

## PENGEMBANGAN KERANGKA PEMANTAUAN TOTAL SUSPENDED SOLID DI DANAU POSO MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL

Muhammad Bagus Hari Santoso<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Balai Wilayah Sungai Sulawesi III Palu

<sup>2</sup>HATHI Cabang Sulawesi Tengah

\*bagushari@pu.go.id

Pemasukan: 3 Nopember 2025    Perbaikan: 22 Juni 2026    Diterima: 24 Juni 2026

### Intisari

Upaya pemantauan salah satu parameter kualitas air, *Total Suspended Solid* (TSS), sangat diperlukan dalam upaya penyelamatan salah satu danau prioritas nasional sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 60 Tahun 2021, yaitu Danau Poso di Sulawesi Tengah, khususnya terkait dengan potensi permasalahan sedimentasi pada danau tersebut. Namun hambatan dalam kegiatan pemantauan tersebut adalah terkait dengan keterbatasan sumber daya manusia dan dana. Citra satelit menjadi inovasi solusi dari permasalahan tersebut berkaitan dengan keandalan dan ketersediaan data dari segi temporal maupun spasial. Beberapa studi kasus pun telah membuktikan bahwa *estimated value* TSS hasil citra satelit cukup akurat jika dibandingkan dengan insitu data. Pemantauan TSS menggunakan data citra satelit dapat menjadi solusi dikarenakan keunggulannya dari segi temporal, spasial, *tidak berbayar*, dan kemudahan dalam akses datanya. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pandangan tentang sebuah kerangka kerja dalam memanfaatkan citra satelit SENTINEL untuk memprediksi nilai TSS pada Danau Poso, Sulawesi Tengah. Adapun beberapa metode kerja yang menjadi bagian dari framework ini adalah studi literatur, kerangka analisis pendugaan TSS dengan bantuan *software* geospasial SNAP, serta pengambilan dan pengujian data insitu TSS sesuai dengan SNI yang berlaku. Dalam kerangka kerja tersebut, tentunya proses kalibrasi dan validasi akan sangat diperlukan untuk menjamin keakuratan algoritma dalam memprediksi aktual TSS. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi Kementerian PUPR dan *stakeholder* terkait lainnya dalam penyusunan *policy* konservasi Danau Poso.

Kata Kunci: *total suspended solid*, citra satelit, *SENTINEL*, Danau Poso

### Latar Belakang

Danau Poso yang terletak di Kabupaten Poso, Provinsi Sulawesi Tengah merupakan danau yang memiliki fungsi strategis bagi masyarakat sekitarnya, antara lain sebagai pencipta iklim mikro, sumber air, lokasi pengembangan perikanan darat, habitat biota endemik, objek pariwisata, penghasil energi listrik melalui PLTA, serta sarana transportasi perairan darat (Mamondol, 2018). Danau Poso juga termasuk salah satu dari 15 Danau Prioritas Nasional berdasarkan Peraturan

Presiden Nomor 60 Tahun 2021, sehingga upaya penyelamatan dan pengelolaan kualitas lingkungannya menjadi sangat penting. Dalam dokumen tersebut, salah satu permasalahan utama yang dihadapi Danau Poso adalah penurunan kualitas air dan sedimentasi. Sejalan dengan itu, pemantauan kualitas air menjadi salah satu kegiatan penting dalam mendukung strategi penyelamatan danau. PPLH Untad (2010) dalam Mamondol (2018) menyebutkan bahwa telah terjadi pendangkalan Danau Poso seluas 7.072,34 ha atau sekitar 19,23% dari total luas danau, serta indikasi pencemaran yang ditunjukkan oleh beberapa parameter kualitas air yang melampaui baku mutu.

Mamondol (2018) juga mengungkapkan bahwa penelitian kualitas air di Danau Poso masih relatif terbatas, sehingga pemantauan secara berkala perlu dilakukan. Dalam konteks sedimentasi dan pengaruhnya terhadap kualitas perairan, nilai *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan salah satu parameter penting yang perlu dimonitor karena dapat merepresentasikan tingkat padatan tersuspensi di badan air dan menjadi indikator gangguan kualitas perairan. Namun demikian, pemantauan TSS secara konvensional di Danau Poso menghadapi kendala dari sisi kebutuhan sumber daya manusia, waktu, dan biaya, terutama mengingat luas danau yang mencapai 36.677 ha. Oleh karena itu, diperlukan metode pemantauan TSS yang lebih efisien, mampu menjangkau area yang luas, serta andal secara spasial dan temporal. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah pemanfaatan data penginderaan jauh, khususnya citra satelit, yang memiliki keunggulan dalam cakupan area luas, ketersediaan data multitemporal, dan efisiensi biaya.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa citra satelit dapat dimanfaatkan untuk mengestimasi konsentrasi TSS pada badan air, baik menggunakan data Landsat maupun Sentinel (Hariyanto et al., 2017; Sukmono, 2018; Sasmito et al., 2022; Wijaya et al., 2023). Dalam penelitian ini, citra **Sentinel-2** dipilih sebagai sumber data utama karena memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi (10–20 m) dibandingkan Landsat, sehingga lebih sesuai untuk mendeteksi variasi sebaran TSS pada badan air daratan dengan skala spasial yang relatif rinci. Selain itu, Sentinel-2 memiliki kanal spektral pada rentang *visible* hingga *near infrared* yang banyak dimanfaatkan dalam pengembangan algoritma kualitas air, termasuk TSS, serta waktu ulang perekaman yang relatif singkat sehingga mendukung pemantauan berkala. Beberapa studi terdahulu juga menunjukkan bahwa citra Sentinel-2 memberikan performa yang baik dalam pemetaan TSS di perairan darat maupun pesisir karena sensitivitas kanal spektralnya terhadap material tersuspensi di kolom air. Berdasarkan pertimbangan tersebut, studi ini bertujuan untuk merumuskan kerangka pemantauan TSS di Danau Poso menggunakan citra Sentinel-2, yang diharapkan dapat menjadi masukan bagi para pemangku kepentingan dalam mendukung pengelolaan dan penyelamatan ekosistem Danau Poso.

