuk menyederhanakan interpretasi kondisi kualitas perairan, mempermudah analisis spasial lanjutan, serta mengidentifikasi area yang mengalami degradasi kualitas air berdasarkan tingkat kekeruhannya. Hasil reklasifikasi ini menjadi dasar penting dalam evaluasi kondisi perairan dan mendukung penyusunan rekomendasi pengelolaan lingkungan yang sesuai standar nasional. Proses ini dilakukan dengan memilih *ArchTollbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*.



Gambar 10. *Reclassify* data TSS

3.5.5 Uji Validasi Data

Analisis validasi data dilakukan untuk menilai tingkat ketelitian hasil estimasi parameter kualitas air yang diperoleh dari interpretasi citra satelit terhadap data hasil pengukuran lapangan. Proses validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa nilai estimasi yang dihasilkan mampu merepresentasikan kondisi aktual perairan secara objektif dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Metode yang digunakan dalam proses validasi adalah *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE dipilih karena mampu mengukur besarnya penyimpangan antara nilai hasil estimasi dan nilai pengamatan lapangan secara kuantitatif, dengan satuan yang sama seperti data aslinya. Perhitungan RMSE dilakukan berdasarkan selisih antara nilai estimasi citra satelit dan nilai pengukuran lapangan, yang kemudian dikuadratkan, dirata-ratakan, dan diambil akar kuadratnya.

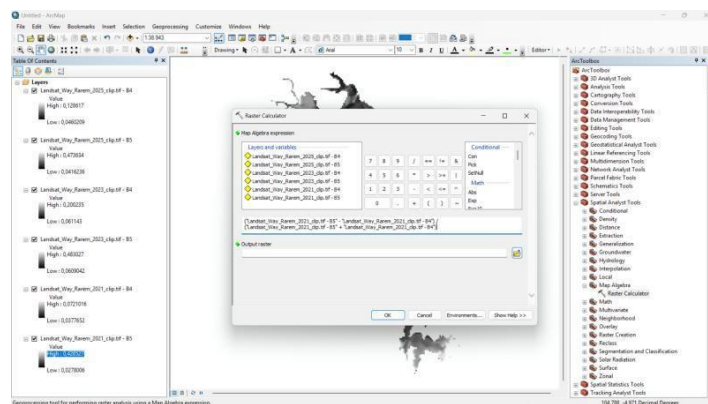
Nilai RMSE yang diperoleh digunakan sebagai indikator tingkat akurasi model estimasi yang diterapkan. Nilai RMSE yang semakin kecil menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang rendah, sehingga model dianggap memiliki ketelitian yang baik dalam menggambarkan kondisi kualitas air. Sebaliknya, nilai RMSE yang tinggi mengindikasikan adanya perbedaan yang cukup besar antara hasil estimasi dan data lapangan. Oleh karena itu, hasil analisis RMSE menjadi dasar dalam menilai keandalan model yang digunakan untuk analisis kualitas air di Bendungan Way Rarem.

3.5.6 Pengolahan NDCI

Perhitungan NDCI digunakan untuk mendeteksi dan mengestimasi konsentrasi klorofil-a fitoplankton di perairan. Indeks ini memanfaatkan perbedaan karakteristik reflektansi pada kanal merah (*Red*) dan inframerah dekat (NIR) pada citra satelit. Secara khusus, NDCI dimanfaatkan untuk mendeteksi tingkat produktivitas primer di perairan yang keruh (*Case 2 Waters*), yang berhubungan langsung dengan kepadatan populasi alga. Nilai NDCI yang tinggi menunjukkan

adanya konsentrasi klorofil-a yang tinggi, mengindikasikan kondisi air yang cenderung eutrofik atau kaya nutrisi, yang sangat mendukung pertumbuhan alga dan vegetasi terapung seperti eceng gondok.

Nilai NDCI memiliki rentang teoritis antara -1 hingga 1, sama seperti indeks perbedaan terdormalisasi lainnya. Namun, dalam konteks perairan tropis yang kaya nutrisi, nilai NDCI yang lebih tinggi (mendekati 1) menunjukkan dominasi klorofil dan fitoplankton. Nilai rendah atau negatif seringkali menunjukkan perairan jernih (oligotrof) atau kondisi di mana padatan tersuspensi non-klorofil (seperti TSS) lebih dominan, meskipun umumnya nilai NDCI digunakan sebagai *input* untuk model regresi. Gambar berikut menunjukkan tahapan perhitungan NDCI yang dilakukan pada penelitian ini.

