

Analisis Sebaran Sedimen Tersuspensi Di Danau Limboto Menggunakan Pengindraan Jauh

Nasir Bumulo¹, Ilyas Ichsan², Mohamad Alfandi Hippy³, Wawan Rauf*⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gorontalo

⁴Program Studi Teknik Mesin, Universitas Gorontalo

Corresponding aauthor: wawanrauf241193@yahoo.com

Article Info

Article history:

Receive; 03, September, 2025

Revised; 09, September, 2025

Accepted; 13, September, 2025

Keywords:

Danau Limboto

Sedimentasi

Pengindraan Jauh

Persamaan Laili

ABSTRACT

Kondisi danau limboto kini sangat memprihatinkan karena mengalami proses penyusutan dan pendangkalan akibat sedimentasi yang mengancam keberadaannya di masa yang akan datang. Semakin berkurangnya luasan perairan danau menyebabkan semakin menurunnya fungsi danau sebagai kawasan penampungan air sehingga berpotensi mengakibatkan banjir dan kekeringan di sekitar wilayah kawasan bahkan di luar daerah kawasan danau limboto. tingginya kadar sedimen dapat mempercepat hilangnya habitat alami bagi berbagai spesies ikan dan organisme lainnya, serta mengurangi keanekaragaman hayati di danau. Penginderaan jauh menawarkan pendekatan yang efektif untuk memantau dinamika sedimentasi di Danau Limboto. Dengan menggunakan citra satelit, peneliti dapat memperoleh data spasial yang luas mengenai sebaran sedimen tersuspensi secara akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran sedimen tersuspensi di danau limboto menggunakan pengindraan jauh. Pengolahan data citra satelit Sentinel-2 pada software SNAP ESA menggunakan persamaan Laili 2016, untuk mendapatkan kondisi persebaran TSS dan nilai TSS di Danau Limboto. Metode analisa yang digunakan adalah analisa deskriptif untuk menggambarkan nilai TSS yang didapatkan dari pengolahan data-data yang ada. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi sedimen tersuspensi (TSS) di danau limboto variasi yang signifikan baik secara spasial maupun temporal sepanjang tahun 2024, dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Desember (17,53–30,12 mg/L) dan terendah pada bulan Agustus (5,61–15,48 mg/L).

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author: wawanrauf241193@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Danau Limboto adalah salah satu aset sumber daya alam yang dimiliki Provinsi Gorontalo saat ini. Danau Limboto telah berperan sebagai sumber pendapatan bagi nelayan, pencegah banjir sumber air pengairan, dan obyek wisata areal danau ini berada pada dua yaitu kurang lebih 30 % di wilayah Kota Gorontalo dan kurang lebih 70 % di wilayah Kabupaten Gorontalo yang menjangkau lima kecamatan. Danau Limboto terletak di bagian tangan Provinsi Gorontalo dan secara astronomis, Das Limboto terletak pada 122° 42' 0.24"- 123° 03' 1.17" BT dan 00° 30' 2.035"- 00° 47' 0.49" LU. Das Limboto merupakan bagian dari Satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (SWP-DAS) Bone-Bolango yang luasnya 91.004 ha dan termasuk salah satu DAS prioritas dari DAS kritis di SWP-Das Bone-Bolango. Danau Limboto adalah cekungan rendah atau laguna, yang merupakan muara sungai-sungai. Diantaranya : Ritengan, Alo Puhu, Marisa, Meluopo, Biyonga, Bulota, Talubongo dan sungai-sungai kecil dari sisi selatan : Olilumayango, Ilopopala, Huntu, Hutakiki, Langgilo.

Danau Limboto kini berada pada kondisi yang sangat memprihatinkan karena mengalami proses penyusutan dan pendangkalan akibat sedimentasi yang mengancam keberadaannya di masa yang akan datang, semakin berkurangnya luasan perairan Danau menyebabkan semakin menurunnya fungsi Danau sebagai

kawasan penampungan air sehingga berpotensi mengakibatkan banjir dan kekeringan di sekitar wilayah kawasan Danau bahkan di luar daerah kawasan Danau Limboto. Sedimentasi yang tinggi tidak hanya mempengaruhi kualitas air, tetapi juga berdampak pada ekosistem perairan. Penelitian oleh Untuba, dkk., (2022) menunjukkan bahwa tingginya kadar sedimen dapat mempercepat hilangnya habitat alami bagi berbagai spesies ikan dan organisme lainnya, serta mengurangi keanekaragaman hayati di danau tersebut [1]. Hal ini menjadi perhatian utama karena Danau Limboto merupakan sumber kehidupan bagi masyarakat sekitar, terutama nelayan yang bergantung pada hasil tangkapan ikan.