Citra satelit yang digunakan dalam studi ini adalah berasal dari citra SENTINEL-2A yang merupakan produk keluaran dari *European Space Agency*. Citra satelit SENTINEL-2A dipilih dikarenakan berdasarkan referensi dari penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa akurasi dari SENTINEL-2A lebih baik dibandingkan LANDSAT 8, yang notabene LANDSAT8 merupakan citra satelit

dari USGS (*United States Geological Survey*) yang sering digunakan juga dalam banyak penelitian lainnya (Astriani, dkk. 2018 dan Rafsenja, dkk. 2020).

Meskipun Danau Poso merupakan danau prioritas nasional dan menghadapi permasalahan sedimentasi serta penurunan kualitas air, kajian mengenai distribusi *Total Suspended Solids* (TSS) di danau ini masih relatif terbatas. Penelitian kualitas air yang tersedia umumnya belum secara khusus mengembangkan pendekatan pemantauan TSS yang mampu menggambarkan variasi spasial konsentrasi padatan tersuspensi pada skala seluruh danau. Di sisi lain, pemantauan TSS secara konvensional sangat bergantung pada data *in situ*, sedangkan ketersediaan data lapangan di Danau Poso masih terbatas baik dari sisi jumlah titik pengamatan maupun cakupan waktu pengukuran. Kondisi tersebut menyebabkan informasi mengenai sebaran TSS secara spasial dan temporal di Danau Poso belum memadai untuk mendukung pemantauan kualitas air secara berkala. Selain itu, meskipun berbagai studi terdahulu telah menunjukkan potensi citra satelit, khususnya Sentinel-2, untuk estimasi TSS pada badan air daratan, belum terdapat kerangka pemantauan TSS yang disusun secara spesifik untuk Danau Poso dengan mempertimbangkan keterbatasan data lokal yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui penyusunan kerangka pemantauan TSS berbasis citra Sentinel-2 yang dapat menjadi dasar pemantauan kualitas air Danau Poso secara lebih efisien dan berkelanjutan.

### Metodologi Studi

Metodologi studi yang digunakan dalam penelitian ini secara garis besar terbagi menjadi dua yaitu:

1. *Analisis kualitatif* untuk mengestimasi nilai *Total Suspended Solid* (TSS) dengan memanfaatkan data citra satelit dengan menggunakan perangkat lunak. Peralatan lunak yang digunakan dalam studi ini adalah SNAP (*Sentinel Application Platform*) software yang berbasis GUI (*Graphical User Interface*) yang peruntukannya untuk mengolah data *Earth Observation* (EO) yang dirilis oleh *European Space Agency*. Software ini dipilih karena *tidak berbayar* dan juga tampilannya yang *user-friendly*.

Sebelum melakukan perhitungan algoritma estimasi nilai TSS, maka diperlukan perhitungan NDWI (Normalized Difference Water Index) pada citra satelit. NDWI merupakan suatu indeks yang digunakan untuk mengekstraksi pemisahan daratan dan perairan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Sentinel - 2 NDWI} = \frac{(B03 - B08)}{(B03 + B08)} \quad (1)$$

dengan keterangan:

B03 : nilai Band 03

B08 : nilai Band 08

Kemudian, algoritma yang digunakan untuk mengestimasi nilai TSS pada studi kali ini adalah menggunakan formula sebagai berikut (Liu, dkk. 2017):

$$C_{SPM} = 2950 \times B7^{1,357} \tag{2}$$

dengan keterangan:

$C_{SPM}$  : konsentrasi Suspended Particulate Matter (mg/liter)

