

**KAJIAN PEMETAAN TINGKAT KEKERUHAN AIR BERDASARKAN  
NILAI TSS DI PERAIRAN DANAU RANAU**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ARMANDA AKHMAL AERLANGGA  
NPM 1915013015**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

**KAJIAN PEMETAAN TINGKAT KEKERUHAN AIR BERDASARKAN  
NILAI TSS DI PERAIRAN DANAU RANAU**

**Oleh**

**ARMANDA AKHMAL AERLANGGA**

**(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**

### **KAJIAN PEMETAAN TINGKAT KEKERUHAN AIR BERDASARKAN NILAI TSS DI PERAIRAN DANAU RANAU**

**Oleh**

**ARMANDA AKHMAL AERLANGGA**

Danau Ranau merupakan danau vulkanik terbesar kedua di Pulau Sumatra yang terletak di perbatasan Provinsi Lampung dan Sumatera Selatan serta memiliki fungsi ekologis dan sosial ekonomi yang penting bagi masyarakat. Beberapa fenomena seperti kematian massal ikan dan meningkatnya kekeruhan perairan menunjukkan adanya indikasi penurunan kualitas air. Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menilai tingkat kekeruhan adalah Total Suspended Solid. Pengukuran TSS secara konvensional membutuhkan waktu dan proses laboratorium yang relatif lama, sehingga pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menjadi alternatif yang lebih efektif dan efisien dalam pemantauan kualitas air.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran spasial tingkat kekeruhan berdasarkan nilai TSS serta membandingkan lima algoritma estimasi TSS (Liu, Laili, Parwati, Budiman, dan Zaelani) guna menentukan model yang paling sesuai untuk kondisi perairan Danau Ranau. Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2 Level-2A tanggal 06 Mei 2025 dan data pengukuran TSS secara *in situ* sebagai data validasi. Tahapan pengolahan meliputi pemotongan citra, *resampling*, masking area perairan menggunakan metode Normalized Difference Water Index (NDWI), perhitungan nilai TSS berdasarkan masing-masing algoritma, serta analisis akurasi menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE).

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan distribusi dan nilai estimasi TSS antar algoritma. Algoritma Budiman dan Zaelani menghasilkan nilai TSS yang relatif tinggi di bagian tepi danau, algoritma Laili menunjukkan distribusi yang lebih merata, sedangkan algoritma Liu cenderung menghasilkan nilai yang lebih rendah. Algoritma Parwati memberikan hasil estimasi yang paling mendekati data lapangan dengan nilai RMSE sebesar 0,95 mg/L. Berdasarkan hasil tersebut, algoritma Parwati direkomendasikan sebagai model terbaik dalam mengestimasi konsentrasi TSS dan memetakan tingkat kekeruhan air di Danau Ranau.

Kata kunci: Danau Ranau, Sentinel 2 Level-2A, TSS, NDWI, Algoritma

## **ABSTRACT**

### **ASSESSMENT OF WATER TURBIDITY MAPPING BASED ON TOTAL SUSPENDED SOLIDS (TSS) IN THE WATERS OF LAKE RANAU**

**By**

**ARMANDA AKHMAL AERLANGGA**

Lake Ranau is the second largest volcanic lake on Sumatra Island, located on the border between Lampung Province and South Sumatra Province, and it plays important ecological and socio-economic roles for surrounding communities. Several phenomena, such as mass fish mortality and increasing water turbidity, indicate a decline in water quality. One parameter that can be used to assess turbidity levels is Total Suspended Solids (TSS). Conventional TSS measurement requires considerable time and laboratory analysis; therefore, the utilization of remote sensing technology, particularly Sentinel-2 Level-2A imagery, provides a more effective and efficient alternative for water quality monitoring. This study aims to map the spatial distribution of turbidity levels based on TSS values and to compare five TSS estimation algorithms (Liu, Laili, Parwati, Budiman, and Zaelani) in order to determine the most suitable model for the water conditions of Lake Ranau. The study employed Sentinel-2 Level-2A imagery acquired on May 6, 2025, and in situ TSS measurements as validation data. The processing stages included image cropping, resampling, water body masking using the Normalized Difference Water Index (NDWI) method, calculation of TSS values based on each algorithm, and accuracy assessment using the Root Mean Square Error (RMSE) method. The results show differences in the spatial distribution and estimated TSS values among the algorithms. The Budiman and Zaelani algorithms produced relatively high TSS values along the lake margins, the Laili algorithm showed a more uniform distribution, while the Liu algorithm tended to produce lower values. The Parwati algorithm provided the closest estimation to field measurements with an RMSE value of 0.95 mg/L. Based on these results, the Parwati algorithm is recommended as the most suitable model for estimating TSS concentration and mapping water turbidity levels in Lake Ranau.

**Keywords:** Ranau Lake, Sentinel 2 Level-2A, TSS, NDWI, Algorithm

## HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **KAJIAN PEMETAAN TINGKAT KEKERUHAN  
AIR BERDASARKAN NILAI TSS  
DIPERAIRAN DANAU RANAU**

Nama Mahasiswa : **Armanda Akhmal Aerlangga**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915013015

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Romi Fadly, S. T., M. Eng.**  
NIP 199708242008121001

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

### 2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

**Ir. Fauzan Mardapa, M. T., IPM.**  
NIP 196410121992031002



Dipindai dengan CamScanner

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

Ketua

: Romi Fadly, S. T., M. Eng.

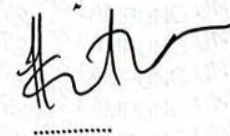


Sekretaris

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



Penguji Utama Bukan Pembimbing : Citra Dewi, S.T., M.Eng.



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.**

NIP 196910302000031001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 Januari 2026**



Dipindai dengan CamScanner



## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : ARMANDA AKHMAL AERLANGGA  
NPM : 1915013015  
Program Studi : Teknik Geodesi  
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "KAJIAN PEMETAAN TINGKAT KEKERUHAN AIR BERDASARKAN NILAI TSS DIPERAIRAN DANAU RANAU " ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak berisi tentang karya yang telah dipublikasikan atau ditulis, kecuali sebagai kutipan atau acuan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah pada umumnya.

Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan saya bersedia menanggung segala akibat yang ada, apabila pernyataan ini tidak benar.

Bandar Lampung, Maret 2026



Armanda Akhmal Aerlangga  
NPM. 1915013015

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Armanda Akhmal Aerlangga yang lahir pada tanggal 13 November 2001 di Desa Teluk Dalem Kecamatan Mataram Baru Kabupaten Lampung Timur Provinsi Lampung. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Ali Sutopo dan Ibu Sutriasih. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 04 Teluk Dalem yang diselesaikan pada tahun 2013. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Way Jepara yang diselesaikan pada tahun 2016. Selanjutnya,

penulis menempuh pendidikan menengah atas di MAN 1 KOTA METRO 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 Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN).

Selama di Universitas Lampung, penulis aktif dalam organisasi mahasiswa dan pelatihan. Penulis menjadi anggota dan staff pada UKM TEKNOKRA Universitas Lampung dan Penulis juga aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Lampung (HIMAGES) pada tahun 2021.

Pada bulan Juni hingga Agustus tahun 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Karang Anyar Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung timur. Provinsi Lampung dan berhasil membuat Peta Tematik dan Daerah aliran sungai (DAS). Kemudian penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Perencanaan Daerah Provinsi Lampung pada bidang Geospasial dengan judul “Pembaruan Dan Standardisasi Peta Tematik Pada Geoportal Provinsi Lampung” dan ikut berkontribusi dalam Pembuatan peta Tematik program kerja unggulan bidang pertanian Gubernur serta pembaruan dan standardisasi peta pada situs geoportal Provinsi Lampung.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.), penulis menyusun skripsi yang berjudul " Kajian Pemetaan Tingkat Kekerusuhan Air Berdasarkan Nilai Tss Di Danau Ranau" dengan bimbingan Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. dan Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng



## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillahil'alam, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Dengan rasa syukur dan bahagia, saya persembahkan karya ini dengan tulus kepada :

“Kedua orang tua tercinta yang selalu ada di setiap perjalanan hidup saya, yang selalu memberikan semangat juang dan harapannya, Bapak Ali Sutopo dan Ibu Sutriasih. Kedua sosok yang dengan tulus memberikan kasih sayang, dukungan yang tiada henti dan selalu menjadi sumber kekuatan dan doa kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang dibuat dengan penuh perjuangan. yang selalu memberikan support dan dukungan secara materil dan moril kepada penulis. Terimakasih yang sebesar besarnya kepada kedua orang tua atas segala asa, nasihat dan do'a yang selalu dilatunkan untuk kesuksesan penulis”

“Bapak Ibu Dosen Pembimbing, Penguji, Pengajar, dan Staff yang telah meluangkan waktunya, memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta dukungan kepada penulis dengan ikhlas.”

“Teman-teman saya satu almamater terutama Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Angkatan 2019 Universitas Lampung yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis untuk bisa menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih atas dukungannya sehingga penelitian skripsi saya dapat terselesaikan.”

## **MOTTO**

“Berjalan tak seperti rencana adalah jalan yang sudah biasa dan jalan satu-satunya  
Jalani sebaik-baiknya”  
(Sirin Farid Stevy, Gas)

“Bila Kaum muda yang telah belajar di sekolah dan menganggap dirinya terlalu  
tinggi dan pintar untuk melebur dengan masyarakat yang bekerja dengan cangkul  
dan hanya memiliki cita cita yang sederhana, maka lebih baik pendidikan itu tidak  
diberikan sama sekali”  
(Tan Malaka, Madilog)

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Penelitian yang berjudul **“KAJIAN PEMETAAN TINGKAT KEKERUHAN AIR BERDASARKAN NILAI TSS DI PERAIRAN DANAU RANAU”** dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi bagi mahasiswa Program Studi S1 Teknik Geodesi Universitas Lampung.

Dalam proses penulisan sampai dengan penyusunan Penelitian ini, penulis mendapat dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. H. 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 dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Skripsi Program Studi S1 Teknik Geodesi dan selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah membimbing, mendukung, memberikan saran, arahan, dan motivasi kepada penulis terkait penelitian ini.
4. Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah membimbing, mendukung, memberikan saran, arahan, dan motivasi kepada penulis terkait penelitian ini..
5. Ibu Citra Dewi, S.T., M.Eng. selaku selaku dosen penguji utama pada ujian skripsi. Terima kasih atas kritik, masukan dan saran
6. Bapak Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Orang tua dan keluarga besar saya yang selalu mendoakan agar kegiatan perkuliahan saya dilancarkan oleh Allah SWT serta memberikan dukungan moril

dan juga dukungan materil.