Penginderaan jauh menawarkan pendekatan yang efektif untuk memantau dinamika sedimentasi di Danau Limboto. Dengan menggunakan citra satelit, peneliti dapat memperoleh data spasial yang luas mengenai sebaran sedimen tersuspensi secara akurat. Metode ini memungkinkan analisis yang lebih mendalam tentang pola distribusi sedimen dan faktor-faktor yang mempengaruhi sedimentasi tanpa harus melakukan survei lapangan yang intensif. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan efektivitas penginderaan jauh dalam pemantauan perubahan lingkungan [2].

Faktor-faktor penyebab sedimentasi di Danau Limboto sangat kompleks, melibatkan interaksi antara aktivitas manusia dan kondisi alamiah. Erosi tanah di hulu sungai akibat pembukaan lahan pertanian dan aktivitas konstruksi menjadi salah satu penyebab utama peningkatan sedimen. Penelitian oleh Untuba, dkk., (2022) juga mencatat bahwa penggunaan alat tangkap ikan yang tidak ramah lingkungan berkontribusi pada masalah sedimentasi dengan merusak struktur dasar perairan. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor ini agar strategi pengelolaan dapat dirumuskan dengan tepat [1].

Selain itu, kualitas air di Danau Limboto juga terpengaruh oleh kandungan nutrisi dalam sedimen. Penelitian menunjukkan bahwa sedimen dapat menjadi sumber nutrisi bagi ekosistem perairan, tetapi jika terlalu banyak terakumulasi, hal ini justru dapat menyebabkan eutrofikasi. Kadar kalsium dan kalium dalam sedimen perlu dianalisis untuk memahami dampaknya terhadap kualitas air dan kesehatan ekosistem secara keseluruhan [1].

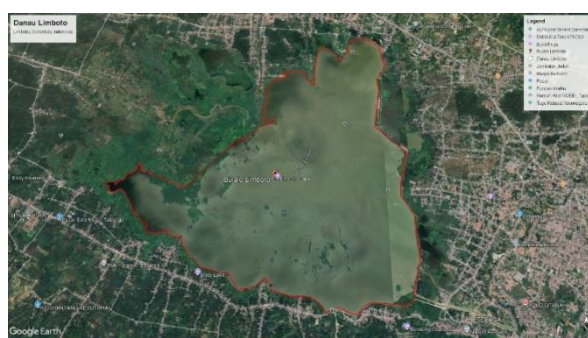
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi berbasis data untuk pengelolaan sedimen dan konservasi lingkungan di Danau Limboto. Dengan memahami pola sebaran sedimen tersuspensi dan faktor-faktor penyebabnya, pemangku kepentingan dapat merancang intervensi yang lebih efektif untuk mengurangi dampak negatif dari sedimentasi. Rekomendasi ini sangat penting untuk menjaga keberlanjutan ekosistem dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat sekitar.

Secara keseluruhan, riset ini bertujuan untuk memberikan wawasan baru tentang dinamika sedimentasi di danau tersebut. Dengan pendekatan inovatif ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih efektif untuk mengatasi masalah sedimentasi, serta mendukung upaya konservasi lingkungan demi keberlanjutan Danau Limboto sebagai sumber daya alam yang vital bagi masyarakat Gorontalo.