B7 : band 7 dari citra satelit

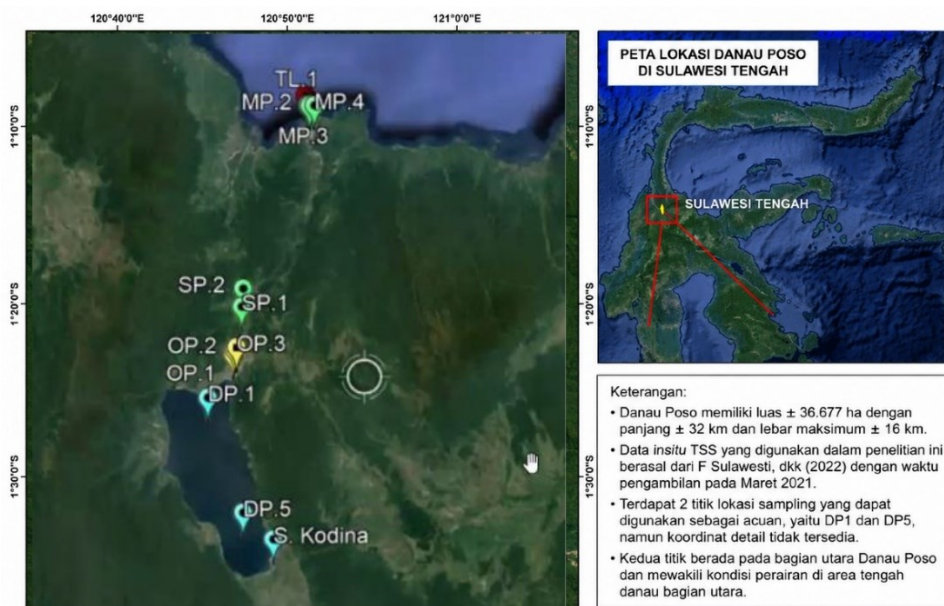
Algoritma tersebut diatas dipilih dikarenakan memiliki akurasi yang cukup baik ketika dilakukan kalibrasi dan validasi, yakni  $R = 0,93$  seperti tertuang dalam penelitian Liu, dkk. 2017.

2. Studi pustaka dari berbagai penelitian yang terdahulu dari beberapa sumber referensi untuk kemudian merumuskan sebuah framework yang tepat dalam rangka monitoring salah satu paramater kualitas air, yaitu *Total Suspended Solid* (TSS) yang berkelanjutan.

Data yang digunakan dalam studi kali ini terbagi menjadi dua (2) yaitu:

1. Data insitu (lapangan)

Data insitu TSS dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh F Sulawesti, dkk (2022) yang dilakukan pada Bulan Maret 2021. Terdapat 2 titik lokasi pengambilan yang dapat digunakan sebagai acuan yaitu DP1 (berada pada *nothern mid of poso lake*) dan DP5 (berada pada *nothern mid of Poso Lake*), diperlihatkan pada Gambar 1. Namun tidak didapatkan data koordinat secara detail untuk kedua titik lokasi sampling TSS ini. Data TSS pada penelitian (Sulawesti dkk, 2022) didapatkan dari hasil TDS sampling di lapangan kemudian diolah di laboratorium untuk mendapatkan nilai TSS.



Gambar 1. Titik lokasi penelitian di Danau Poso pada Bulan Maret 2021.

## Hasil Studi dan Pembahasan

### 1. Data insitu (lapangan) dan implikasinya terhadap validasi estimasi TSS

Terdapat dua belas (12) titik sampling kualitas air yang dilaporkan dalam penelitian (F. Sulawesti dkk., 2022). Namun, dari keseluruhan titik tersebut hanya dua (2) titik yang berada di area Danau Poso, yaitu DP1 dan DP5, sedangkan sepuluh (10) titik lainnya berada di Sungai Poso pada bagian hilir danau sehingga tidak relevan untuk analisis kondisi perairan danau pada penelitian ini. Data pada kedua titik tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi TSS di Danau Poso pada Maret 2021 relatif rendah, masing-masing sebesar 1,6 mg/L pada titik DP1 dan 1,2 mg/L pada titik DP5, atau masih berada di bawah baku mutu air danau. Temuan ini mengindikasikan bahwa pada saat pengambilan sampel, kondisi perairan Danau Poso pada lokasi pengamatan masih tergolong baik dari sisi padatan tersuspensi.

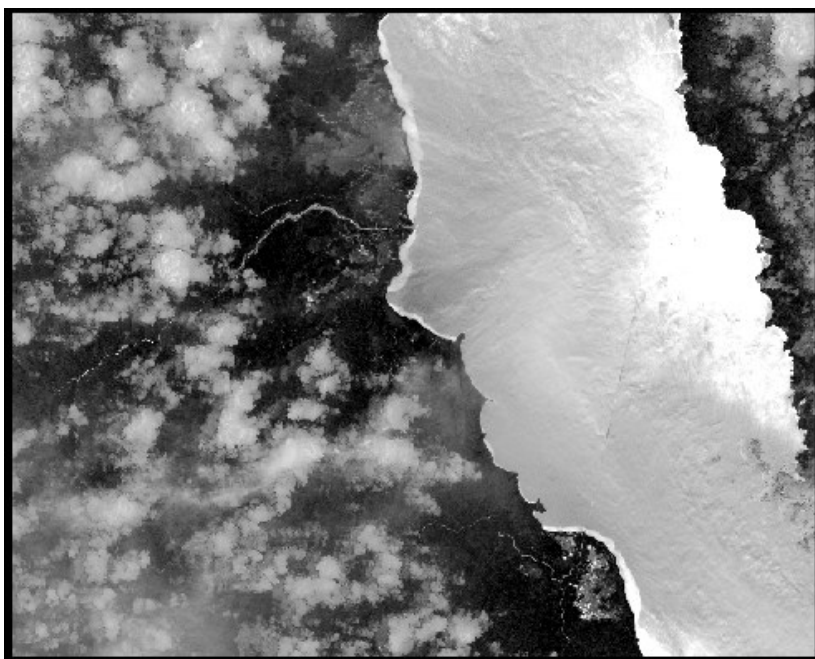
Jika merujuk pada studi (F. Sulawesti dkk., 2022), fokus utama penelitian tersebut adalah penilaian status trofik perairan di DAS Poso secara umum, bukan pengembangan model spasial TSS khusus untuk Danau Poso. Oleh karena itu, dua titik sampling yang berada di dalam danau lebih tepat dipandang sebagai representasi kondisi lokal pada saat pengambilan sampel, bukan sebagai gambaran menyeluruh kondisi TSS seluruh Danau Poso. Dengan demikian, catatan penting dari studi terdahulu adalah bahwa data TSS yang tersedia menunjukkan indikasi awal konsentrasi TSS yang rendah di lokasi pengamatan, tetapi belum cukup untuk menjelaskan variasi spasial TSS pada skala seluruh danau.