8. Kepada seluruh teman-teman Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung Angkatan 2019 dan teman-teman lain yang telah mendukung serta memberi semangat, saran, dan motivasi kepada saya

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam menyelesaikan penelitian ini, sehingga laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan lebih lanjut. Demikian Skripsi ini disusun sebaik-baiknya agar dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Maret 2026

Penulis



Armanda Akhmal Aerlangga

## DAFTAR ISI

|                                                |           |
|------------------------------------------------|-----------|
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                      | <b>v</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                      | <b>vi</b> |
| <b>I. PENDAHULUAN .....</b>                    | <b>1</b>  |
| 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         |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>               | <b>6</b>  |
| 2.1. Penelitian Terdahulu.....                 | 6         |
| 2.2. Gambaran Umum Daerah Penelitian.....      | 9         |
| 2.3. Penginderaan Jauh .....                   | 9         |
| 2.4. Sentinel 2 Level-2A.....                  | 10        |
| 2.5. Total Suspended Solid.....                | 10        |
| 2.6. Algoritma Penentuan Konsentrasi TSS ..... | 11        |
| 2.7. Resampling Citra .....                    | 14        |
| 2.8. Normalized Difference Water Index .....   | 14        |
| 2.9. RMSE .....                                | 15        |
| <b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>        | <b>16</b> |
| 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....         | 16        |
| 3.2. Alat dan Data.....                        | 17        |
| 3.2.1. Alat Yang Digunakan .....               | 17        |
| 3.2.2. Data Yang Digunakan.....                | 18        |
| 3.3. Diagram Alir Penelitian.....              | 18        |
| 3.4. Tahap Persiapan .....                     | 19        |
| 3.4.1. Tahap Pengumpulan Data.....             | 20        |
| 3.4.2. Tahap Pengolahan Data.....              | 20        |
| 3.4.3. Tahap Analisis Data.....                | 28        |
| 3.4.4. Tahap Penyajian Hasil.....              | 30        |
| <b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>           | <b>31</b> |
| 4.1. Peta Hasil Sebaran TSS .....              | 31        |
| 4.2. Uji Akurasi .....                         | 36        |
| 4.2.1. Validasi Lapangan .....                 | 36        |
| 4.2.2. Nilai RMSE.....                         | 37        |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 4.3. Pembahasan .....       | 38        |
| <b>V. PENUTUP .....</b>     | <b>41</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....        | 41        |
| 5.2. Saran .....            | 42        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>43</b> |
| <b>LAMPIRAN A.....</b>      | <b>46</b> |
| <b>LAMPIRAN B .....</b>     | <b>49</b> |
| <b>LAMPIRAN C .....</b>     | <b>53</b> |
| <b>LAMPIRAN D.....</b>      | <b>62</b> |



## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                        | Halaman |
|---------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Peta Daerah Penelitian .....                               | 16      |
| 2. Diagram alir penelitian.....                               | 19      |
| 3. Proses Pemotongan Citra Sentinel 2 .....                   | 21      |
| 4. Sebelum dan sesudah proses <i>resampling</i> . ....        | 22      |
| 5. Proses Perhitungan NDWI .....                              | 22      |
| 6. Hasil Pengolahan NDWI .....                                | 23      |
| 7. Penamaan dan satuan TSS .....                              | 23      |
| 8. Proses Perhitungan Algoritma TSS.....                      | 24      |
| 9. Hasil Perolehan Nilai TSS .....                            | 25      |
| 10. Titik Sampel Lapangan .....                               | 25      |
| 11. Botol Wadah Sample Air .....                              | 26      |
| 12. Ilustrasi Proses Penyaringan Sampel Air .....             | 27      |
| 13. Cuplikan Data Tss <i>In situ</i> dan Estimasi Citra ..... | 29      |
| 14. Cuplikan Rumus <i>Squared Error</i> .....                 | 29      |
| 15. Cuplikan Rumus <i>Mean Square Error</i> .....             | 29      |
| 16. Cuplikan Rumus RMSE .....                                 | 30      |
| 17. Peta Sebaran TSS Hasil Algoritma Budiman.....             | 31      |
| 18. Peta Sebaran TSS Hasil Algoritma Laili.....               | 32      |
| 19. Peta Sebaran TSS Hasil Algoritma Liu.....                 | 33      |
| 20. Peta Sebaran TSS Hasil Algoritma Parwati .....            | 34      |
| 21. Peta Sebaran TSS Hasil Algoritma Zaelani .....            | 35      |
| 22. Proses Pengambilan Sample TSS.....                        | 50      |
| 23. Proses Pengambilan Sample TSS.....                        | 50      |
| 24. Proses Pengambilan Sample TSS.....                        | 51      |
| 25. Proses Pengambilan Sample TSS.....                        | 51      |
| 26. Proses Uji Laboratorium .....                             | 52      |
| 27. Hasil Uji Laboratorium Titik 1. ....                      | 54      |
| 28. Hasil Uji Laboratorium Titik 2. ....                      | 55      |
| 29. Hasil Uji Laboratorium Titik 3. ....                      | 56      |
| 30. Hasil Uji Laboratorium Titik 4. ....                      | 57      |
| 31. Hasil Uji Laboratorium Titik 5. ....                      | 58      |
| 32. Hasil Uji Laboratorium Titik 6. ....                      | 59      |
| 33. Hasil Uji Laboratorium Titik 7. ....                      | 60      |
| 34. Hasil Uji Laboratorium Titik 8. ....                      | 61      |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                      | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Penelitian Terdahulu .....                                              | 6       |
| 2. Perangkat Lunak.....                                                    | 17      |
| 3. Data Yang Digunakan Dalam Penelitian .....                              | 18      |
| 4. Hasil Uji Validasi Lapangan Dan Citra Satelit Sentinel 2 Level 2A ..... | 37      |
| 5. Nilai RMSE Hasil Estimasi TSS.....                                      | 37      |
| 6. Nilai Selisih Kuadrat, MSE, RMSE Algoritma Zaelani .....                | 47      |
| 7. Nilai Selisih Kuadrat, MSE, RMSE Algoritma Parwati .....                | 47      |
| 8. Nilai Selisih Kuadrat, MSE, RMSE Algoritma Liu.....                     | 47      |
| 9. Nilai Selisih Kuadrat, MSE, RMSE Algoritma Laili.....                   | 48      |
| 10. Nilai Selisih Kuadrat, MSE, RMSE Algoritma Budiman.....                | 48      |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Mengingat pentingnya sumber daya air ini, maka keberadaannya perlu dilindungi sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia serta makhluk hidup lainnya. Salah satu sumber daya air yang berperan besar dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung kebutuhan hidup manusia adalah danau. Sebagai wadah alami yang menampung air permukaan, danau memiliki fungsi ekologis, sosial, dan ekonomi yang sangat vital. Danau Ranau merupakan danau vulkanik terbesar kedua di Pulau Sumatra yang terletak di perbatasan Provinsi Lampung dan Sumatera Selatan. Danau ini memiliki nilai ekologis dan sosial ekonomi yang tinggi, baik sebagai sumber pertanian, perikanan, maupun objek wisata. Kawasan Danau Ranau memiliki luas sekitar 12.500 hektar berada dalam wilayah Kabupaten Ogan Kemiring Ulu Selatan dan wilayah Kabupaten Lampung Barat (Prasetya, D. dan Ansar, Z., 2017).

Namun kondisi di lapangan menunjukkan adanya permasalahan terhadap mutu perairan Danau Ranau. Kepala Dinas Perikanan Lampung Barat Kamaludin mengatakan bahwa terjadi kematian massal ikan hingga mencapai 250 ton. Dia mengatakan kejadian serupa pernah terjadi beberapa tahun lalu, tepatnya pada 2018. Pada kondisi tersebut dia menjelaskan penyebab kematian ikan secara massal di perairan Danau Ranau itu akibat fenomena *upwelling* (ANTARA., 2023). Oleh karena itu (E. Pulford, dkk., 2017), menjelaskan bahwa pemantauan kualitas air suatu danau sangat penting karena danau merupakan sumber ikan air tawar dan fasilitas rekreasi. Pemantauan kualitas air danau juga penting sebagai dasar untuk mengembangkan rencana pengelolaan sumber daya air (Lihawa dkk., 2017).

Kualitas air danau salah satunya dapat dievaluasi melalui parameter kekeruhan atau turbiditas, yaitu ukuran banyaknya partikel tersuspensi yang menghambat penetrasi cahaya dalam kolom air (SHELEMO, A. A., 2023). Tingkat kekeruhan yang tinggi dapat mengurangi intensitas cahaya matahari yang masuk ke lapisan fotik, mengganggu proses fotosintesis fitoplankton, serta menurunkan kualitas habitat biota perairan (Munggaran dkk., 2001).

Kepala DLH Lampung Barat M. Henry Faisal menjelaskan, sehubungan adanya informasi dari masyarakat terkait terjadinya kekeruhan air Danau Ranau, pihaknya telah menurunkan tim ke lapangan untuk mengambil dan menguji sampel kualitas air Danau Ranau. Namun untuk hasil pengujian parameter tss hasilnya harus menunggu analisis di laboratorium selama lebih kurang satu minggu (Kabar Lambar., 2024). Oleh karena itu seiring dengan perkembangan teknologi, penginderaan jauh menjadi salah satu alternatif yang efektif untuk memantau parameter kualitas air secara luas dan berkelanjutan. Citra Sentinel MSI dengan resolusi spasial tinggi dan cakupan spektral yang luas memungkinkan estimasi parameter kualitas air seperti TSS melalui analisis reflektansi spektral. Menurut penelitian terdahulu (Alvado dkk., 2021) kombinasi band pada citra Sentinel 2 Level-2A memiliki sensitivitas yang baik terhadap konsentrasi material tersuspensi, sehingga dapat digunakan untuk pemetaan spasial TSS di perairan darat. Dan menurut (Suwarsono dkk., 2020), pemanfaatan citra Sentinel 2 Level-2A yang dikombinasikan dengan algoritma model estimasi TSS mampu memberikan informasi kekeruhan dengan tingkat akurasi yang baik. Namun setiap algoritma TSS memiliki karakteristik berbeda yang dapat mempengaruhi akurasi estimasi tergantung kondisi optik perairan danau tropis (Indeswari dkk., 2018).