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Danau Limboto yang terletak di Kecamatan Limboto, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo (Gambar 1). Secara astronomis terletak pada koordinat $122^{\circ} 42' 0.24''$ - $123^{\circ} 03' 1.17''$ BT dan $00^{\circ} 30' 2.035''$ - $00^{\circ} 47' 0.49''$ LU, dan secara administratif terletak di dua wilayah, yaitu sekitar 30% di Kota Gorontalo dan sekitar 70% di Kabupaten Gorontalo.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam mendukung pengambilan dan pengolahan data penelitian terbagi atas beberapa macam sesuai dengan kebutuhannya. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

terbagi atas alat dan bahan untuk lapang, pengolahan data pada laboratorium, dan juga aplikasi pendukung yang digunakan selama pengolahan data penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat Penelitian

No	Alat	Fungsi
1	Laptop/Komputer	Untuk proses pengolahan data
2	Software: <i>ArcGis 10.8</i> SNAP (<i>Sentinel Application Platform</i>) Ms. Office	Pembuatan peta sebaran sedimen Pengolahan data citra sentinel Penulisan laporan

Tabel 2. Bahan Penelitian

No	Bahan	Fungsi
1	Data citra sentinel	Digunakan untuk menganalisa sebaran TSS
2	Data peta permukaan bumi	

2.3 Tahapan Penelitian

a. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan berbagai macam referensi yang berkaitan tentang TSS, cara memproses data citra satelit dan data in situ hingga dapat dianalisa menjadi kesimpulan.

b. Pengumpulan Data

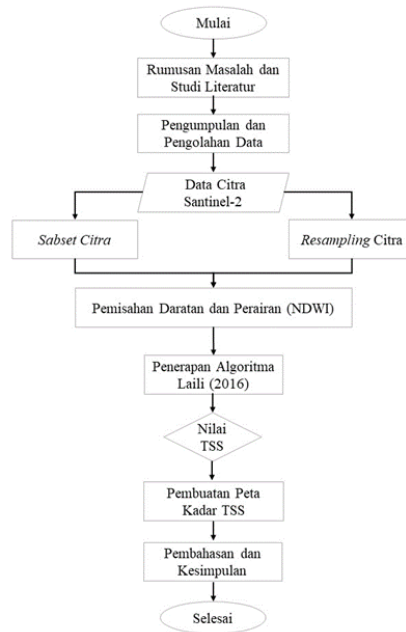
Pengumpulan data citra Sentinel-2 dilakukan untuk membantu proses analisis pada software.

c. Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data citra satelit Sentinel-2 pada software SNAP ESA dengan menggunakan persamaan Laili 2016, untuk mendapatkan kondisi persebaran TSS dan nilai TSS di Danau Limboto.

d. Analisa Hasil Pengolahan Data

Setelah tahap pengolahan data selesai, maka dilakukan tahap analisa hasil pengolahan data citra satelit. Metode analisa yang digunakan adalah analisa deskriptif untuk menggambarkan nilai TSS yang didapatkan dari pengolahan data-data yang ada. Kemudian hasil dan kesimpulan digunakan untuk pembuatan peta kondisi perairan dan menyusun laporan.



Gambar 2. Diagram Penelitian

Dalam penelitian ini, estimasi konsentrasi padatan tersuspensi total (Total Suspended Solids/TSS) dilakukan menggunakan pendekatan algoritmik berbasis citra satelit Sentinel-2 tanpa dukungan data in-situ. Salah satu metode yang digunakan adalah Algoritma Laili, yang dikembangkan oleh Laili et al. (2016) untuk wilayah perairan Pantai Timur Surabaya [3]. Algoritma ini bersifat semi-empiris dan memanfaatkan rasio kanal spektral Band 3 (green) dan Band 4 (red) untuk memprediksi nilai TSS secara spasial. Rumus algoritma yang digunakan adalah:

$$TSS = 31,42 \times \left(\frac{B3}{B4}\right) - 12,179$$

Pemilihan algoritma ini dilakukan berdasarkan pertimbangan kesederhanaan, tingkat akurasi yang telah teruji dalam studi sebelumnya, serta kemampuannya untuk diimplementasikan langsung pada citra Sentinel-2 yang telah melalui proses koreksi atmosferik. Dalam pelaksanaannya, hanya piksel dengan nilai NDWI > 0.1 yang dihitung, guna memastikan estimasi TSS hanya dilakukan pada area badan air. Citra Sentinel-2 Level 2A digunakan sebagai input karena telah terkoreksi atmosfer menggunakan plugin Sen2Cor dalam perangkat lunak SNAP. Nilai reflektansi dari kanal B3 dan B4 diambil langsung dari produk BoA (Bottom of Atmosphere), kemudian dihitung rasionya dan dimasukkan ke dalam persamaan algoritma.

