

---

**ANALISIS VARIABILITAS TSS, KLOROFIL-A, DAN ALGAE BLOOM  
PADA DAERAH LIMPASAN PEMBUANGAN TAMBAK UDANG DAN  
MUARA SUNGAI DI PERAIRAN LAUT DESA MANDRAJAYA,  
TELUK CILETUH, SUKABUMI**

**Aidin Fitrah Bachtiar<sup>1</sup>, Yuniarti MS<sup>2</sup>, Yudi Nurul Ihsan<sup>3</sup>, Buntora Pasaribu<sup>4</sup>**  
Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia  
Email korespondensi: adinftrh@gmail.com

---

**ABSTRAK**

Perairan Teluk Ciletuh berada pada ambang batas pencemaran. Pemantauan pencemaran dan kualitas perairan dapat diketahui melalui parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dan Klorofil-a. Klorofil-a dapat dijadikan indikator tingkat kesuburan perairan dan TSS merupakan salah satu parameter penentu kualitas air. Metode penginderaan jauh digunakan untuk menestimasi konsentrasi klorofil, TSS, *Algae Bloom* dan pemetaan distribusinya di laut. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8 pada tahun 1999, 2000, 2012, 2022, dan 2023. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa konsentrasi klorofil-A cenderung meningkat seiring pertambahan usia tambak udang dalam dua dekade terakhir di semua stasiun pengamatan, disebabkan oleh peningkatan kandungan nutrisi akibat aktivitas manusia. Meskipun demikian, nilai klorofil-A ini tetap berada dalam kategori cukup (oligotrofik) dan sedang (mesotrofik) menandakan tidak adanya pencemaran berat. Sementara itu, visualisasi *algae bloom* menggunakan SABI tidak menunjukkan keberadaan *algae blooming*. Konsentrasi TSS menunjukkan nilai-nilai yang masih dalam batas baku mutu perairan untuk ekosistem mangrove.

**Kata kunci:** tss, klorofil-a, ledakan alga, tambak udang, muara sungai, teluk ciletuh

**ABSTRACT**

*Ciletuh Bay waters are on the brink of pollution. Monitoring pollution and water quality can be determined through Total Suspended Solid (TSS) and Chlorophyll-a parameters. Chlorophyll-a serves as an indicator of water fertility, while TSS is a key parameter in determining water quality. Remote sensing methods have enabled the estimation of concentrations of chlorophyll, TSS, Algae Bloom, and mapping their distribution in the sea. The data used in this research are satellite imagery from Landsat 7 and Landsat 8 for the years 1999, 2000, 2012, 2022, and 2023. The conclusion of this study is that Chlorophyll-A concentrations tend to increase with the aging of shrimp ponds over the last two decades at all observation stations, due to the increased nutrient content resulting from human activities. Nevertheless, these Chlorophyll-A values remain within the categories of sufficient (oligotrophic) and moderate (mesotrophic), indicating no heavy pollution. Meanwhile, the visualization of algae bloom using SABI does not indicate the presence of blooming algae. TSS concentrations shows values within the water quality standards for mangrove ecosystems.*

**Keywords:** tss, chlorophyll-a, algae bloom, shrimp ponds, river estuary, ciletuh bay



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

## PENDAHULUAN

Perairan Mandrajaya Teluk Ciletuh, merupakan bagian dari Ciletuh-Palabuhanratu *Unesco Geopark Global* (CPUGG) di Sukabumi, Jawa Barat. Perairan tersebut merupakan kawasan dengan karakteristik oseanografi yang unik, terpengaruh oleh aliran laut dari Samudera Hindia dan masukan dari Sungai Ciwaru (Alawadi, 2010). Wilayah tersebut juga dipengaruhi oleh kegiatan perikanan budidaya, khususnya budidaya udang, yang memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem Teluk Ciletuh (Yuniarti, Lewaru, Pamungkas, Wulandari, & Suhandi, 2022). Teluk Ciletuh mengalami beberapa tekanan terutama terkait dengan tingginya kandungan nutrisi di dalam perairannya. Profil nutrisi di Teluk Ciletuh cenderung melebihi baku mutu yang disarankan, mendekati ambang batas pencemaran (Yuniarti et al., 2022). Sumber nutrisi berlebih ini utamanya berasal dari aliran sungai yang membawa bahan kimia dan nutrisi dari daratan serta fluktuasi musiman yang memengaruhi distribusi nutrisi (Efendi, Yuniarti, Syamsudin, & Ihsan, 2021).