Penelitian mengenai kualitas air yang spesifik di Danau Ranau masih terbatas, oleh sebab itu, penelitian ini penting untuk menilai tingkat kekeruhan Danau Ranau menggunakan citra Sentinel 2 Level-2A sekaligus membandingkan lima algoritma pemodelan TSS Liu, Laili, Parwati, Budiman, dan Zaelani untuk menentukan algoritma yang paling sesuai menggambarkan kondisi perairan Danau Ranau. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi spasial yang akurat sebagai dasar

pemantauan kualitas air dan pengambilan keputusan pengelolaan danau secara berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya alam dan upaya konservasi lingkungan di sekitar danau, serta menyediakan data yang diperlukan sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih baik demi keberlanjutan fungsi ekologis dan pemanfaatan Danau Ranau sebagai sumber daya alam.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dijelaskan, maka pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana distribusi spasial tingkat kekeruhan air berdasarkan nilai Total Suspended Solid (TSS) di perairan Danau Ranau yang diperoleh dari pengolahan citra Sentinel-2 Level-2A?
2. Bagaimana perbandingan hasil estimasi nilai TSS menggunakan lima algoritma empiris (Liu, Laili, Parwati, Budiman, dan Zaelani) terhadap data pengukuran lapangan?
3. Algoritma manakah yang memiliki tingkat akurasi terbaik dalam mengestimasi nilai TSS di Danau Ranau berdasarkan hasil uji akurasi RMSE?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis distribusi spasial tingkat kekeruhan air berdasarkan nilai Total Suspended Solid (TSS) di perairan Danau Ranau menggunakan citra Sentinel-2 Level-2A.
2. Menganalisis perbandingan hasil estimasi nilai TSS dari lima algoritma empiris (Liu, Laili, Parwati, Budiman, dan Zaelani) dengan data pengukuran lapangan.
3. Mengetahui algoritma TSS yang memiliki tingkat akurasi terbaik berdasarkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebagai model yang paling sesuai untuk kondisi perairan Danau Ranau.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis

Penelitian ini bermanfaat bagi penulis dalam merumuskan algoritma empiris baru dan menerapkannya untuk analisis konsentrasi TSS, sehingga penulis dapat memahami kondisi lingkungan di Danau Ranau berdasarkan data yang diperoleh dan berkontribusi dalam mencari solusi untuk masalah tersebut.

2. Bagi pemerintah

Penelitian ini dapat bermanfaat bagi pemerintah dalam mengidentifikasi sebaran konsentrasi TSS menggunakan algoritma yang dihasilkan, sehingga pemerintah dapat mempertimbangkannya dalam upaya restorasi Danau Ranau.

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. Penelitian hanya mencakup area perairan Danau Ranau di perbatasan Provinsi Lampung dan Sumatra Selatan.
2. Data utama yang digunakan berupa citra Sentinel 2 Level-2A pada 06 mei 2025 serta data pengambilan sampel lapangan di perairan Danau Ranau.
2. Parameter yang dianalisis terbatas pada kekeruhan air yang direpresentasikan oleh konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS).
3. Algoritma yang dibandingkan hanya meliputi lima model TSS, yaitu Liu, Laili, Parwati, Budiman, dan Zaelani.
4. Validasi hasil pemodelan dilakukan menggunakan data pengukuran lapangan TSS tanpa menilai parameter kualitas air lainnya.
5. Akurasi algoritma TSS menggunakan uji akurasi RMSE.

6. Hasil analisis penelitian ini berupa peta sebaran spasial tingkat kekeruhan air dan konsentrasi TSS di Danau Ranau, yang diperoleh dari penerapan beberapa algoritma TSS.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merujuk kepada beberapa penelitian sebelumnya, antara lain ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

| No. | Penulis, Tahun, Judul                                                                                                                                                                                                      | Metode                                                                                                                                                             | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | (Nurahida <i>et al.</i> ,2015)<br><i>Development of Water Quality Parameter Retrieval Algorithms for Estimating Total Suspended Solids and Chlorophyll-A Concentration Using Landsat-8 Imagery at Poteran Island Water</i> | 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 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. |
| 2   | (Chen, J., dkk., 2017)<br><i>Remote Estimation of Colored Dissolved Organic Matter and Chlorophyll-a in Lake Huron Using Sentinel 2 Measurements</i>                                                                       | Mengestimasi algoritma DCOM dan Chlorophyll-A dengan memanfaatkan data Sentinel 2, serta meningkatkan akurasi model menggunakan Neural Network Model.              | Penelitian ini memanfaatkan data dari Sentinel-2 untuk mengevaluasi efektivitas citra Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) dan Chlorophyll-a (Chl-a). Metode yang digunakan dalam                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



Lanjutan Tabel 1

| No. | Penulis, Tahun, Judul  | Metode                               | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                        |                                      | <p>penelitian ini mencakup Pengolahan Data In Situ, Koreksi Atmosfer, Koreksi Reflektansi Permukaan Air, serta Kalibrasi dan Validasi Model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa citra Sentinel-2 dapat digunakan untuk memantau parameter warna perairan secara berkelanjutan, terutama dalam mengamati dinamika kualitas air di berbagai danau dengan skala yang berbeda.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3   | (Pinastika dkk., 2013) | Mengembangkan algoritma empiris yang | Penelitian yang ini menggunakan data dari Landsat 7 ETM dan Landsat TM dengan tujuan mengidentifikasi algoritma empiris yang optimal dalam mengukur konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> (TSS), secara multitemporal memetakan distribusi TSS, serta pada tahun 2002, 2007, menganalisis pola perubahan konsentrasi TSS di Danau Rawa Pening pada tahun 2002, 2007, dan 2013. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup Gap Filling, Koreksi Geometrik, Koreksi Radiometrik, Delineasi, Masking Area, Algoritma Estimasi, dan Pengolahan Data In Situ. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara TSS dan reflektansi citra, yang dinyatakan dalam persamaan $TSS = 36,7\ln(x) + 31,52$ , di mana $x$ merupakan nilai reflektansi dari citra satelit. |

Lanjutan Tabel 1

| No. | Penulis, Tahun, Judul                                                                                                                                         | Metode                                                                                                                                                                                                        | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4   | (Made Sukarya Wiata, 2024)<br>Penentuan Status Mutu Air Danau Ranau Kabupaten Lampung Barat Dengan Metode Indeks Pencemaran                                   | Menggunakan metode indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika (suhu, TSS, dan TDS) dan parameter kimia (DO, pH, COD, dan fosfat untuk mengetahui kualitas air di Danau Ranau                              | Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, didapatkan bahwa parameter fosfat telah melampaui baku mutu, sementara itu parameter suhu, TSS, TDS, DO, pH, dan COD telah memenuhi baku mutu air kelas II. Perhitungan Indeks Pencemaran menunjukkan nilai tiap stasiun sebesar 7,06; 8,22; 6,37; 5,8 dengan nilai rata-rata 6,86. Hal ini menunjukkan bahwa Danau Ranau telah mengalami pencemaran sedang.                                                                                                                     |
| 5   | (Armanda Akhmal Aerlangga, 2025)<br>Analisis Perubahan Kualitas Perairan Danau Ranau Berdasarkan Konsentrasi <i>Suspended</i> Menggunakan Sentinel 2 Level-2A | Menggunakan parameter TSS dengan algoritma Parwati, Laili, Liu, Zaelani, dan Budiman dengan membandingkan data in-situ menggunakan Uji-T berpasangan (Paired Sample t-test) dan Root Mean Square Error (RMSE) | Hasil Penelitian menunjukkan terdapat perbedaan nilai estimasi TSS antar algoritma. Algoritma Budiman dan Zaelani menghasilkan nilai tinggi di tepi danau, sedangkan Laili menunjukkan distribusi lebih merata. Liu memberikan hasil terlalu rendah, sementara Parwati menunjukkan keseimbangan terbaik. Berdasarkan uji-t dan RMSE, algoritma Parwati paling akurat dengan nilai t-hitung (0,987) < t-tabel (1,895) dan RMSE 0,95 mg/L, sehingga direkomendasikan sebagai model terbaik untuk estimasi TSS di Danau Ranau. |

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah diuraikan, terlihat adanya perbedaan atau gap penelitian antara studi sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan. Perbedaan tersebut mencakup beberapa aspek utama, yaitu lokasi penelitian, jenis citra satelit yang digunakan, serta metode yang diterapkan. Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan akan menyesuaikan dengan karakteristik wilayah studi serta perkembangan teknologi penginderaan jauh untuk menghasilkan analisis yang lebih akurat dan relevan terhadap dinamika kualitas air di lokasi yang diteliti.

## **2.2. Gambaran Umum Daerah Penelitian**

Danau Ranau merupakan danau terbesar kedua di Sumatra setelah Danau Toba, yang terletak di perbatasan antara Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan, dan Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Danau ini terbentuk akibat aktivitas seismik berupa gempa besar serta letusan gunung berapi yang menciptakan cekungan luas. Secara geografis, Danau Ranau berada di daerah perbukitan dengan lanskap berlembah (Ayu Lestari dkk., 2021).

Di tengah Danau Ranau terdapat Pulau Marisa, yang menjadi daya tarik tersendiri karena memiliki sumber air panas yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat setempat maupun wisatawan. Selain itu, pulau ini juga dilengkapi dengan air terjun dan fasilitas penginapan. Danau Ranau sendiri merupakan salah satu destinasi wisata unggulan di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, di mana berbagai kegiatan pariwisata dan olahraga rutin diselenggarakan, seperti Motor Trail Adventure bertajuk JASS (Jelajah Alam Serasan Seandanan) serta ajang Touring Road Bike yang dikenal sebagai Sriwijaya Ranau Grand Fondo (Ayu Lestari dkk., 2021).

Para pengunjung Danau Ranau umumnya memiliki tiga tujuan utama, yaitu Wisma PT Pusri, Pantai Sinangkalan, Pantai Pelangi, Pantai Bidadari, Wisata Air Panas, serta Icon Ranau di Sumatera Selatan, sementara di wilayah Lampung terdapat Wisata Lombok. Keindahan alam yang memukau, didukung oleh berbagai fasilitas wisata yang tersedia, menjadikan Danau Ranau sebagai destinasi favorit bagi wisatawan yang ingin menikmati panorama alam serta suasana yang tenang dan menyegarkan (Ayu Lestari dkk., 2021).

## **2.3. 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 dkk., 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, J. R., 2014).

#### **2.4. Sentinel 2 Level-2A**

Satelit Sentinel, yang dikembangkan oleh *European Space Agency* (ESA) bekerja sama dengan *Uni Eropa* (EU), merupakan satelit penginderaan jauh pasif yang bertujuan untuk memantau kondisi lingkungan dan melakukan observasi bumi secara global (Berger dkk., 2012). Dalam misi Sentinel 2 Level-2A, sensor utama yang digunakan adalah *Multispectral Instrument* (MSI). Untuk mendukung misi pengamatan ini, satelit Sentinel dilengkapi dengan dua perangkat perekaman *High Visible Resolution* (HVR) yang dapat beroperasi secara bersamaan maupun secara terpisah. Sistem ini menghasilkan dua jenis spektral, yaitu pankromatik dan multispektral. Kanal pankromatik memiliki resolusi spasial sebesar 10 meter, sedangkan kanal multispektral memiliki resolusi spasial 20 meter dengan cakupan area citra mencapai 3.600 km<sup>2</sup> per satu kali perekaman (Markham dkk., 2015).

#### **2.5. Total Suspended Solid**

*Total Suspended Solid (TSS)* merupakan material padatan yang dapat tertahan oleh saringan milipore dengan pori berdiameter 0,45  $\mu\text{m}$  dan umumnya memiliki ukuran lebih dari 1  $\mu\text{m}$  (Jiyah dkk., 2017). TSS terdiri dari berbagai komponen seperti pasir halus, lumpur, tanah liat, sisa organisme flora dan fauna yang telah mati, serta material hasil erosi yang terbawa oleh aliran air (Darlina dkk., 2018). Parameter ini menjadi indikator penting dalam menilai kualitas air, karena tingginya konsentrasi TSS menunjukkan tingkat pencemaran yang lebih tinggi dalam suatu perairan.