Dengan pendekatan ini, sebaran nilai TSS di wilayah studi dapat dipetakan secara luas tanpa perlu pengambilan data lapangan secara langsung. Hal ini sangat berguna untuk studi awal atau pemantauan berkala di daerah yang sulit diakses atau minim sumber daya. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa algoritma Laili dikembangkan berdasarkan data lokal dari wilayah pesisir Surabaya dan bersifat sensitif terhadap kondisi spasial dan temporal. Oleh karena itu, nilai estimasi yang dihasilkan dalam konteks penelitian ini bersifat indikatif, bukan representasi absolut, dan sebaiknya digunakan sebagai dasar eksplorasi awal atau pemantauan komparatif dengan hasil dari algoritma lain [4].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

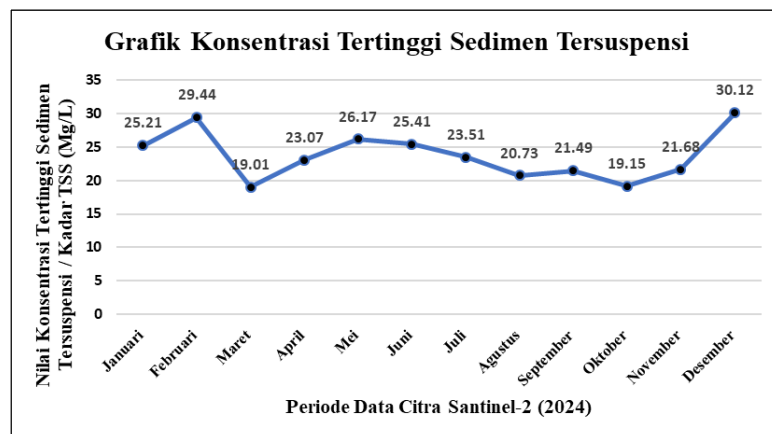
Hasil pengolahan data citra untuk memperoleh nilai sedimen tersuspensi menggunakan algoritma Laili (2016) yang disajikan pada Tabel 3. Algoritma ini diterapkan pada citra Sentinel-2A dengan tanggal akuisisi dari Januari hingga Desember 2024.

Tabel 3. Nilai Konsentrasi TSS tertinggi

Periode Data Citra (2024)	Nilai Konsentrasi Tertinggi Sedimen Tersuspensi / Kadar TSS (Mg/L)
Januari	25,21
Februari	29,44
Maret	19,01

April	23,07
Mei	26,17
Juni	25,41
Juli	23,51
Agustus	20,73
September	21,49
Oktober	19,15
November	21,68
Desember	30,12

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 3 mengenai nilai konsentrasi tertinggi sedimen tersuspensi (Total Suspended Solid/TSS) di Danau Limboto sepanjang tahun 2024, selanjutnya dilakukan visualisasi dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 3. Grafik ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman terhadap variasi kadar TSS dari bulan ke bulan, serta untuk mengidentifikasi tren atau pola yang mungkin terjadi selama periode pengamatan. Penyajian grafik ini juga membantu dalam menganalisis dinamika sedimentasi di Danau Limboto yang diperoleh melalui pengolahan citra satelit Sentinel-2A menggunakan algoritma Laili (2016).