Kondisi tersebut sejalan dengan hasil estimasi TSS menggunakan citra Sentinel-2 pada periode yang sama, yang juga menunjukkan nilai TSS relatif rendah pada bagian utara Danau Poso. Kesesuaian ini menunjukkan bahwa secara umum hasil penginderaan jauh masih mampu merepresentasikan kecenderungan rendahnya konsentrasi TSS pada area yang berdekatan dengan lokasi pengambilan sampel. Namun demikian, hasil studi terdahulu perlu dicermati secara hati-hati karena jumlah titik sampling yang tersedia di dalam danau sangat terbatas dan belum mewakili keseluruhan kondisi spasial Danau Poso yang memiliki luas sekitar 36.677 ha. Selain itu, berdasarkan sebaran lokasi pada Gambar 2, kedua titik sampling tersebut tampak terkonsentrasi pada bagian tertentu dan belum mencakup variasi kondisi perairan di bagian tengah danau, tepian danau lainnya, maupun zona yang berpotensi menerima masukan sedimen dari inlet.

Dengan demikian, data TSS dari (F. Sulawesti dkk., 2022) dalam penelitian ini lebih tepat digunakan sebagai data pembanding awal untuk melihat kesesuaian umum hasil estimasi citra, bukan sebagai dasar kalibrasi dan validasi yang kuat. Keterbatasan ini semakin diperbesar oleh tidak tersedianya informasi koordinat yang presisi untuk kedua titik sampling, sehingga proses pencocokan piksel citra dengan titik pengamatan lapangan tidak dapat dilakukan secara akurat. Oleh karena itu, pengembangan model TSS untuk Danau Poso pada tahap berikutnya memerlukan penambahan data *in situ* yang lebih representatif, baik dari sisi jumlah titik, sebaran spasial, maupun cakupan musim pengamatan.

## 2. Estimasi nilai TSS

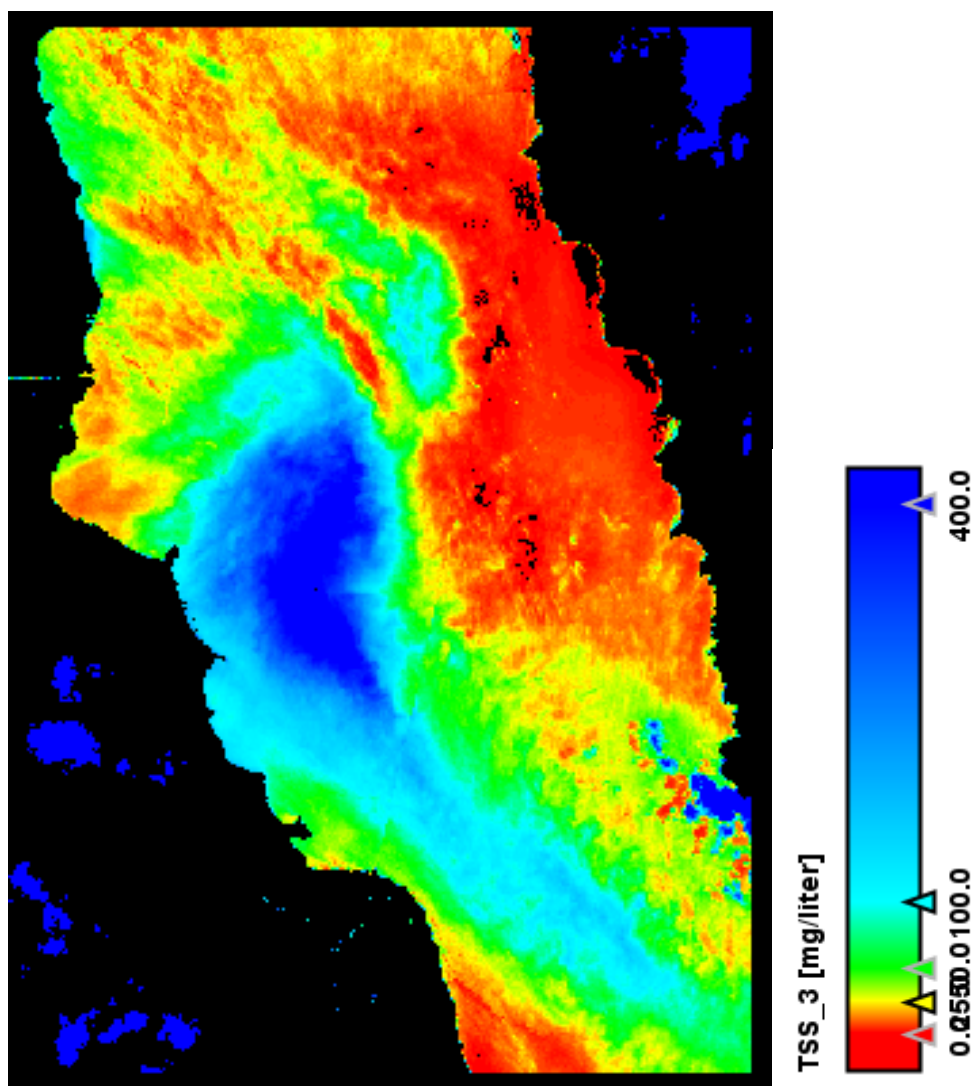
Citra satelit yang digunakan dalam studi ini adalah hasil citra satelit dari SENTINEL-2 Level 2A pada tanggal 15 Maret 2021 dengan *cloud cover* 47,53%. Ini adalah kualitas terbaik yang bisa didapatkan selama periode bulan Maret 2021. Selanjutnya citra satelit tersebut akan dilakukan perhitungan NDWI (*Normalized Difference Water Index*) dengan menggunakan rumus (1) sebagaimana tersebut diatas dan menghasilkan output seperti terlihat pada Gambar 1, dimana badan perairan Danau Poso terlihat dengan warna putih, dan daratan cenderung berwarna lebih gelap.