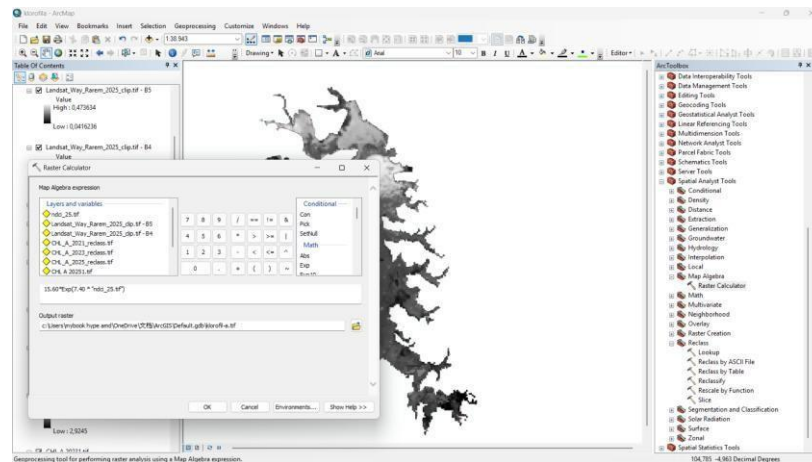


Gambar 11. Proses perhitungan nilai NDCI

3.5.7 Perhitungan Nilai Klorofil-a

Setelah mendapatkan nilai NDCI, langkah selanjutnya adalah mengestimasi konsentrasi klorofil-a dalam air. Proses ini memerlukan model regresi empiris yang dikembangkan dari data *ground truth* lapangan, tetapi pada proses ini penulis mengadopsi dari model yang telah ada karena keterbatasan data lapangan. Dalam penelitian ini, model eksponensial yang spesifik untuk perairan tropis digunakan, dengan persamaan $chl-a = 15,60^{(7,40 \cdot NDCI)}$. Dengan menggunakan *Raster Calculator* di perangkat lunak GIS, nilai NDCI dari setiap piksel citra dimasukkan ke dalam persamaan tersebut. Hasil akhirnya adalah peta tematik dimana setiap

piksel merepresentasikan konsentrasi chl-a dalam satuan mikrogram per liter ($\mu\text{g/L}$). Konsentrasi chl-a ini merupakan indikator langsung dari biomassa fitoplankton, semakin tinggi nilainya, semakin tinggi pula tingkat produktivitas primer dan potensi risiko eutrofikasi pada waduk.



Gambar 12. Proses perhitungan nilai klorofil-a

3.5.8 Pembagian Kelas untuk Klorofil-a

Setelah konsentrasi klorofil-a berhasil diestimasi dari nilai NDCI, nilai-nilai tersebut dikelompokkan ke dalam empat kelas kualitas air untuk memetakan risiko eutrofikasi secara spasial. Klasifikasi ini didasarkan pada ambang batas konsentrasi dalam satuan ($\mu\text{g/L}$) yang diadopsi dari standar penilaian tingkat kesuburan perairan *Trophic State Index* (TSI). Kelas pertama, Kualitas Air Sangat Baik, ditetapkan untuk konsentrasi chl-a $< 7 \mu\text{g/L}$ (mencakup kondisi oligotrof). Kelas kedua, kualitas air baik, berada pada rentang $7 - 12 \mu\text{g/L}$. Selanjutnya, kelas kualitas air sedang ditentukan pada rentang $12 - 40 \mu\text{g/L}$, yang mengindikasikan kondisi eutrof, dimana peningkatan pertumbuhan alga sudah terlihat. Terakhir, konsentrasi chl-a $> 40 \mu\text{g/L}$, dikategorikan sebagai kualitas air buruk (hipereutrof), yang mencerminkan beban nutrisi yang sangat tinggi dan risiko *blooming* yang serius. Klasifikasi ini memungkinkan visualisasi area-area rentan terhadap pencemaran nutrisi di bendungan.