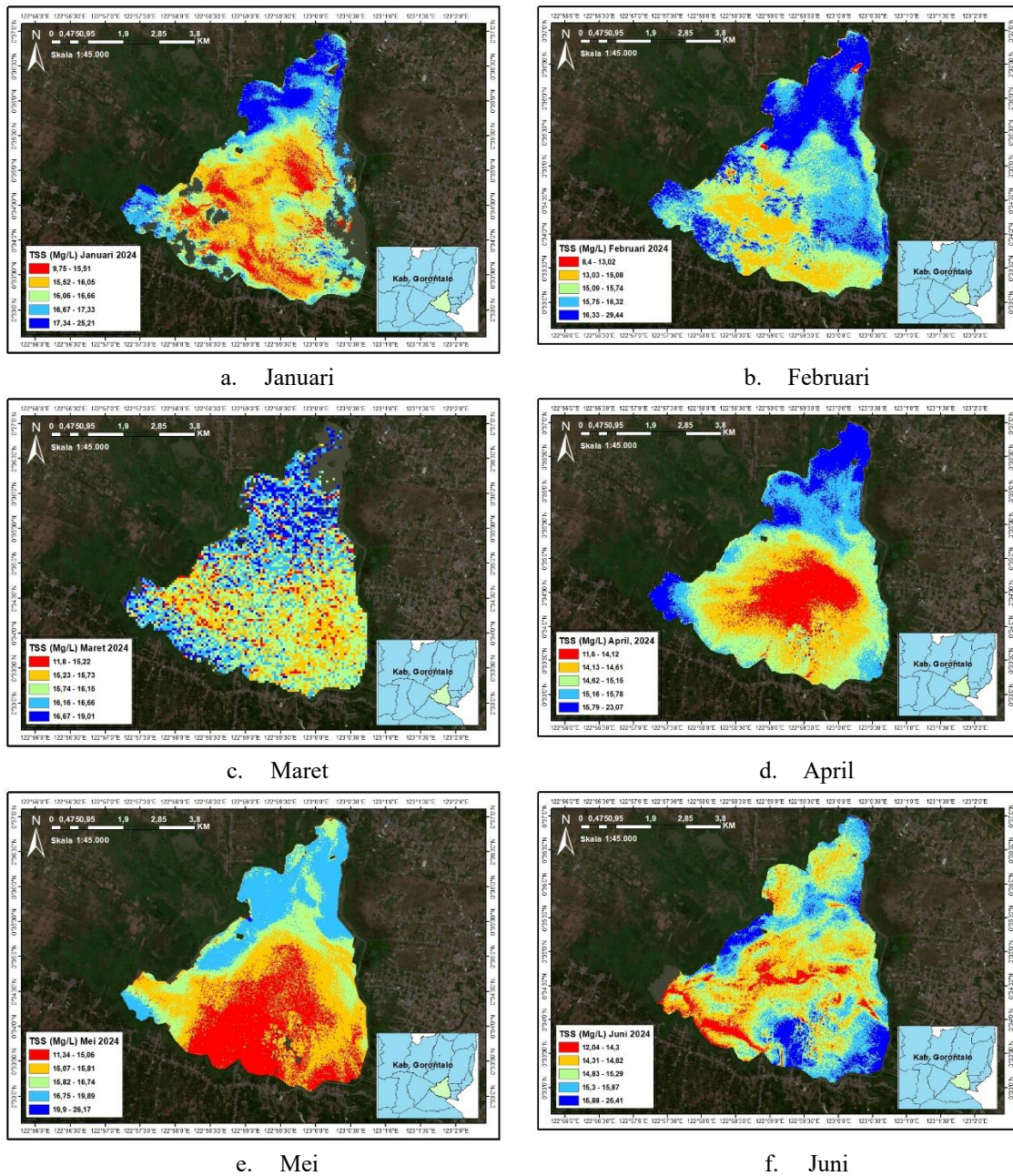
Gambar 3. Grafik Konsentrasi Teringgin Sedimen Tersuspensi