Kualitas air di Perairan Laut Desa Mandrajaya. Teluk Ciletuh, dapat dilakukan dengan memantau parameter Klorofil-a dan Total Suspended Solid (TSS). Klorofil-a dapat dijadikan indikator tingkat kesuburan perairan (Jiyah, 2016). Pengamatan terhadap sebaran TSS sering kali dilakukan untuk mengevaluasi kualitas perairan, sebab nilai TSS yang tinggi menandakan potensi pencemaran yang tinggi dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air yang pada gilirannya dapat mengganggu proses fotosintesis organisme akuatik (Isman, Rupiwardani, & Sari, 2022). Dampak dari konsentrasi TSS tinggi dapat mengurangi aktivitas fotosintesis mikro dan makro alga laut, sehingga oksigen yang dihasilkan oleh tumbuhan akan berkurang dan dapat menyebabkan kematian ikan. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi TSS berpotensi menurunkan kualitas ekosistem perairan pesisir dan laut (Isman et al., 2022). Dalam usaha untuk memetakan distribusi Klorofil-a dan TSS, teknologi penginderaan jauh, terutama melalui penggunaan citra satelit Landsat. Pendekatan tersebut memungkinkan analisis spektral untuk mengevaluasi parameter-parameter kualitas air.

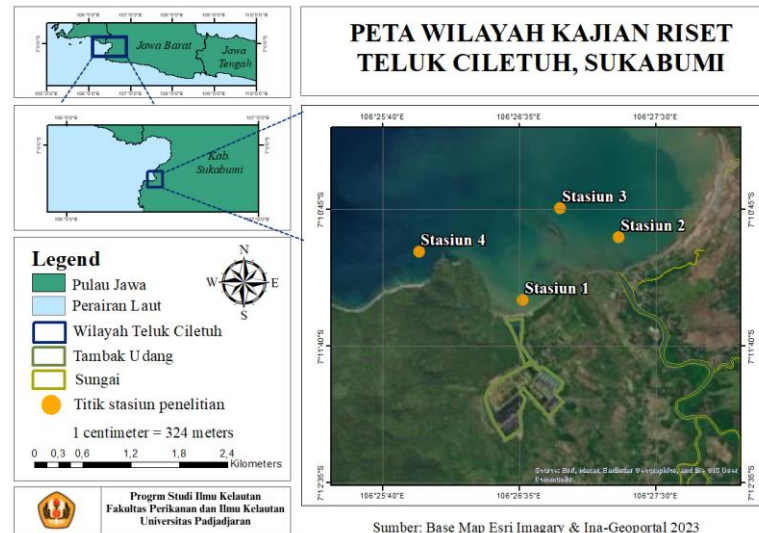
Teknologi penginderaan jauh telah memungkinkan estimasi konsentrasi klorofil dan pemetaan distribusinya di laut. Hal tersebut bermanfaat untuk menilai biomassa plankton dan bahkan bloom alga berbahaya (HABs). Adanya HABs dapat memiliki dampak besar pada ekosistem akuatik, terutama jika konsentrasinya melewati ambang batas tertentu. Hal ini bisa mempengaruhi flora dan fauna air melalui fenomena "*red tide*" (Alawadi, 2010). Dalam rangka memproses informasi dari citra satelit Landsat guna memperoleh data mengenai distribusi Klorofil-a, *Algae Bloom*, dan TSS, diperlukan penggunaan algoritma yang tepat. Algoritma ini berfungsi untuk mencocokkan data citra dengan data uji laboratorium sehingga diharapkan mampu memberikan informasi yang akurat mengenai distribusi kesuburan dan pencemaran air di Teluk Ciletuh (Lenggono et al., 2018).