Gambar 2. Hasil Output Citra Satelit NDWI pada Danau Poso

Kemudian, selanjutnya dengan menggunakan persamaan rumus (2) sebagaimana tersebut di atas, maka didapatkan nilai estimasi dan persebaran TSS untuk setiap pixel dari citra satelit tersebut, yang kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa kelas sesuai dengan Baku Mutu Air Danau menurut Lampiran VI Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, dimana untuk baku mutu air danau kelas I adalah 25 mg/liter, kelas II adalah 50 mg/liter, kelas III: 100 mg/l, dan kelas IV: 400 mg/liter untuk memudahkan pembacaan hasil.

Secara garis besar, estimasi nilai TSS pada bagian Utara (bagian hilir Danau Poso) berada pada rentang 0 - 25 mg/liter (ditandai dengan warna merah), sedangkan nilai terekstrim atau terbesar ditunjukkan pada Danau Poso bagian barat (ditandai dengan warna biru), lihat Gambar 3.



Gambar 3. Persebaran Estimasi Nilai TSS pada Danau Poso

### 3. Kalibrasi dan Validasi *Total Suspended Solid*

Berdasarkan data insitu (lapangan) yang dilakukan pada Bulan Maret 2021 oleh (F Sulawesti dkk., 2022), menunjukkan bahwa pada dua lokasi titik sampling, nilai TSS berada di bawah baku mutu air danau. Hal ini sejalan dengan hasil estimasi TSS menggunakan persamaan (2), yang menghasilkan nilai TSS di bawah baku mutu air danau pada sisi utara Danau Poso (bagian hilir Danau Poso). Namun, sangat sulit untuk dilakukan kalibrasi dan validasi TSS mengingat data insitu TSS yang sangat minim dan tidak diketahui secara pasti koordinat (X,Y) dari dua titik lokasi sampling (yang berada di sisi selatan/hulu Danau Poso dan sisi utara Danau Poso).

#### 4. Penyusunan Kerangka Pemantauan TSS

Kerangka pemantauan TSS dalam penelitian ini disusun dengan mengacu pada kesenjangan penelitian yang telah diidentifikasi pada bagian latar belakang, yaitu masih terbatasnya kajian TSS di Danau Poso, minimnya data *in situ* yang tersedia, serta belum adanya kerangka pemantauan TSS berbasis penginderaan jauh yang dirancang secara spesifik untuk danau ini. Oleh karena itu, penyusunan framework dilakukan dengan memanfaatkan data sekunder hasil penelitian terdahulu di Danau Poso dan menyesuaikannya dengan potensi penggunaan citra Sentinel-2 sebagai sumber data pengamatan spasial.

A. Mengacu pada penelitian oleh (Akbar dkk, 2010), maka diusulkan 60% dari kuantitas data TSS insitu digunakan untuk kebutuhan kalibrasi, sedangkan 40% dari kuantitas data digunakan untuk validasi model.