Peningkatan kadar TSS dapat menurunkan kualitas air serta menyebabkan akumulasi sedimen (Jiyah dkk., 2017). Pengukuran TSS dapat dilakukan melalui analisis kecerahan atau transparansi warna serta tingkat kekeruhan air. Umumnya, TSS lebih dominan di perairan pedalaman dan pesisir yang dipengaruhi oleh banyak daerah aliran sungai (DAS). Sebagai salah satu jenis perairan pedalaman, danau berfungsi sebagai daerah tangkapan air dari berbagai sungai di sekitarnya. Akibatnya, air yang masuk ke danau membawa berbagai bahan terlarut, sehingga komposisi perairan danau sering kali menyerupai karakteristik air dari sungai-sungai yang bermuara ke dalamnya (Purba dkk., 2018).

TSS memiliki beberapa peran penting dalam ekosistem perairan, di antaranya sebagai medium terjadinya reaksi kimia heterogen, bahan utama dalam proses sedimentasi, serta faktor yang dapat menurunkan kapasitas produksi zat organik domestik (Rinawati dkk., 2016). TSS juga berkontribusi terhadap peningkatan pendangkalan dan kekeruhan air dengan membatasi penetrasi cahaya yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis tanaman akuatik serta mengurangi jarak pandang di dalam perairan (Yonar dkk., 2021). Terdapat hubungan positif antara tingkat kekeruhan dan konsentrasi TSS, di mana semakin tinggi kadar TSS, semakin besar pula tingkat kekeruhan perairan. Namun, nilai kekeruhan tidak dapat secara langsung dikonversi menjadi nilai TSS, karena kekeruhan air tidak hanya dipengaruhi oleh TSS, tetapi juga oleh berbagai faktor lain seperti kualitas air yang buruk serta partikel terlarut, termasuk tanah liat, lumpur, bahan organik terlarut, bakteri, plankton, dan organisme lainnya (Hani dan Ratni, 2020). Menurut (Hannouche *et al.*, 2011), kekeruhan suatu perairan mencerminkan sifat optik air yang ditentukan oleh jumlah cahaya yang diserap dan dipantulkan oleh partikel yang terdapat di dalamnya. Dalam hal ini, TSS di perairan cenderung lebih banyak memantulkan cahaya tampak yang tertangkap oleh sensor citra, sehingga perairan dengan konsentrasi TSS tinggi akan tampak lebih keruh.

## **2.6. Algoritma Penentuan Konsentrasi TSS**

Algoritma Parwati adalah salah satu algoritma yang digunakan untuk menghitung *Total Suspended Solid* (TSS) dari citra. Algoritma ini dikembangkan pada tahun

2014. Penelitian Parwati (2014) berlokasi di perairan Berau. Algoritma menggunakan nilai dari kanal merah yang terkoreksi atmosferik sebagai input (Permatasari, A. K., 2020). Berikut algoritma yang digunakan:

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

Keterangan:

TSS = Muatan Padatan Tersuspensi

$\lambda 4$  = Band 4

Algoritma Laili (2015) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menduga konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di perairan menggunakan data citra satelit. Algoritma ini dikembangkan berdasarkan hubungan antara reflektansi spektral yang direkam oleh sensor satelit dan konsentrasi TSS yang diukur secara in-situ. Penelitian Laili (2015) berlokasi di perairan Poteran Madura. Algoritma menggunakan nilai reflektan permukaan ( $Rrs(\lambda)$ ) kanal biru dan merah sebagai input (Permatasari, A. K., 2020). Berikut algoritma yang digunakan:

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

Keterangan:

TSS = Muatan Padatan Tersuspensi

$\lambda 2$  = Band 2

$\lambda 4$  = Band 4

Algoritma Liu (2017), Algoritma Liu merupakan salah satu model empiris yang digunakan untuk mengestimasi konsentrasi (TSS) di perairan menggunakan data citra satelit multispektral. Model ini pertama kali dikembangkan oleh (Liu *et al.*, yang memanfaatkan hubungan antara nilai reflektansi spektral, terutama pada kanal merah, dengan konsentrasi TSS hasil pengukuran In situ. Secara umum, algoritma ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai reflektansi pada panjang gelombang

merah, maka semakin besar pula konsentrasi padatan tersuspensi di perairan. Berikut algoritma yang digunakan:

$$TSS \left( \frac{mg}{l} \right) = 2950 \times (\lambda 7)^{1,357} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

TSS = Muatan Padatan Tersuspensi

$\lambda 7$  = Band 7

Algoritma Budiman merupakan salah satu algoritma empiris yang dikembangkan oleh Budiman (2004) untuk menduga konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) berdasarkan data penginderaan jauh. Prinsip algoritma ini adalah membangun hubungan matematis antara reflektan citra satelit pada kanal tertentu (umumnya kanal merah Landsat) dengan hasil pengukuran TSS di In situ (Indeswari dkk., 2018). Rumus yang digunakan berbentuk eksponensial, di mana TSS diekspresikan sebagai fungsi dari nilai reflektan

$$TSS \left( \frac{mg}{l} \right) = 8,1429 \exp (23,70 (\lambda 4) \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

TSS = Muatan Padatan Tersuspensi

$\lambda 4$  = Band 4

Algoritma Zaelani merupakan algoritma empiris yang dikembangkan pada tahun 2015–2016 untuk menduga konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) dari citra satelit. Model ini memanfaatkan rasio reflektan kanal biru dan hijau, yang diketahui sensitif terhadap partikel tersuspensi di kolom air (Indeswari dkk., 2018). Salah satu rumus yang umum digunakan adalah:

$$TSS \left( \frac{mg}{l} \right) = 1.5212 * (\log (\lambda 2) / \log (\lambda 3)) - 0.3698 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

TSS = Muatan Padatan Tersuspensi

$\lambda_2$  = Band 2

$\lambda_3$  = Band 3.

## 2.7. Resampling Citra

*Resampling* citra adalah proses konversi citra kontinu  $f(x,y)$  menjadi citra *digital* tanpa mengubah koordinat aslinya. Citra kontinu ini direpresentasikan dalam bentuk matriks berukuran  $N \times M$ , di mana setiap elemen dalam matriks merupakan nilai diskrit (Gumelar, O., 2015). Dalam proses *resampling*, nilai piksel dari citra *input* ditransformasikan ke dalam nilai piksel yang baru sesuai dengan kebutuhan. Transformasi ini dapat mencakup berbagai metode seperti perbesaran, pengecilan, registrasi, translasi, rotasi, rektifikasi, dan lainnya.

## 2.8. Normalized Difference Water Index

*Normalized Difference Water Index (NDWI)* merupakan metode yang dirancang untuk mendeteksi perairan terbuka dengan memanfaatkan reflektansi dari kanal inframerah dekat (*Near Infrared/NIR*) dan kanal hijau, sehingga dapat menghilangkan kontribusi pantulan dari tanah dan vegetasi (McFeeters, S. K., 1996). Berbagai model NDWI telah dikembangkan untuk keperluan analisis, dengan penelitian sebelumnya mempertimbangkan karakteristik spektral dari citra Sentinel 2A menggunakan beberapa indeks NDWI, seperti Gao (1996), McFeeters (1996), Roger dan Kearney (2004), serta Xu (2006) (Suwarsono dkk., 2020). model NDWI yang dikembangkan oleh McFeeters (1996) memiliki tingkat akurasi tertinggi dalam mengidentifikasi wilayah perairan dibandingkan model lainnya.

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

*Green* = band 3



NIR = *band 8*

## 2.9. RMSE

Root Mean Square Error (RMSE) adalah ukuran statistik yang digunakan untuk menilai perbedaan antara nilai hasil pengolahan model dengan nilai sebenarnya atau data In situ (Faridzie *et al.*, 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, T. and Draxler, R. R., 2014). Rumus RMSE dituliskan sebagai berikut:

$$A = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_m - x_e)^2} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

$X_e$  = Nilai pengukuran lapangan (ground truth)

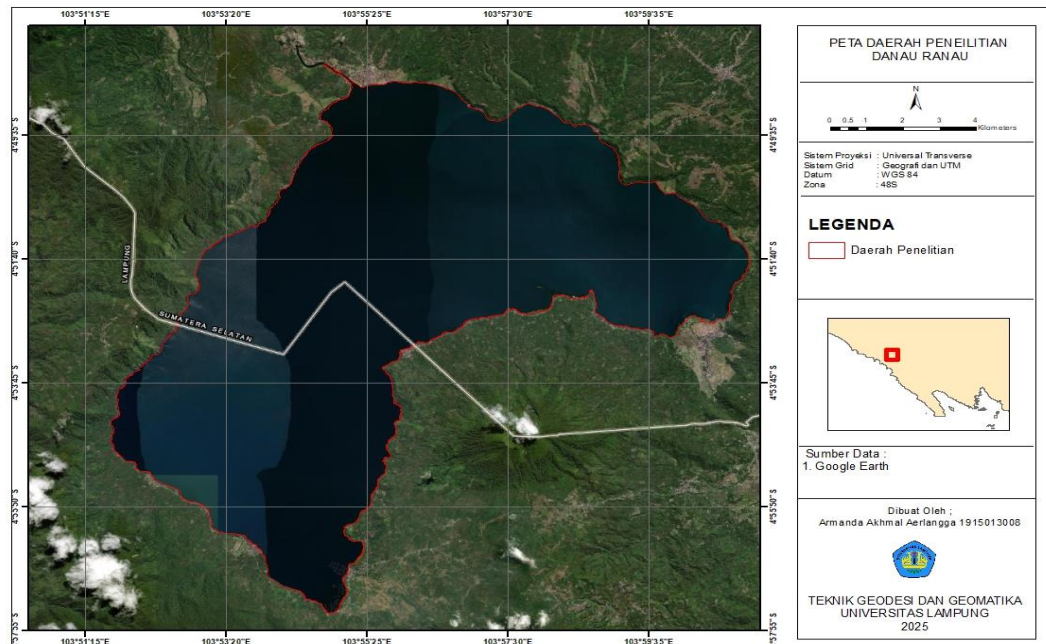
$X_m$  = Nilai hasil pengolahan citra atau model

$n$  = Jumlah data

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Danau Ranau Terletak di perbatasan Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan (OKU Selatan), Provinsi Sumatra Selatan, dan Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Dengan luasan 12.500 hektar pengelolaan yang tepat, Danau Ranau memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi kawasan wisata terpadu, pusat penelitian, dan sumber ekonomi berkelanjutan tanpa merusak lingkungan alaminya. Salah satu aspek penting dalam pengelolaan Danau adalah pemahaman mengenai kualitas lingkungan itu sendiri.



Gambar 1. Peta Daerah Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari Februari 2025 – Juli 2025 dengan tahapan sebagai berikut.