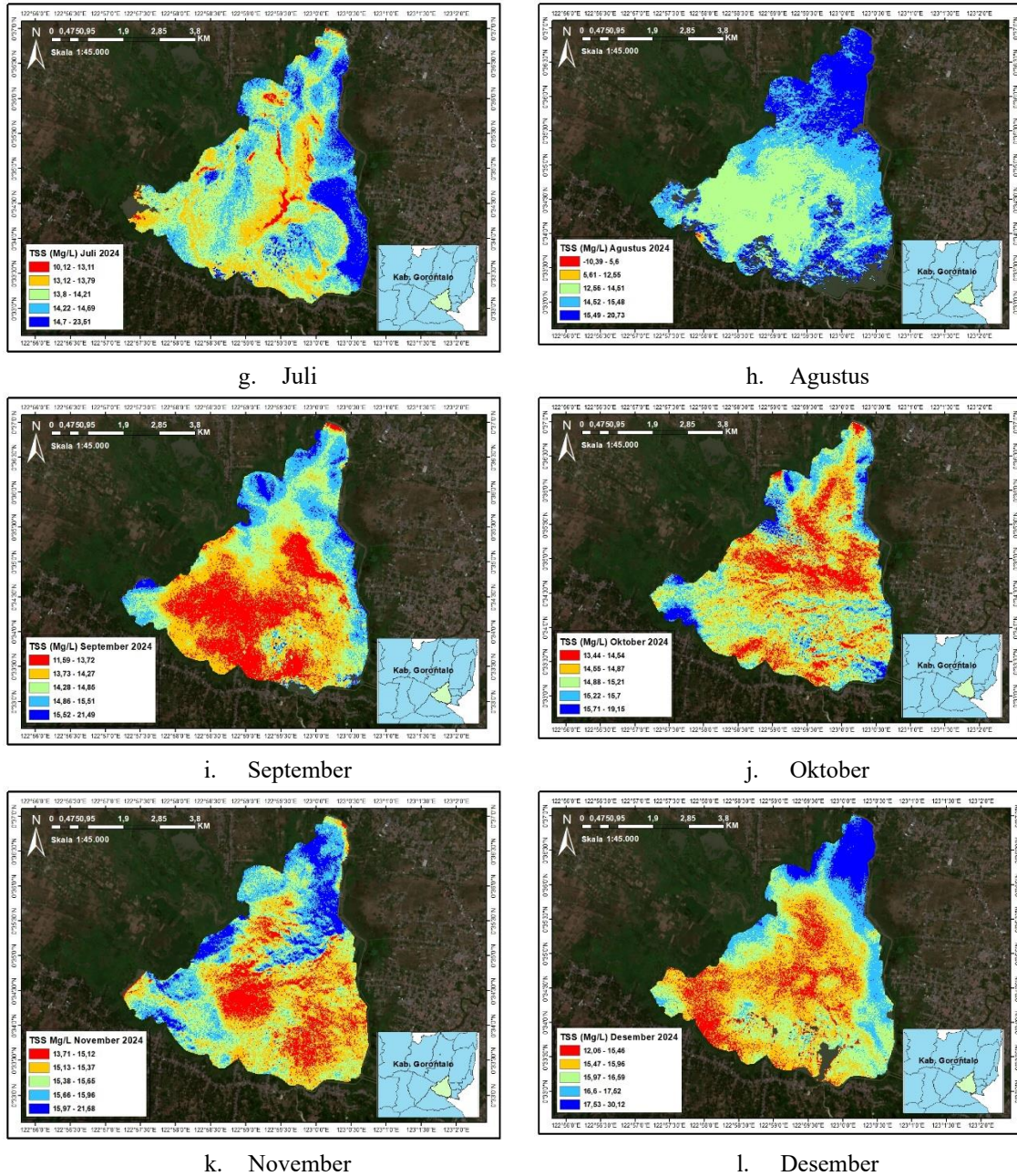
Berdasarkan gambar 3 diatas, terlihat bahwa nilai konsentrasi tertinggi sedimen tersuspensi (TSS) di Danau Limboto sepanjang tahun 2024 mengalami fluktuasi yang cukup signifikan. Nilai TSS tertinggi tercatat pada bulan Desember sebesar 30,12 mg/L, diikuti oleh bulan Februari sebesar 29,44 mg/L. Peningkatan ini kemungkinan besar berkaitan dengan intensitas curah hujan yang tinggi pada akhir tahun, yang menyebabkan meningkatnya limpasan permukaan dan erosi tanah di sekitar daerah tangkapan air Danau Limboto [6]. Sebaliknya, nilai TSS terendah tercatat pada bulan Maret dan Oktober, masing-masing sebesar 19,01 mg/L dan 19,15 mg/L, yang dapat dikaitkan dengan musim kemarau dan berkurangnya masukan sedimen ke danau.

Fluktuasi nilai TSS bulanan ini menunjukkan adanya pengaruh musiman terhadap sebaran sedimen tersuspensi di Danau Limboto. Dalam konteks pemantauan kualitas perairan, nilai TSS yang tinggi dapat menjadi indikator adanya gangguan ekologis, seperti pendangkalan dan penurunan kualitas habitat akuatik (Effendi, 2003). Penggunaan citra satelit Sentinel-2A yang diolah dengan algoritma Laili (2016) terbukti efektif dalam mengidentifikasi dinamika spasial dan temporal TSS di danau ini. Informasi ini penting sebagai dasar

dalam pengelolaan dan upaya konservasi Danau Limboto, khususnya dalam menghadapi tantangan degradasi lingkungan yang terus berlangsung.