#### B. Model Development Algoritma TSS

Untuk simplifikasi pengembangan model TSS, dapat digunakan beberapa algoritma TSS yang sudah terbukti tingkat keakuratannya. Penulis mengusulkan beberapa algoritma dengan akurasi lebih dari 90% seperti berikut:

1. Algoritma TSS Model 1 (Liu dkk., 2017)

$$C_{SPM} = 2950 \times B7^{1.357}$$

2. Algoritma TSS Model 2 (T. Hariyanto dkk., 2017)

$$TSS \text{ (mg/l)} = 7,9038 \times e^{(23,942 \times Rrs(\tau^4))}$$

3. Algoritma TSS Model 3 (I.D.Mubarok dkk., 2019)

$$TSS \text{ (mg/l)} = 5,1271 \times e^{(27 \times Rrs(\tau^4))}$$

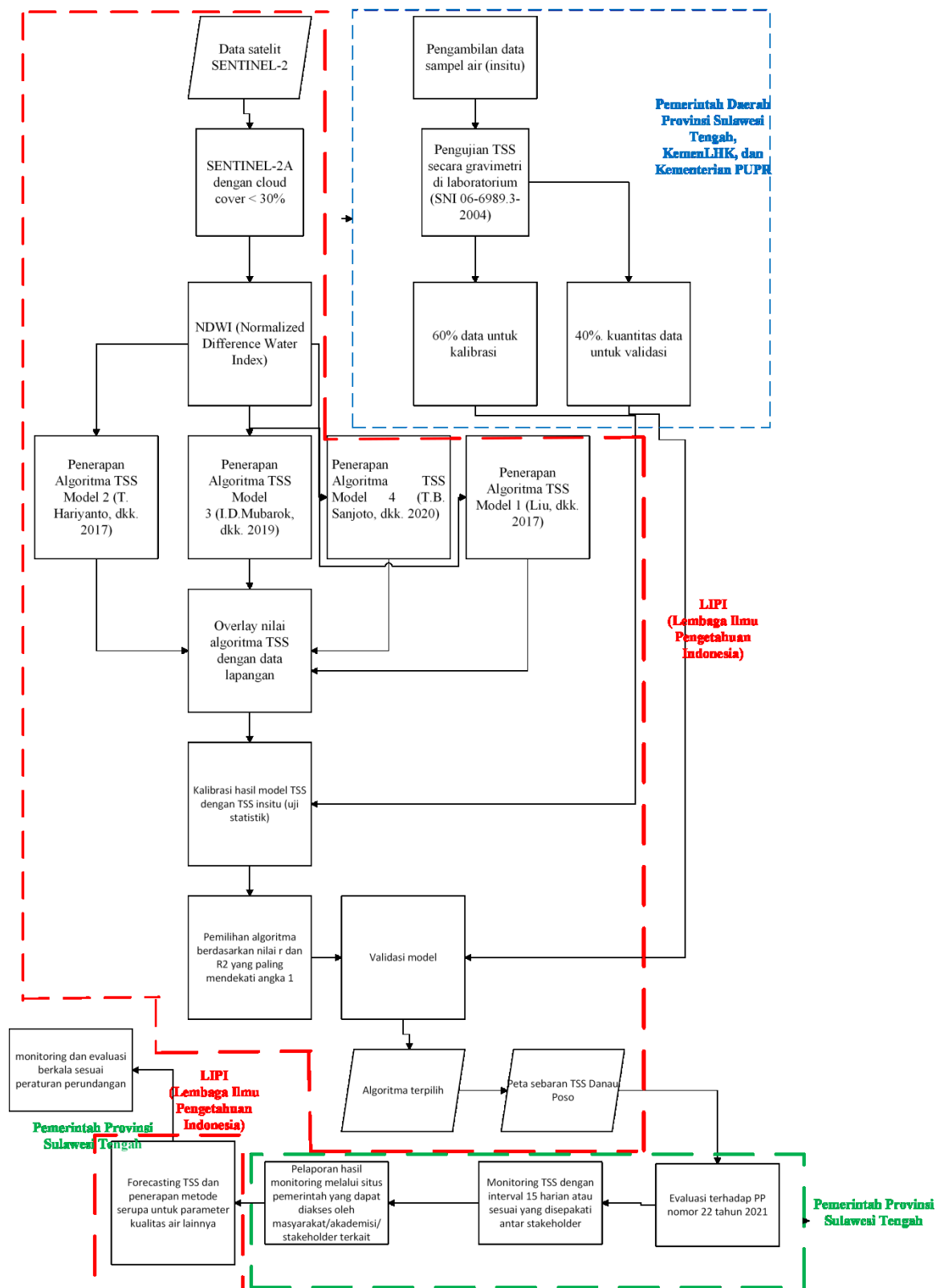
4. Algoritma TSS Model 4 (B. Sanjoto dkk., 2020)

$$TSS \text{ (mg/l)} = 3,3238 \times e^{(34,099 \times Rrs(\tau^4))}$$

Selanjutnya, untuk menentukan model mana yang cocok digunakan untuk pengembangan model di Danau Poso, perlu dilakukan analisis korelasi dan analisis regresi dengan output parameter  $r$  (0,90 - 1,00 *very strong correlation*) (P.Schober dkk, 2018),  $R^2 > 0,80$  (*good*) (D. N. Moriasi dkk., 2015), residual standard error (RSE).