### 3.2. Alat dan Data

Adapun alat dan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 3.2.1. Alat Yang Digunakan

Perangkat keras yang digunakan berupa Laptop dan sebuah handphone.

##### 1. Perangkat Keras

Sebuah laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Tipe : Asus TUF Gaming F15 FX506HC
- b. Sistem Operasi : Windows 11 64-bit *Operating System*
- c. Memori sistem : 8192 MB
- d. *Processor* : *11th Gen Intel(r) core (TM) I5-11400H*

Sebuah handphone dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Tipe smartphone : Iphone XR
- b. Sistem Operasi : IOS 16
- c. Memori Sistem : 64 GB
- d. *Processor* : A 12 Bionic

##### 2. Perangkat Lunak

Tabel 2. Perangkat Lunak

| No | Perangkat Lunak              | Kegunaan                                                                       |
|----|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Aplikasi Pengolahan GIS      | Berfungsi untuk pra-pengolahan data citra, analisis, dan layout                |
| 2  | Aplikasi Pengolahan Sentinel | Berfungsi untuk subset, resampling, dan pengolahan algoritma citra sentinel 2A |
| 3  | Microsoft Excel 2016         | Berfungsi untuk perhitungan statistika pengujian hasil data TSS                |
| 4  | Microsoft Word               | Berfungsi untuk pembuatan laporan penelitian                                   |
| 5  | GOOGLE Maps                  | Berfungsi untuk penentuan lokasi saat pengambilan sampel titik di lapangan.    |

### 3.2.2. Data Yang Digunakan

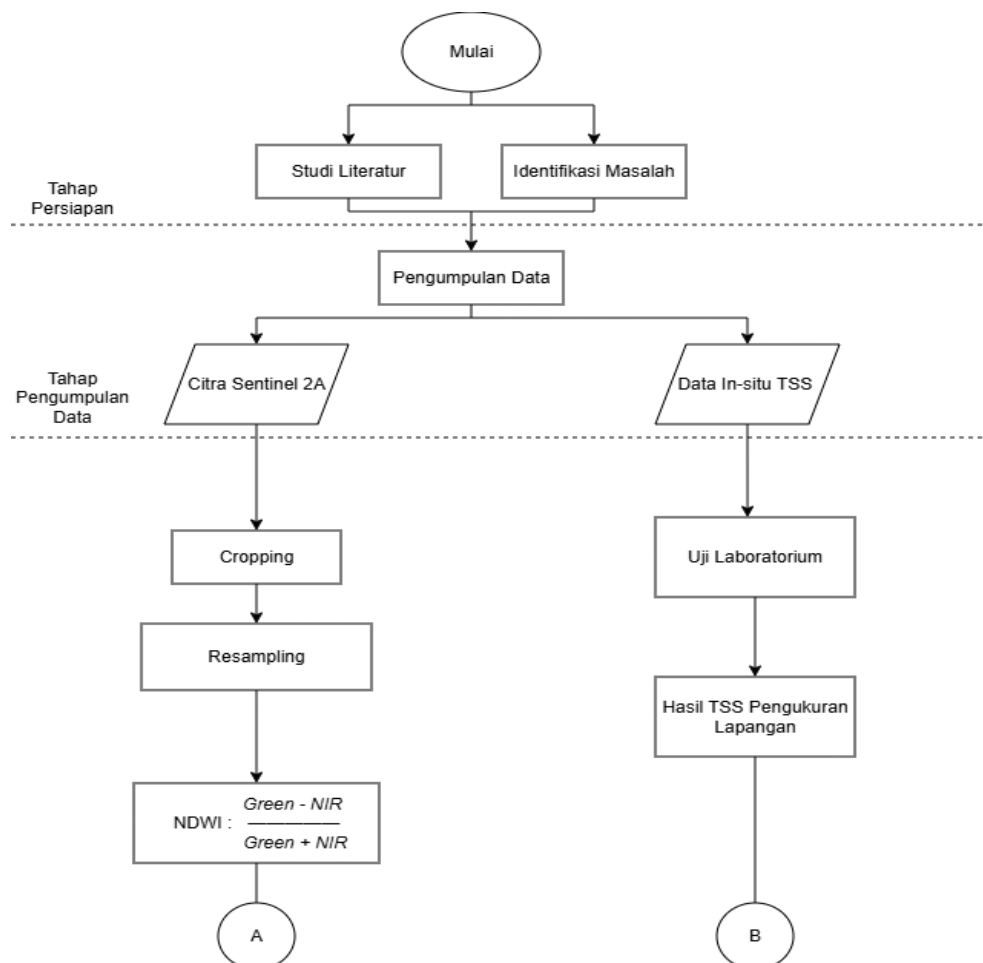
Berikut merupakan data yang akan digunakan dalam penelitian ini.

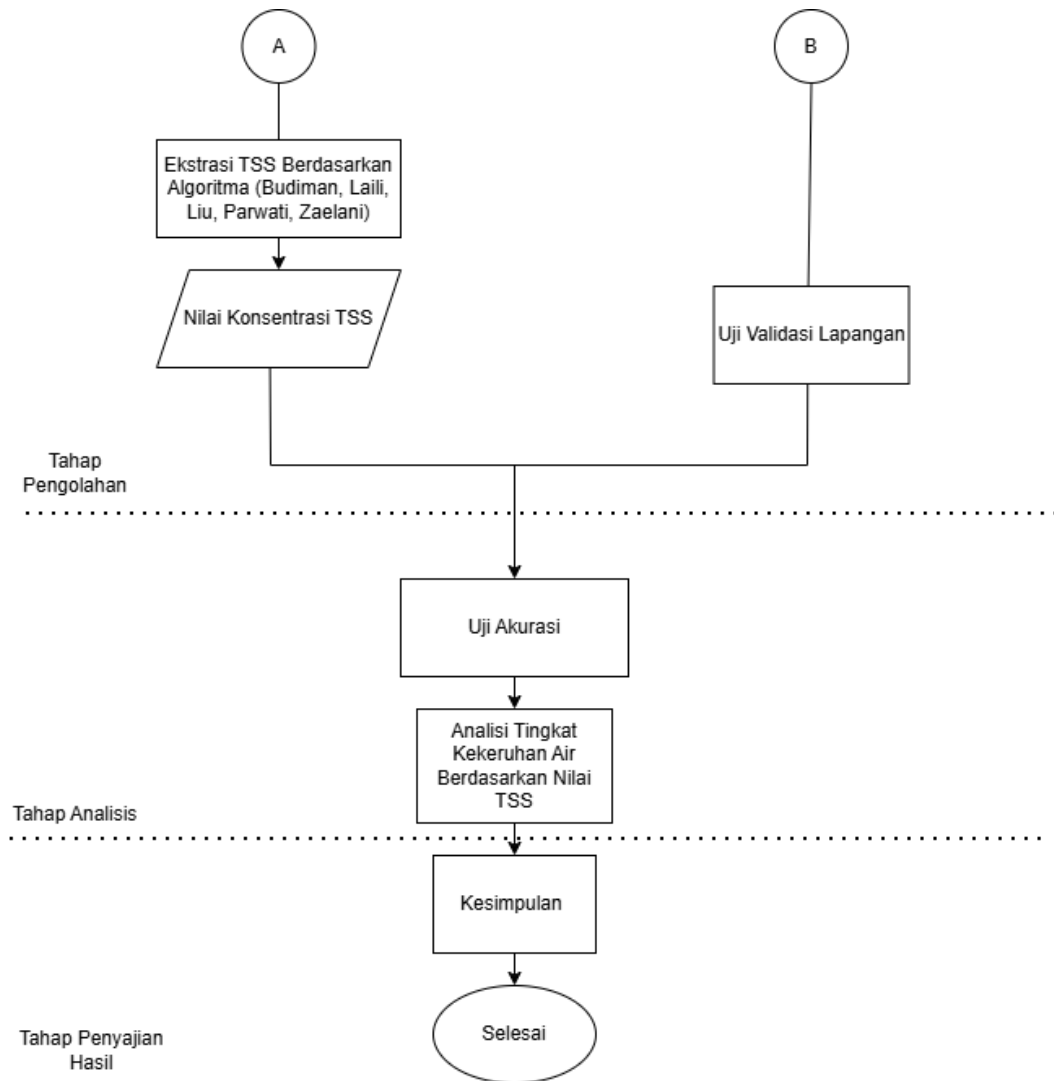
Tabel 3. Data Yang Digunakan Dalam Penelitian

| No. | Data                           | Jenis Data    | Sumber Data                                                               |
|-----|--------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Data In-situ TSS<br>Data Citra | Data Primer   | Pengambilan Sampel Lapangan                                               |
| 2.  | Sentinel-2A                    | Data Sekunder | <a href="https://www.copernicus.eu/en">https://www.copernicus.eu/en</a> . |

### 3.3. Diagram Alir Penelitian

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





Gambar 2. Diagram alir penelitian

### 3.4. Tahap Persiapan

Pada tahapan ini, penulis mulai mengidentifikasi masalah dan merumuskan masalah yang ada sehingga dapat terlaksana penelitian. Pada saat yang sama, pengukuran kualitas air secara langsung memiliki keterbatasan dalam hal biaya, waktu, serta jangkauan wilayah. Hal inilah yang memunculkan kebutuhan akan metode pemantauan alternatif yang lebih efisien. Teknologi penginderaan jauh, khususnya menggunakan citra Sentinel 2 Level-2A, menjadi salah satu opsi yang dapat digunakan untuk memetakan perubahan TSS secara spasial dan temporal. Selanjutnya penulis membaca dan memahami berbagai informasi serta literatur

terkait dengan penelitian. Literatur yang diperoleh berasal dari jurnal penelitian, buku, berita, serta artikel ilmiah yang memiliki penelitian sejenis dan relevan. Data in situ digunakan sebagai data pembanding, maka dari itu data in situ perlu disiapkan sebagai tolak ukur ketelitian data. Tahap persiapan juga meliputi penentuan *software* atau alat bantu yang digunakan untuk mengolah data penelitian.

### 3.4.1. Tahap Pengumpulan Data

Penelitian ini memanfaatkan data Citra Sentinel 2A data utama dalam pengolahan TSS di Danau Ranau. Data Sentinel 2A diperoleh dari situs web *ESA Copernicus*, Situs ini adalah penyedia data citra resmi yang dapat diakses secara gratis. Produk citra Sentinel 2 Level-2A yang disediakan oleh *ESA Copernicus* telah melalui proses koreksi radiometrik, atmosferik, dan geometrik secara otomatis sehingga data yang diterima pengguna sudah berada pada tingkat kualitas yang siap untuk dianalisis lebih lanjut. Proses pengolahan citra dilakukan dengan bantuan aplikasi Pengolahan GIS, dan Aplikasi pengolahan sentinel. Data ini sangat penting dalam penelitian ini karena berfungsi untuk membangun algoritma dan sebagai kontrol kualitas sebaran TSS yang dihasilkan dari citra.