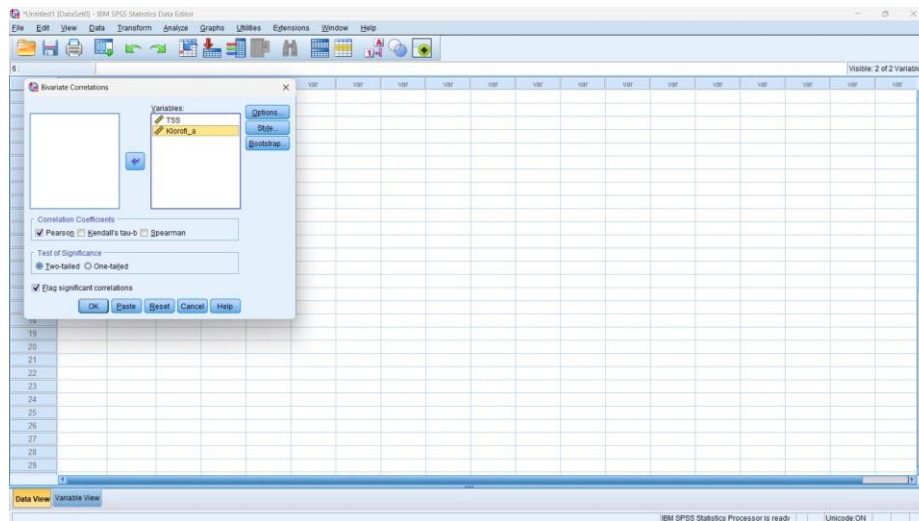
Proses pembagian kelas dilakukan menggunakan fitur *Reclassify* pada perangkat lunak Perangkat lunak GIS, dimana setiap rentang nilai klorofil-a diberikan kode kelas dan simbolisasi yang seragam. Tahapan ini bertujuan untuk menyederhanakan interpretasi status trofik perairan (oligotrof, mesotrof, eutrof, hipereutrof), mempermudah analisis spasial lanjutan, serta mengidentifikasi area yang mengalami eutrofikasi berdasarkan tingkat kepadatan fitoplankton. Proses ini dilakukan dengan memilih *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*.

3.5.9 Uji Korelasi Nilai TSS dan Klorofil-a

Tahap selanjutnya adalah melakukan uji korelasi untuk mengidentifikasi dan mengukur hubungan statistik antara dua parameter kualitas air yang telah diestimasi menggunakan citra satelit, yaitu TSS dan konsentrasi klorofil-a. Kedua parameter ini memiliki peran krusial dalam menentukan kondisi perairan, TSS menunjukkan tingkat kekeruhan fisik, sedangkan klorofil-a menunjukkan tingkat kesuburan biologis (eutrofikasi). Uji korelasi ini menggunakan korelasi *Pearson*, bertujuan untuk menentukan seberapa erat dan dalam arah apa (positif atau negatif) kedua variabel ini saling berkaitan. Hasil dari uji korelasi ini akan memberikan gambaran penting mengenai proses dominan yang terjadi di perairan bendungan, misalnya apakah tingginya kekeruhan TSS di suatu waktu juga diikuti oleh peningkatan biomassa alga atau sebaliknya.

Uji korelasi antara nilai TSS dan klorofil-a dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik SPSS untuk menentukan kekuatan dan arah hubungan linier antar kedua variabel. Tahapan dimulai dengan memasukkan data TSS dan klorofil-a yang telah diekstraksi dari hasil pengolahan citra ke dalam dua kolom variabel numerik pada *Data View*. Selanjutnya, proses analisis diakses melalui menu *Analyze > Correlate > Bivariate*. Dalam jendela *Bivariate Correlations*, kedua variabel dipindahkan ke kotak *Variables*, dan opsi *Pearson* dicentang sebagai koefisien korelasi yang dipilih, diikuti dengan pemilihan *Two-tailed* untuk uji signifikansi. setelah dijalankan, SPSS akan menghasilkan tabel matriks *Correlations*. Hasil

utama yang diinterpretasikan adalah koefisien korelasi *Pearson* (r), yang menunjukkan kekuatan dan arah hubungan, serta nilai signifikansi (p -value), yang menentukan apakah hubungan tersebut valid secara statistik pada tingkat kepercayaan tertentu.



Gambar 13. Proses uji korelasi konsentrasi TSS dan klorofil-a

Prosedur uji korelasi dimulai dengan memasukkan data TSS dan klorofil-a hasil ekstraksi citra satelit ke dalam kolom variabel pada Data View SPSS. Selanjutnya, analisis dilakukan melalui menu *Analyze > Correlate > Bivariate*, dimana kedua variabel dipindahkan ke kotak *Variables* dengan mencentang opsi *Pearson* dan memilih uji signifikansi *Two-tailed*. Setelah perintah dijalankan, SPSS akan menghasilkan tabel matriks korelasi yang menampilkan koefisien korelasi *Pearson* (r) untuk menentukan kekuatan serta arah hubungan, serta nilai p -value untuk menguji validitas hubungan tersebut secara statistik.