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh dan mendalam mengenai distribusi spasial sedimen tersuspensi (Total Suspended Solid/TSS) di Danau Limboto, dilakukan proses visualisasi dalam bentuk peta sebaran yang dihasilkan dari pengolahan citra satelit Sentinel-2A menggunakan algoritma Laili (2016). Pemetaan ini disusun berdasarkan data citra yang dikumpulkan secara berkala setiap bulan sepanjang tahun 2024, sehingga dapat memberikan gambaran dinamis terhadap perubahan distribusi TSS dari bulan Januari sampai Desember 2024 dapat dilihat pada gambar 4.





Gambar 4. Peta Sebaran Sedimen Tersuspensi Januari-Desember 2024

Konsentrasi TSS yang sangat tinggi dan meluas pada bulan Desember ini menimbulkan dampak ekologis yang parah dan berpotensi merusak ekosistem perairan secara signifikan. Kekeruhan air yang ekstrem akan menghalangi penetrasi cahaya matahari secara drastis, sehingga menghambat proses fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air lainnya hingga titik terendah. Hal ini dapat menyebabkan penurunan drastis produktivitas primer, mengganggu seluruh rantai makanan akuatik, dan berpotensi memicu kematian massal organisme produsen [5]. Partikel tersuspensi dalam jumlah besar juga akan menyumbat insang ikan dan invertebrata, menyebabkan stres pernapasan parah, dan meningkatkan risiko kematian. Akumulasi sedimen yang masif di dasar perairan akan menutupi dan merusak habitat bentik esensial seperti terumbu karang dan padang lamun, yang merupakan area vital untuk pemijahan, pembesaran, dan tempat berlindung bagi berbagai spesies laut. Dampak kumulatif dari TSS yang persisten tinggi adalah degradasi kualitas air, hilangnya keanekaragaman hayati secara permanen, dan perubahan ekosistem yang drastis. Oleh karena itu, diperlukan

tindakan darurat dan jangka panjang untuk mengendalikan sumber-sumber sedimen, termasuk restorasi DAS, praktik pertanian konservasi, serta penegakan hukum yang sangat ketat terhadap aktivitas perusak lingkungan.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan penelitian diantaranya konsentrasi sedimen tersuspensi (TSS) di Danau Limboto menunjukkan variasi yang signifikan baik secara spasial maupun temporal sepanjang tahun 2024, dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Desember (17,53–30,12 mg/L) dan terendah pada bulan Agustus (5,61–15,48 mg/L). Selain itu juga terjadi peningkatan konsentrasi TSS terutama selama musim hujan (Januari–April dan September–Desember) akibat erosi tanah dan limpasan permukaan dari daerah tangkapan air, sementara penurunan TSS terjadi pada bulan-bulan kering (Agustus) karena berkurangnya curah hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Untuba, I. Isa, W. R. Kunusa, J. L. Kilo, " Analisis Kandungan Calsium (Ca) Kalium (K) Pada Sedimen Danau Limboto Menggunakan Metode AAS," JAMBURA, vol. 4, pp. 62-75, 2022.
- [2] Suwigyo, M. N. Trilita, " Design Bangunan Penangkap Sedimen Danau Limboto," Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, vol. 1, pp. 47-56, 2011.
- [3] N. Laili, M. Muslim, A. Wibowo, " Pemanfaatan Citra Satelit Sentinel-2 untuk Estimasi Konsentrasi Padatan Tersuspensi Total (TSS) di Perairan Surabaya," Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, vol. 8, pp. 747–758, 2016.
- [4] A. P. Gantari, Pengembangan Algoritma Estimasi Sebaran Konsentrasi TSS Menggunakan Data In-situ dan Citra Satelit Sentinel-2. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [5] T. Wibowo, H. Hidayat, " Analisis Keterkaitan Curah Hujan terhadap Kekeruhan Perairan di Daerah Aliran Sungai," Jurnal Sumber Daya Air, vol. 13, pp. 87–94, 2017.