Selain itu, data titik koordinat dari masing-masing titik sampel di perairan juga dibutuhkan untuk memastikan kecocokan spasial antara citra dan data in situ. Hasil sebaran TSS yang diperoleh dari model algoritma TSS ini kemudian disajikan dalam bentuk data *excel* dan peta persebaran TSS. Sebaran TSS yang diperoleh akan dianalisis untuk melihat perubahan nilai serta luasan konsentrasi TSS tahun 2025.

- a. Data citra Sentinel 2 Level-2A tahun 2025 yang diperoleh pada *website copernicus* data yang diperoleh dalam format *raster*.
- b. Data *In-situ* TSS yang diperoleh dari hasil pengambilan sampel lapangan di perairan Danau Ranau.

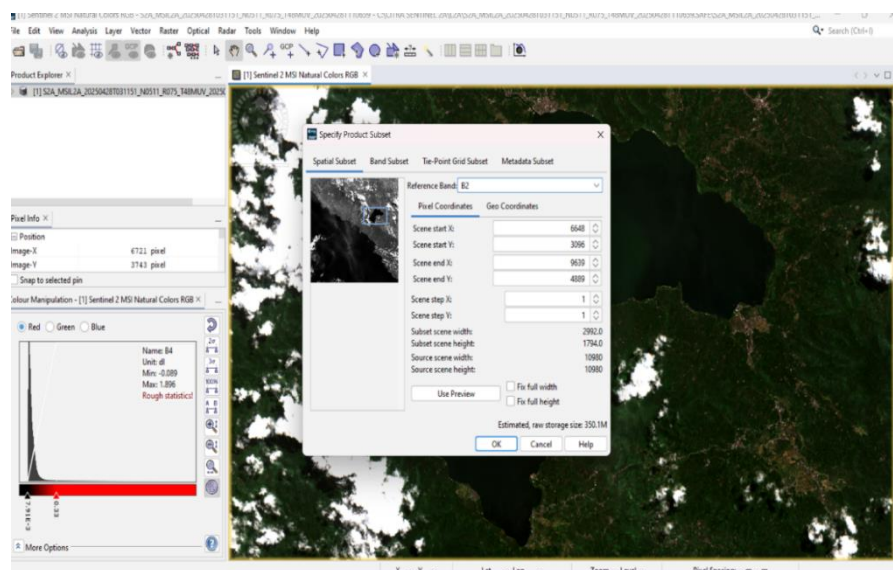
### 3.4.2. Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan rencana penelitian menggunakan alat dan bahan yang telah dipersiapkan untuk memperoleh

hasil akhir penelitian. Pada tahapan pengolahan TSS ini menggunakan data citra Sentinel 2 Level-2A pada perekaman tahun 2025. Untuk memperoleh nilai konsentrasi TSS dilakukan dengan menggunakan perhitungan algoritma Liu, Laili, Parwati, Budiman, dan Zaelani pada *software* pengolahan sentinel. Berikut merupakan penjelasan mengenai tahapan proses pengolahan TSS:

#### a. Pemotongan Citra

Pada tahap ini dilakukan pemotongan citra Sentinel 2 Level-2A hasil perekaman tahun 2025. Pemotongan citra dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan dalam proses analisa citra yang telah diklasifikasi dengan membatasi luasan sesuai dengan area yang akan dilakukan penelitian. Pemotongan citra dilakukan dengan memilih *Raster > Subset*. Kemudian sesuaikan dengan lokasi penelitian yaitu wilayah perairan Danau Ranau. Proses pemotongan citra dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pemotongan Citra Sentinel 2

#### b. Resampling Citra

Proses *resampling* ini dilakukan dengan menyamakan resolusi spasial pada citra Sentinel 2 Level-2A yang memiliki ukuran piksel spektral band yang berbeda. *Resampling* ini menghasilkan resolusi spasial 10 m untuk setiap kanal. Proses *resampling* ini dilakukan menggunakan *software* pengolahan sentinel, dengan memilih pada bagian *Raster > Geometric > Resampling* pada citra yang sudah

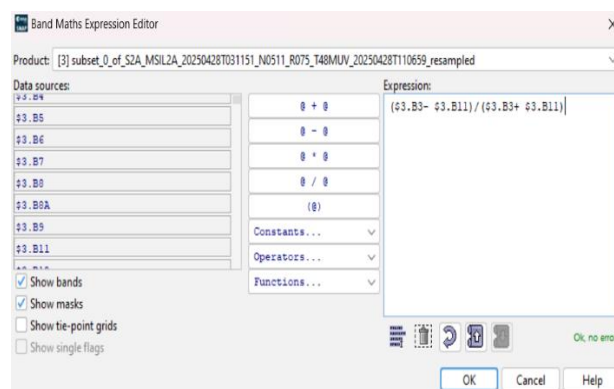
dilakukan pemotongan sebelumnya. Berikut hasil citra sebelum dan sesudah proses *resampling*.



Gambar 4. Sebelum dan sesudah proses *resampling*.

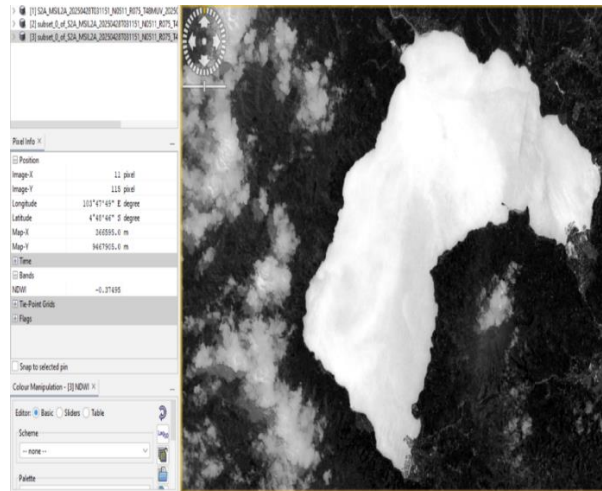
### c. Pengolahan NDWI

Proses pemisahan bagian darat dan perairan pada citra menggunakan algoritma NDWI. Proses ini juga digunakan untuk mendeteksi sebaran air permukaan. Pada umumnya, daerah dengan nilai NDWI tinggi menunjukkan keberadaan badan air yang lebih besar. Data citra akan terpisah menjadi dua *pixel value*, dimana jika nilai  $NDWI > 0$ , maka daerah tersebut berupa perairan sedangkan apabila nilai  $NDWI \leq 0$  menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan daratan. Setelah pemrosesan *resampling* pada citra, langkah selanjutnya yaitu melakukan proses NDWI dengan memilih bagian *band maths* untuk memberikan penamaan NDWI, kemudian memasukkan persamaan algoritma NDWI pada bagian *edit expression* sesuai dengan persamaan (4). Proses perhitungan dan hasil pengolahan NDWI dapat dilihat pada gambar 5 dan 6 dibawah ini.



Gambar 5. Proses Perhitungan NDWI

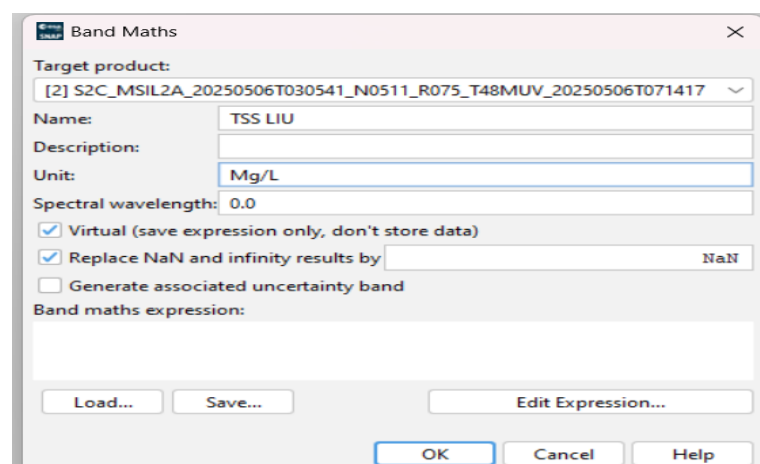




Gambar 6. Hasil Pengolahan NDWI

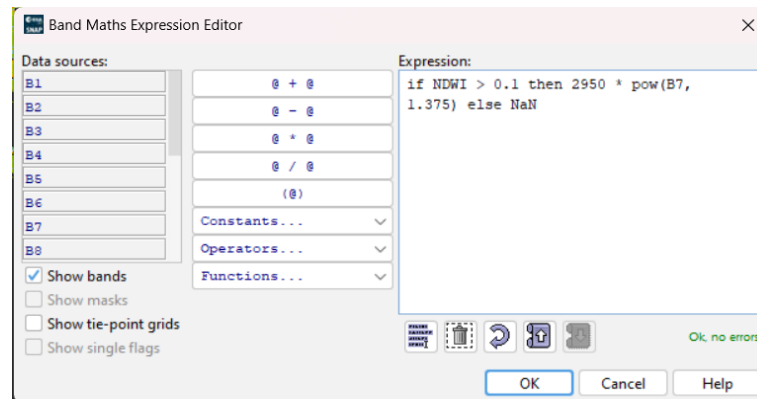
#### d. Perhitungan Algoritma TSS

Pada proses ini dilakukan untuk mengetahui nilai konsentrasi TSS dengan menggunakan algoritma Liu, Parwati, Budiman, Zaelani, dan Laili. Pada pengolahan ini dilakukan menggunakan data citra Sentinel 2 Level-2A yang sebelumnya sudah di *resampling* dengan menggunakan *software* pengolahan sentinel. Diawali dengan memberikan penamaan dan satuan TSS pada bagian *band maths*,



Gambar 7. Penamaan dan satuan TSS

kemudian memasukkan persamaan algoritma pada bagian *edit expression*. Proses pengolahan TSS dengan algoritma Liu dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