#### C. Kerangka Pemantauan TSS

Dengan mengadopsi kerangka pada penelitian (Indeswari, 2018) dan (Akbar dkk, 2010) dan juga pembagian peran instansi penanggung jawab dalam Perpres nomor 60 tahun 2021, maka diusulkan kerangka seperti ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Kerangka pemantauan TSS menggunakan citra satelit

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Studi ini memiliki beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara garis besar, studi ini mendemonstrasikan perhitungan estimasi nilai TSS dengan menggunakan algoritma SPM dan menghasilkan output bahwa secara persebaran TSS di Danau Poso masih berada di bawah ambang baku mutu air danau kelas I dan kelas II, meskipun terdapat porsi area kecil yang memiliki nilai TSS di atas baku mutu air danau kelas I dan II.
2. Kalibrasi dan validasi algoritma TSS tidaklah dapat dilakukan dikarenakan data TSS insitu yang sangat minim dan tidak diketahui koordinat titik sampling secara pasti.
3. Kerangka yang disusun diharapkan dapat membantu untuk merealisasikan upaya bersama dari instansi terkait (Kementerian dan Pemerintah Daerah Provinsi Sulawesi Tengah) untuk penyelamatan Danau Poso.

### Saran

1. Peran data parameter kualitas air insitu (lapangan) sangatlah penting dalam pengembangan model algoritma TSS di Danau Poso sehingga pengalokasian anggaran pada stakeholder terkait (KemenLHK, Pemprov Sulawesi Tengah, dan Kementerian PUPR) akan menjadi sangat vital dan perlu political will dari masing-masing pimpinan di instansi tersebut.
2. Diseminasi informasi melalui situs pemerintah juga menjadi sangat penting sehingga dapat mengedukasi masyarakat, membuka peluang kolaborasi dengan para akademisi dan stakeholder terkait lainnya untuk turut mensukseskan program pemantauan kualitas air secara berkala di Danau Poso.
3. Hasil pemantauan TSS sebaiknya tidak berhenti pada laporan teknis internal, tetapi didiseminasikan melalui situs pemerintah daerah atau portal instansi teknis terkait dalam mendukung pemantauan kualitas air Danau Poso
4. Data insitu lapangan TSS yang sangat minim sehingga dalam framework, penulis akan mengusulkan agar dialokasikan anggaran, baik dari dana Pemerintah Pusat maupun Daerah, sesuai dengan pembagian proporsi kerja pada Perpres nomor 60 Tahun 2021, untuk kegiatan pengambilan sampling kualitas air (TDS maupun TSS) selama satu tahun pertama pada Tahun Anggaran 2025 sebagai base data untuk meng-*capture* data TSS baik musim penghujan maupun musim kemarau sehingga ketika akan dilakukan model development algoritma TSS melalui citra satelit, proses validasi dan kalibrasi dapat dilakukan.

### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan ridho dalam penulisan penelitian ini. Terimakasih pula kepada para pihak yang tersebut di dalam referensi saya yang telah melakukan penelitian dengan menggunakan remote sensing untuk estimasi parameter kualitas air.

## Daftar Referensi

- Afriani, dkk. (2018). Perbandingan Citra Landsat 8 OLI dan Sentinel-2A untuk Estimasi Stok Karbon Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Geomatika 2017*. [https://www.researchgate.net/publication/323122375\\_perbandingan\\_citra\\_landsat\\_8\\_oli\\_dan\\_sentinel\\_2-a\\_untuk\\_estimasi\\_stok\\_karbon\\_kelapa\\_sawit\\_elais\\_guineensis\\_jacq\\_di\\_wilayah\\_pt\\_perkebunan\\_nusantara\\_vii\\_unit\\_rejos\\_ari\\_natar\\_kabupaten\\_lampung\\_selatan](https://www.researchgate.net/publication/323122375_perbandingan_citra_landsat_8_oli_dan_sentinel_2-a_untuk_estimasi_stok_karbon_kelapa_sawit_elais_guineensis_jacq_di_wilayah_pt_perkebunan_nusantara_vii_unit_rejos_ari_natar_kabupaten_lampung_selatan)  
<https://doi.org/10.24895/SNG.2017.2-0.393>
- Akbar, T., Hassan, Q. and Achari, G.. (2010). A Remote Sensing Based Framework for Predicting Water Quality of Different Source Waters. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 34, Part XXX. [https://www.isprs.org/proceedings/xxxviii/part1/02/02\\_02\\_paper\\_117.pdf](https://www.isprs.org/proceedings/xxxviii/part1/02/02_02_paper_117.pdf)
- D. N. Moriasi, M. W. Gitau, N. Pai, and P. Daggupati. (2015). Hydrologic and water quality models: performance measures and evaluation criteria'. *ASABE, Am. Soc. Agric. Biol. Eng.*, vol. 58, no. 6, pp. 1763–1785, Dec. (2015). <https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>
- European Space Agency (ESA). (no date). SNAP. <https://earth.esa.int/eogateway/tools/snap> [diakses pada tanggal 10 Juni 2024].
- F Sulawesty, et al. (2022). Trophic Status of Waters in Poso Watershed, Central Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 950, *2nd International Seminar on Natural Resources and Environmental Management (2nd ISeNREM 2021)* 4th-5th August 2021, Bogor, Indonesia IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 950 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/950/1/012039>
- Hariyanto et al. (2017). Development of Total Suspended Sediment Model using Landsat-8 OLI and In-situ Data at the Surabaya Coast, East Java, Indonesia., *Indonesian Journal of Geography* Vol. 49, No.1, June 2017 (73-79)DOI: <https://doi.org/10.22146/ijg.12010>
- I.D. Mubarok, Rifardi, and A. Tanjung. (2019). ‘Studi temporal perubahan TSS (Total Suspended Solid) di Perairan sekitar Muara Kali Porong akibat pengaruh Lumpur Lapindo berdasarkan interpretasi citra Landsat 8 OLI [Temporal study of changes in TSS’, *J. Perikan. Dan Kelaut.*, vol. 24, no. 2, pp. 119–129, Dec. 2019.
- Indreswari, Luki. (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* Vol 7 No 1 (2018). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28698>
- Mamondol, M. R. (2018). Fungsi Strategis Danau Poso, Gangguan Keseimbangan Ekosistem, dan Upaya Penanggulangannya. <https://doi.org/10.31227/osf.io/9v8kg>