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter *Total Suspended Solid* dan Klorofil-a Menggunakan Citra Landsat 8 di Bendungan Way Rarem, maka diperoleh kesimpulan:

1. Distribusi spasial konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Bendungan Way Rarem pada tahun 2025 yang dimodelkan menunjukkan sebaran yang bervariasi di seluruh badan air. Berdasarkan hasil pengolahan, konsentrasi TSS di Bendungan Way Rarem memiliki rentang nilai antara 27,32 $\mu\text{g/L}$ hingga 44,52 $\mu\text{g/L}$. Sedangkan distribusi nilai untuk klorofil-a berada pada rentang 2,92-106,73 $\mu\text{g/L}$.
2. Hasil evaluasi terhadap tiga algoritma estimasi menunjukkan bahwa algoritma budiman merupakan model terbaik untuk memetakan TSS di lokasi penelitian. Hal ini didasarkan pada perhitungan nilai kesalahan terendah dengan nilai RMSE sebesar 1,571 mg/l, yang menunjukkan akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma Laili dan algoritma Parwati.
3. Kondisi kualitas air di Bendungan Way Rarem pada tahun 2025 didominasi oleh status Hipereutrofik dan Mesotrof, yang menunjukkan tingkat kesuburan perairan dari sedang hingga sangat tinggi. Berdasarkan uji korelasi Pearson, terdapat hubungan positif dan signifikan antara parameter TSS dan klorofil-a dengan nilai $r = 0,556$. Hubungan ini menjelaskan bahwa konsentrasi material tersuspensi (TSS) berkontribusi terhadap ketersediaan nutrisi yang memicu peningkatan klorofil-a, yang pada akhirnya menjadi faktor pendorong utama terjadinya fenomena *blooming* eceng gondok di area bendungan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran yang dapat menjadi pertimbangan bagi beberapa pihak terkait, yaitu:

1. Disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk memperkuat validitas model estimasi yang digunakan dengan melakukan pengambilan data lapangan (*in-situ*) secara lebih intensif, mencakup parameter seperti TSS dan klorofil-a. Selain itu, penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk fokus pada analisis karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendungan Way Rarem, termasuk pemetaan penggunaan lahan dan identifikasi tingkat erosi. Hal ini bertujuan untuk secara spesifik menentukan sumber utama dari sedimen yang bertanggung jawab membawa beban nutrisi tinggi ke perairan bendungan.
2. Berdasarkan temuan utama bahwa tingginya beban TSS adalah faktor kunci hipereutrofikasi, Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) harus menjadikan pengendalian erosi dan sedimentasi di wilayah DAS hulu sebagai program konservasi prioritas utama. Selain itu, pemerintah perlu mengembangkan sistem pemantauan kualitas air yang berkelanjutan berbasis *remote sensing* dan data stasiun *in-situ* untuk menciptakan sistem peringatan dini eutrofikasi, yang memungkinkan tindakan pencegahan cepat sebelum *blooming* eceng gondok mencapai kondisi krisis. Pemerintah juga didorong untuk mengimplementasikan program pengelolaan eceng gondok yang terintegrasi, yang tidak hanya berfokus pada pembersihan, tetapi juga pada pemanfaatan biomassa untuk mengurangi nutrisi yang terakumulasi.
3. Bagi masyarakat yang bermukim di sekitar DAS, didorong untuk berpartisipasi aktif dalam upaya konservasi. Langkah ini termasuk edukasi dan praktik penggunaan lahan yang berkelanjutan untuk meminimalkan erosi dan penggunaan pupuk berlebihan yang menyebabkan *run-off* nutrisi ke bendungan. Selain itu, partisipasi masyarakat lokal dalam kegiatan pembersihan eceng gondok secara berkala sangat penting untuk menjaga agar *blooming* tidak meluas dan mengganggu fungsi ekologis serta ekonomi bendungan. Komunitas lokal juga diharapkan untuk mendukung dan mematuhi kebijakan yang dikeluarkan