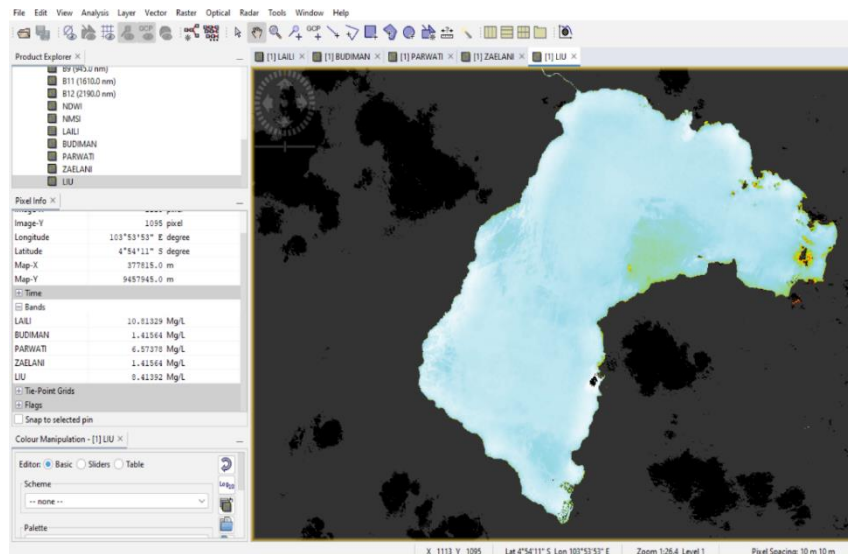


Gambar 8. Proses Perhitungan Algoritma TSS

Setelah dilakukan penamaan dan satuan tss pada bagian *band maths* berdasarkan gambar 8, dapat dilihat pada kolom *expression* berisikan rumus dari persamaan (3). Isi dari kolom tersebut adalah hasil dari penyesuaian rumus dalam bentuk perintah pada kolom *expression* menggunakan model estimasi terhadap reflektansi Band 7 (B7) pada citra Sentinel 2 Level-2A. Perhitungan hanya dilakukan pada piksel yang memenuhi  $NDWI > 0.1$ , sehingga area yang dihitung benar-benar merupakan badan air. Semua piksel di luar area air diberi nilai NaN agar tidak memengaruhi hasil pemetaan. Begitu pula dengan algoritma Laili, Budiman, Zaelani, dan Parwati perlu adanya penyesuaian rumus untuk dimasukkan ke dalam kolom *expression* sehingga dapat dijalankan pada aplikasi pengolahan sentinel

#### e. Hasil Perolehan Nilai TSS

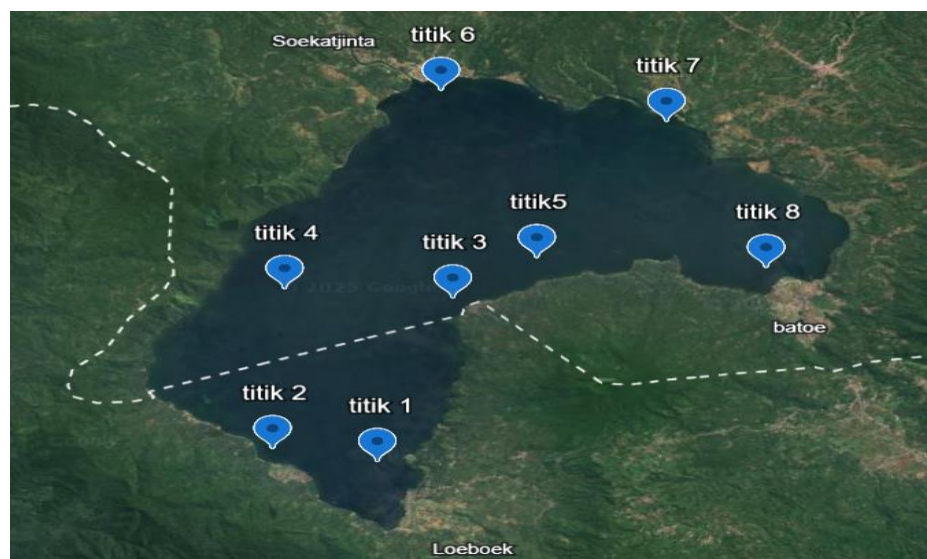
Setelah dilakukan proses perhitungan algoritma pada *software* pengolahan sentinel, kemudian didapatkan nilai-nilai TSS pada daerah yang telah diteliti. Untuk dapat mengetahui nilai TSS beserta satuannya tersebut dapat dilihat pada bagian *pixel info*, seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Perolehan Nilai TSS

a. Data In-situ

Pengolahan data Total Suspended Solid (TSS) dilakukan berdasarkan hasil pengukuran sampel air in situ yang dianalisis di laboratorium menggunakan metode *gravimetri*. Metode ini dipilih karena mampu mengukur konsentrasi padatan tersuspensi secara langsung dan akurat berdasarkan perbedaan massa sebelum dan sesudah proses penyaringan. Berikut merupakan titik-titik pengambilan sampel air pada perairan Danau Ranau.



Gambar 10. Titik Sampel Lapangan

Data ini diperoleh dengan melakukan pengambilan sampel air di perairan Danau Ranau dengan menggunakan Gogle Maps Cordinate untuk pengambilan data koordinat titik sampel. Sampel air diambil langsung di lokasi penelitian in situ pada titik-titik yang telah ditentukan. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan botol sampel berbahan plastik dan telah dibilas terlebih dahulu dengan air sampel.



Gambar 11. Botol Wadah Sample Air

Sampel diambil pada kedalaman tertentu untuk menghindari pengaruh lapisan permukaan dan endapan dasar. Setelah pengambilan, botol sampel diberi label dan disimpan dalam cool box untuk mencegah perubahan sifat fisik sebelum dianalisis di laboratorium. Selanjutnya siapkan alat dan bahan yang digunakan dalam analisis TSS meliputi:

- a) Kertas saring (filter) berpori  $0,45\ \mu\text{m}$
- b) Timbangan analitik dengan ketelitian  $\pm 0,0001\ \text{gram}$
- c) Alat filtrasi (vacuum filter atau corong Buchner)
- d) Oven pengering
- e) Desikator

f) Gelas ukur dan gelas kimia

Sebelum digunakan, kertas saring dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven pada suhu 103–105 °C selama  $\pm 1$  jam, kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh berat awal ( $W_1$ ). Proses Penyaringan Sampel air yang telah dihomogenkan disaring menggunakan kertas saring 0,45  $\mu\text{m}$  dengan volume tertentu. Proses penyaringan dilakukan hingga seluruh volume sampel melewati kertas saring dan padatan tersuspensi tertahan pada permukaan filter.



Gambar 12. Ilustrasi Proses Penyaringan Sampel Air

Setelah dilakukan penyaringan Kertas saring yang mengandung residu padatan kemudian dikeringkan kembali di dalam oven pada suhu 103–105 °C selama  $\pm 1$ –2 jam. Setelah itu, kertas saring didinginkan dalam desikator selama  $\pm 15$  menit untuk menghindari pengaruh kelembaban udara. Setelah proses pendinginan, kertas saring ditimbang menggunakan timbangan analitik hingga diperoleh berat akhir ( $W_2$ ). Penimbangan dilakukan berulang hingga berat yang diperoleh konstan, yang menandakan bahwa seluruh kandungan air telah menguap. Setelah itu dilakukan Perhitungan Nilai Total Suspended Solid (TSS). Nilai TSS dihitung berdasarkan selisih berat kertas saring sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan

*persamaan berikut:*

$$TSS \text{ (mg/L)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V}$$

*Keterangan:*

$W_1$  = berat kertas saring kosong (mg)

$W_2$  = berat kertas saring + residu kering (mg)

$V$  = volume sampel air yang disaring (mL)

Hasil perhitungan TSS dinyatakan dalam satuan mg/L dan selanjutnya digunakan sebagai data kualitas air lapangan *in situ* untuk keperluan analisis dan validasi terhadap data citra satelit.

### **3.4.3. Tahap Analisis Data**

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap nilai konsentrasi TSS menggunakan citra Sentinel 2 Level-2A dan data *in-situ* untuk mengetahui nilai konsentrasi TSS di Danau Ranau. Analisis akurasi dilakukan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel.

Tahap awal analisis RMSE diawali dengan penyusunan data TSS hasil pengukuran *in situ* dan data TSS hasil estimasi citra satelit. Data *in situ* dianggap sebagai nilai acuan (*reference data*) karena diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan, sedangkan data hasil citra merupakan nilai prediksi yang dihasilkan dari penerapan algoritma empiris.

| A   | B   | C          | D          | E         | F          | G          |
|-----|-----|------------|------------|-----------|------------|------------|
| FID | TSS | Zaelani    | Parwati    | Liu       | Laili      | Budiman    |
| 1   | 30  | 44.7525978 | 29.6460896 | 0.0847936 | 25.2618237 | 44.7525597 |
| 2   | 36  | 45.1918068 | 36.2514496 | 0.1106225 | 25.0157051 | 45.1917725 |
| 3   | 43  | 45.3059273 | 42.8218079 | 0.2105449 | 25.2724857 | 45.3058929 |
| 4   | 20  | 42.511692  | 17.3033199 | 0.0469309 | 32.396122  | 42.5116577 |
| 5   | 36  | 44.4837646 | 36.4834709 | 0.1475666 | 26.305275  | 44.4837303 |
| 6   | 38  | 44.7817268 | 37.67379   | 0.1416139 | 26.198082  | 44.7816925 |
| 7   | 38  | 44.2957954 | 37.5699005 | 0.1609227 | 26.9703941 | 44.2957573 |
| 8   | 39  | 44.6048965 | 39.4208374 | 0.1642732 | 26.3499985 | 44.604866  |

Gambar 13. Cuplikan Data Tss In situ dan Estimasi Citra

Pengkuadratan Selisih (*Squared Error*) Untuk menghindari efek pembatalan antara nilai selisih positif dan negatif, serta untuk menekankan besarnya kesalahan, selisih nilai TSS kemudian dikuadratkan. Proses pengkuadratan ini juga membuat kesalahan dengan nilai besar memiliki pengaruh lebih signifikan terhadap hasil akhir.

$$=(\text{Export\_Hasil}[\text{Zaelani}]-\text{Export\_Hasil}[\text{TSS}])^2$$

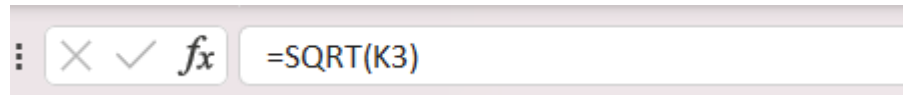
Gambar 14. Cuplikan Rumus *Squared Error*

Setelah seluruh nilai selisih kuadrat dihitung, langkah berikutnya adalah menghitung nilai rata-rata dari selisih kuadrat tersebut. Nilai ini dikenal sebagai *Mean Square Error* (MSE) dan menggambarkan besarnya kesalahan rata-rata dalam bentuk kuadrat.

$$=\text{AVERAGE}(\text{J3\#})$$

Gambar 15. Cuplikan Rumus *Mean Square Error*

Perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) Untuk mengembalikan satuan kesalahan ke satuan asli parameter yang dianalisis, yaitu mg/L, nilai MSE kemudian diakarkan. Hasil akar dari MSE inilah yang disebut sebagai *Root Mean Square Error* (RMSE).



Gambar 16. Cuplikan Rumus RMSE

Nilai RMSE digunakan sebagai indikator utama dalam menilai tingkat akurasi algoritma estimasi TSS. Semakin kecil nilai RMSE yang diperoleh, maka semakin tinggi tingkat kesesuaian antara hasil estimasi citra dengan data lapangan. Sebaliknya, nilai RMSE yang besar menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai estimasi dan nilai in situ masih cukup tinggi.

#### 3.4.4. Tahap Penyajian Hasil

Tahapan akhir dari penelitian ini dilakukan analisis nilai konsentrasi TSS, kemudian dibandingkan dengan data in situ yang sudah ada. Lalu dilakukan pengujian korelasi antar kedua data tersebut yang kemudian disimpulkan untuk pembuatan laporan akhir dari hasil yang telah dilakukan.