- Liu H, Li Q, Shi T, Hu S, Wu G, Zhou Q. (2017). Application of Sentinel 2 MSI Images to Retrieve Suspended Particulate Matter Concentrations in Poyang Lake. *Remote Sensing*. 2017; 9(7):761. <https://doi.org/10.3390/rs9070761>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. [https://jdih.setkab.go.id/PUUdoc/176367/Lampiran\\_VI\\_Salinan\\_PP\\_Nomor\\_22\\_Tahun\\_2021.pdf](https://jdih.setkab.go.id/PUUdoc/176367/Lampiran_VI_Salinan_PP_Nomor_22_Tahun_2021.pdf) [diakses pada tanggal 20 Juni 2024]
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2021 tentang Penyelamatan Danau Prioritas Nasional. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/171165/perpres-no-60-tahun-2021> [diakses pada tanggal 20 Juni 2024]
- P.Schober, C. Boer, and L. A. Schwarte. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation, *Anesth. Analg.*, vol. 126, no. 5, pp. 1763-1768, May 2018. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864> PMID:29481436
- Rafsenja, dkk. (2020). Analisis Perbandingan Citra Landsat 8 dan Citra Sentinel 2-A untuk Mengidentifikasi Sebaran Mangrove. *JAGAT (Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi)*, Vol.4 No.1. [https://www.researchgate.net/publication/323122375\\_perbandingan\\_citra\\_landsat\\_8\\_oli\\_dan\\_sentinel\\_2-a\\_untuk\\_estimasi\\_stok\\_karbon\\_kelapa\\_sawit\\_elais\\_guineensis\\_jacq\\_di\\_wilayah\\_pt\\_perkebunan\\_nusantara\\_vii\\_unit\\_rejosari\\_natar\\_kabupaten\\_lampung\\_selatan](https://www.researchgate.net/publication/323122375_perbandingan_citra_landsat_8_oli_dan_sentinel_2-a_untuk_estimasi_stok_karbon_kelapa_sawit_elais_guineensis_jacq_di_wilayah_pt_perkebunan_nusantara_vii_unit_rejosari_natar_kabupaten_lampung_selatan)
- Sukmono. (2018). Pemantauan Total Suspended Solid (TSS) Waduk Gajah Mungkur Periode 2013-2017 Dengan Citra Satelit Landsat-8. *Jurnal Geodesi dan Geomatika* Vol 1, No. 01 (2018). <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2018.2812>
- Sasmito, B., Bashit, N., & Rachmadiana, E. (2022). Analisis Perubahan Konsentrasi Total Suspended Solid Secara Multitemporal Menggunakan Citra Sentinel 2a (Studi Kasus: Danau Rawa Pening, Jawa Tengah). *Teknik*. <https://doi.org/10.14710/teknik.v43i2.46469>
- B. Sanjoto, A. H. Elwafa, H. Tjahjono, and W. A. B. N. Sidiq. (2020). Study of total suspended solid concentration based on Doxaran algorithm using Landsat 8 image in coastal water between Bodri River estuary up to east flood canal Semarang City', *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 561, p. 012053, Sep. 2020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/561/1/012053>
- T. Hariyanto, T. C. Krisna, K. Khomsin, C. B. Pribadi, and N. Anwar. (2017). Developing of total suspended sediment model Using Landsat-8 satellite image and in-situ data at the Surabaya Coast, East Java, Indonesia, *Indonesian J. Geography*, vol. 49, no. 1, p. 73, Jul. 2017. <https://doi.org/10.22146/ijg.12010>
- Wijaya, D. R. P., Haribowo, R., & Ball, J. E. (2023). An Alternative Model to Estimate Total Suspended Solids Concentrations using Landsat 8 Imagery in Indonesia. *Civil and Environmental Science Journal (CIVENSE)*, 6(2), 124–133. <https://doi.org/10.21776/civense.v6i2.404>