oleh pemerintah terkait tata kelola lahan di sekitar bendungan dan DAS agar upaya konservasi dapat berjalan secara efektif, komprehensif, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifelia, D. R., Diansyah, G., dan Surbakti, H. 2017. Analisis kondisi perairan ditinjau dari konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan sebaran Klorofil-a di Muara Sungai Lumpur, Sumatera Selatan. *MasPari Journal*, 9(2), 95–104.
- Baktiar, A. H., Wijaya, A. P., dan Sukmono, A. 2016. Analisis kesuburan dan pencemaran air berdasarkan kandungan klorofil-A dan konsentrasi *Total Suspended Solid* secara multitemporal di Muara Banjir Kanal Timur. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 1–11.
- Campbell, J. B., and Wynne, R. H. 2011. *Introduction to remote sensing* (5th ed.). Guilford Press.
- Chai, T. and Draxler, R.R. 2014. *Root Mean Square Error* (RMSE) or *Mean Absolute Error* (MAE) Arguments against avoiding RMSE in the literature, *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250.
- Dewantara, E. F., Purwanto, Y. J., dan Setiawan, Y. 2021. Strategi pengendalian eceng gondok (*Eichornia crassipes*) di perairan waduk Jatiluhur, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 18(1), 63–74.
- Dwidjoseputro, D. 1980. *Pengantar fisiologi tumbuhan*. Gramedia Pustaka Utama.
- Faridzie, M. A., Maslukah, L., Ismunarti, D. H., dan Wirasatriya, A. 2023. Uji Akurasi Beberapa Algoritma Material Padatan Tersuspensi Menggunakan Citra Sentinel-2A di Muara Banjir Kanal Timur Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(3), 503-513
- Giglio, L., Schroeder, W., and Justice, C. O. 2016. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*, 178, 31–41.
- Harborne, J. B., and Dey, P. M. 1990. *Methods in plant biochemistry: Vol. 4. Terpenoids*. Academic Press.
- Heriza, D., Sukmono, A., dan Bashit, N. 2018. Analisis Perubahan Kualitas Perairan Danau Rawa Pening Periode 2013, 2015 Dan 2017 dengan Menggunakan Data Citra Landsat 8 Multitemporal. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 79-89.

- Jaelani, M. S., Tanaka, M. H., and Koyama, K. S. M. K. 2016. Normalized Mean Absolute Error and Robust Determination Coefficient as Validation Metrics for Satellite-Derived Bathymetry. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, III-7, 185–190.
- Jensen, J. R. 2014. *Remote sensing of the environment: An Earth resource perspective* (2nd ed.). Pearson Education.
- Kementerian Pertanian. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2006 tentang Irigasi*. Jakarta.
- Laili, S., Cahyono, B. E., dan Nugroho, A. T. 2020. Analisis kualitas air di Danau Batur menggunakan citra Landsat-8 OLI/TIRS multitemporal. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 1–10.
- Libes, S. M. 1992. *Introduction to marine biogeochemistry*. John Wiley & Sons.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., and Chipman, J. W. 2015. *Remote sensing and image interpretation* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Markham, B., Barsi, J., Kvaran, G., Aladji, F., and Morfitt, R. 2015. The Landsat 8 Mission: Status and new capabilities. *Remote Sensing of Environment*, 156, 555–562.
- McFeeters, S. K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- Mishra, D. R., Schaeffer, B. A., and Keith, D. 2014. Performance evaluation of normalized difference chlorophyll index in northern Gulf of Mexico estuaries using the Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean. *GIScience & Remote Sensing*, 51(2), 175–198.
- Mishra, S., and Mishra, D. R. 2012. Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters. *Remote Sensing of Environment*, 117, 394–406.
- Nugraheni, A. D., Zainuri, M., Wirasatriya, A., dan Maslukah, L. 2022. Sebaran Klorofil-a secara Horizontal di Perairan Muara Sungai Jajar, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 221–230.
- Poernama, T., Pebriansyah, E., Arifin, A. L., dan Yusuf, R. 2023. Ubah gulma menjadi emas: studi kasus pengolahan eceng gondok menjadi humus aktif & enzimatis di Waduk Jatiluhur Purwakarta. *Entrepreneurship Bisnis Manajemen Akuntansi (E-BISMA)*, 4(1), 43–66.

- Prasetyo, S., Anggoro, S., dan Soeprbowatid, T. R. 2021. Penurunan Kepadatan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) di Danau Rawapening dengan Memanfaatkannya sebagai Bahan Dasar Kompos. *Bioma*, 23(1), 57–62.
- Robinson, I. S. 1985. *Satellite oceanography: An introduction for marine scientists and remote-sensing specialists*. Ellis Horwood.
- Tumijo, dan Ashari, D. 2022. Permasalahan Kelembagaan Pemanfaatan Bendungan Way Rarem untuk Kegiatan Budidaya Keramba Jaring Apung di Kabupaten Lampung Utara. *Prosiding Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)*, 2(1).