## **V. PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengolahan citra menunjukkan bahwa distribusi spasial tingkat kekeruhan air di Danau Ranau memiliki variasi yang cukup signifikan antar wilayah perairan. Nilai konsentrasi TSS yang diperoleh dari hasil estimasi citra memperlihatkan adanya perbedaan tingkat kekeruhan antara bagian tengah danau, tepi danau, serta area yang berdekatan dengan aktivitas manusia maupun aliran masuk air (inlet). Secara umum, konsentrasi TSS yang lebih tinggi cenderung ditemukan pada area tepi dan zona tertentu yang dipengaruhi oleh dinamika arus, aktivitas perikanan, serta kemungkinan resuspensi sedimen dasar perairan. Sementara itu, beberapa bagian lainnya menunjukkan konsentrasi TSS yang relatif lebih rendah, yang mengindikasikan kondisi perairan yang lebih jernih. Dengan demikian, pemanfaatan citra Sentinel-2 Level-2A mampu menggambarkan pola distribusi spasial kekeruhan air secara menyeluruh dan informatif.
2. Hasil perbandingan lima algoritma empiris, yaitu algoritma Liu, Laili, Parwati, Budiman, dan Zaelani, menunjukkan adanya perbedaan karakteristik estimasi nilai TSS yang dihasilkan. Masing-masing algoritma memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap respon spektral pada kanal tertentu, sehingga menghasilkan variasi nilai konsentrasi serta pola sebaran yang tidak sepenuhnya sama. Algoritma Budiman dan Zaelani cenderung menghasilkan nilai TSS yang lebih tinggi pada beberapa bagian danau, sementara algoritma Liu menunjukkan kecenderungan estimasi yang lebih rendah dibandingkan algoritma lainnya. Algoritma Laili menampilkan

distribusi yang relatif merata, sedangkan algoritma Parwati menunjukkan pola estimasi yang lebih seimbang dan mendekati kondisi lapangan. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa pemilihan algoritma sangat mempengaruhi hasil estimasi konsentrasi TSS dan harus disesuaikan dengan karakteristik optik perairan yang diteliti.

3. Berdasarkan hasil uji akurasi menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE) terhadap data pengukuran lapangan, diperoleh bahwa algoritma Parwati memiliki tingkat kesesuaian terbaik dengan nilai RMSE sebesar 0,95 mg/L. Nilai RMSE yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa selisih antara hasil estimasi citra dan data in situ berada pada tingkat kesalahan yang rendah, sehingga algoritma Parwati dapat dianggap sebagai model yang paling representatif dalam menggambarkan konsentrasi TSS di Danau Ranau pada periode penelitian. Dengan demikian, algoritma Parwati direkomendasikan sebagai model estimasi TSS yang paling sesuai untuk diterapkan dalam kegiatan pemantauan kualitas air Danau Ranau secara berkala dan berkelanjutan.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan variasi waktu pengambilan citra (misalnya pada musim hujan dan kemarau) agar diketahui perubahan temporal tingkat kekeruhan air di Danau Ranau.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan jumlah sampel lapangan yang lebih banyak dan dilakukan pada musim yang berbeda untuk memperoleh validasi yang lebih kuat dan gambaran variasi temporal yang lebih lengkap.
3. Pemerintah daerah dapat mempertimbangkan penggunaan algoritma Laili sebagai metode pemantauan kualitas air berbasis citra satelit, khususnya untuk parameter TSS di Danau Ranau.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengambilan kebijakan pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan, sehingga kualitas air dan ekosistem Danau Ranau dapat tetap terjaga.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alvado, B., Xavier, S., Vicente, E., Urrego, P., Ru, A., Soria, J. M., and Moreno, J. 2021. *Estimating Organic and Inorganic Part Of Suspended Solids From Sentinel 2 In Different Inland Waters*. :1–22.
- Ayu Lestari, P., Hertati, L., Puspitawati, L., Gantino, R., dan Ilyas, M. 2021. Pengembangan Objek Wisata Alam Danau Ranau Di Perbatasan Kabupaten Lampung dan Ogan Komering Ulu. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Kewirausahaan Indonesia* 02(01):1.
- Berger, M., Moreno, J., Johannessen, J. A., Levelt, P. F., and Hanssen, R. F. 2012. *ESA's Sentinel Missions In Support Of Earth System Science. Remote Sensing Of Environment* 120:84–90.
- 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.
- Chen, J., Zhu, W., Tian, Y. Q., Yu, Q., Zheng, Y., and Huang, L. 2017. *Remote Estimation Of Colored Dissolved Organic Matter And Chlorophyll-A In Lake Huron Using Sentinel-2 Measurements. Journal Of Applied Remote Sensing* 11(03):1.
- Darlina, S., Sasmito, B., dan Yuwono, B. 2018. Analisis Ketertiban Tata Letak Bangunan Terhadap Sempadan Sungai Di Sungai Banjir Kanal Timur Kota Semarang (Studi Kasus : Sepanjang Banjir Kanal Timur dari Muara Sampai Jembatan Brigjend Sudiarto. *Jurnal geodesi UNDIP (STA 0-STA 7)*:86–94.
- E. Pulford, B.A. Polidoro, M. N. 2017. *Understanding The Relationships Between Water Quality, Recreational Fishing Practices, and Human Health In Phoenix, Arizona,. Environmental Management* 199:242–250.
- Faridzie, M. Al, 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.
- Ghozali, I. 2016. Aplikasi Analisis *Multivariate* Dengan Program IBM SPSS 23. 8.
- Gumelar, O. 2015. Teknik *Resampling* Citra Satelit. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan LAPAN XX 2015* :650–663.
- Hani, M. dan Ratni, N. 2020. Penurunan *Total Suspended Solid* dan Kekeruhan Air Baku Menggunakan Pipa *Circular* dan *Gravel Bed Flocculator* Dengan Koagulan *Poly Aluminium Chloride*. 1(1):16–21.

- Hannouche, A., Chebbo, G., Ruban, G., Tassin, B., Lemaire, B. J., and Joannis, C. 2011. *Relationship Between Turbidity and Total Suspended Solids Concentration Within A Combined Sewer System*. *Water Science and Technology* 64(12):2445–2452.
- Indeswari, L., Hariyanto, T., dan Bakti Pribadi, C. 2018. Pemetaan Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) Menggunakan Citra Landsat Multitemporal dan Data In Situ (Studi Kasus : Perairan Muara Sungai Porong, Sidoarjo). *Jurnal Teknik ITS* 7(1).
- Irsyadi, M., Dedi, K., dan Aini, N. 2014. Modul 2 : Koreksi Geometrik Pada Citra Satelit Landsat. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya.
- Jensen, J. R. 2014. *Remote Sensing Of The Environment An Earth Resource Perspective*. Pearson.
- Jiyah, Sudarsono, B., dan Sukmono, A. 2017. Studi Distribusi *Total Suspended Solid* (TSS) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Undip* 6(1):41–47.
- Lathifah, A. N. 2022. *Likeness Or Copy Of Someone Or Something , Especially One Made In Wood , Stone , Mental Pictures Or Idea , Concept Of Something Or Someone Reflection Seen In A Mirror Or Through The Lens Of A Camera . Envi ( The Environment For Visualizing Images ) Meru*. (15405241014).
- Li, W., Huang, Y., Shen, Q., Yao, Y., Xu, W., Shi, J., and Zhou, Y. 2023. Assessment Of Seven Atmospheric Correction Processors For The Sentinel-2 Multi-Spectral Imager Over Lakes In Qinghai Province.
- Lihawa, F., Studi, P., Gorontalo, U. N., Jend, J., dan No, S. 2017. Evaluasi Karakteristik Kualitas Air Danau Limboto. 7(3):260–266.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., and Chipman, J. 2015. *Remote Sensing And Image Interpretation, 7th Edition*.
- Liu, H., Li, Q., Shi, T., Hu, S., Wu, G., and Zhou, Q. 2017. *Application Of Sentinel 2 Msi Images To Retrieve Suspended Particulate Matter Concentrations In Poyang Lake*. *Remote Sensing* 9(7):761.
- Markham, B., Storey, J., and Morfitt, R. 2015. *Landsat-8 Sensor Characterization and Calibration*. *Remote Sensing* 7(3):2279–2282.
- 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.
- Munggaran, G. A., Revo, M., Huddi, I., dan Romadhani, R. 2001. Analisis Kualitas Air Sebagai Indikator Pencemaran Di Danau Limboto Cinere. 5(1):1–6.
- Permatasari, A. K. 2020. Pemodelan Algoritma Untuk Pendugaan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Menggunakan Data In-Situ dan Citra Satelit Sentinel-2 (Studi Kasus : Muara Kali Porong, Sidoarjo). :117.
- Prasetya, D. dan Ansar, Z. 2017. Pengembangan Desa Wisata Berbasis *Community Based Tourism* Pada Kawasan Danau Ranau Lumbok Seminung Lampung Barat. *Plano Madani : Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota* 6(1):60–72.

- Purba, R. H., Mubarak, dan Galib, M. 2018. Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) Di Kawasan Muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 23(1):21–30.
- Rinawati, Hidayat, D., Suprianto, R., dan Sari Dewi, P. 2016. PENENTUAN Kandungan Zat Padat (*Total Dissolve Solid* dan *Total Suspended Solid*) Di Perairan Teluk Lampung | Wati | *Analit: Analytical And Environmental Chemistry. Analytical and Environmental Chemistry* 1(1):36–46.
- Santoso, S. 2014. Panduan Lengkap SPSS Versi 22: Mengolah Data Statistik Secara Profesional.
- SHELEMO, A. A. 2023. Uji Kelayakan Kualitas Air Sungai Untuk Budidaya Perikanan Menggunakan Keramba Jaring Apung (Kja) Di Perairan Sungai Sekalayan, Kabupaten Nunukan. *Nucl. Phys.* 13(1):104–116.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*.
- Suwarsono, S., Yulianto, F., Fitriana, H. L., Nugroho, U. C., Sukowati, K. A. D., and Khomarudin, M. R. 2020. Detecting The Surface Water Area In Cirata Dam Upstream Citarum Using A Water Index From Sentinel-2. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)* 17(1):1.
- Warren, M. A., Simis, S. G. H., Martinez-vicente, V., Poser, K., Bresciani, M., Alikas, K., Spyarakos, E., Giardino, C., and Ansper, A. 2019. *Remote Sensing Of Environment Assessment Of Atmospheric Correction Algorithms For The Sentinel-2a Multispectral Imager Over Coastal And Inland Waters*. (September 2018).
- Yonar, M., Luthfi, O. M., dan Isdianto, A. 2021. Dinamika *Total Suspended Solid* (TSS) Di Sekitar Terumbu Karang Pantai Damas, Trenggalek. *Journal of Marine and Coastal Science* 10(1):48–57.