Penelitian terbaru telah mengusulkan algoritma baru, yaitu indeks bloom alga permukaan (Surface Algal Bloom Index/SABI), yang dirancang khusus untuk mengidentifikasi distribusi spasial spesies alga mikro yang mengapung, seperti cyanobacteria, atau vegetasi inter-tidal yang terbuka seperti rumput laut. Algoritma ini dikembangkan dengan mempertimbangkan citra sensitif warna laut dalam hubungan berbasis rasio pada empat band (Alawadi, 2010). Dalam mengevaluasi tingkat pencemaran perairan khususnya pada parameter TSS, *Algae Bloom*, dan Klorofil A, penggunaan metode

penginderaan jauh dengan citra satelit dapat menjadi alternatif yang lebih efisien dan efektif guna mengevaluasi kualitas perairan laut (Hariyanto & Krisananda, 2019).

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan waktu penelitian



Gambar 1. Peta Wilayah Kajian Riset

Penelitian dilakukan di Perairan Laut Desa Mandrajaya, Teluk Ciletuh, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat melalui penggunaan metode penginderaan jarak jauh dengan pengamatan terhadap sebaran TSS, Klorofil A, dan *Algae Blooming* yang dilakukan dengan memanfaatkan Citra Satelit Landsat 7 pada tahun 1999, 2000, serta Landsat 8 pada tahun 2012, 2022, dan 2023.

### Pengumpulan data

Pengumpulan data citra dilakukan untuk mengumpulkan data citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8 pada tahun 1999, 2000, 2012, 2022, dan 2023. Citra Landsat 7 pada tahun 1999 digunakan untuk mengetahui tingkat konsentrasi TSS, Klorofil A dan *Algae Blooming* sebelum beroperasi, tahun 2000 digunakan untuk mengetahui tingkat konsentrasi TSS, Klorofil A dan *Algae Blooming* saat awal beroperasinya budidaya tambak udang. Pada tahun 2012 digunakan untuk mengetahui 1 dekade tambak udang beroperasi. Selanjutnya Landsat 8 digunakan untuk mengetahui konsentrasi TSS, Klorofil A dan *Algae Blooming* pada tahun 2022 saat tambak udang sedang aktif beroperasi dalam rentang 2 dekade, serta konsentrasi TSS, Klorofil A dan *Algae Blooming* pada tahun 2023 melalui citra Landsat 8 digunakan untuk mengevaluasi perairan saat operasi tambak udang telah dihentikan secara permanen.

Berikut adalah rincian data secara spasial dan temporal dalam pengolahan data citra yang digunakan:

**Tabel 1.** Resolusi Spasial dan Temporal data Citra Penelitian

Satelit	Tanggal	Th	Musim	Resolusi Spasial	Sumber
Landsat 7	27 Agustus	1999	Kemarau	30 meter	USGS
Landsat 7	28 Juli	2000	Kemarau	30 meter	USGS
Landsat 8	30 Agustus	2012	Kemarau	30 meter	USGS
Landsat 8	7 Juli	2022	Kemarau	30 meter	USGS
Landsat 8	20 Juli	2023	Kemarau	30 meter	USGS

## Pengolahan Data Citra Satelit

### a. Pemotongan Citra / *Cropping Data*

Sebelum mengolah citra landsat, langkah awal adalah melakukan pemotongan citra sesuai lokasi penelitian yang telah ditetapkan (Purbani, Kepel, & Takwir, 2014). Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pengolahan data lebih lanjut dan juga untuk mengoptimalkan penggunaan memori dalam menyimpan hasil pengolahan citra.

### b. Kalibrasi Radiometrik & Koreksi Atmosfer

Salah satu metode yang digunakan adalah metode *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV). Pada tahap ini, nilai reflektansi ( $\rho_{TOA}$ ) dikonversikan menjadi nilai koreksi atmosfer ( $\rho_{BOA}$ ). Koreksi radiometrik dan atmosferik pada riset ini digunakan melalui *semi-automatic classification plugin* dengan DOS1 (Dark Object Subtraction) di aplikasi QGIS.

### c. Pengklasifikasian Daratan dan Perairan

Setelah langkah-langkah koreksi selesai, tahap berikutnya adalah memisahkan daerah daratan dan perairan dengan menggunakan algoritma NDWI (*Normalized Difference Water Index*). dengan rumus sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

### d. Implementasi Algoritma TSS

$$TSS = 31,42 \left( \frac{\log(band3)}{\log(band4)} \right) - 12,719$$

Pemilihan metode ini didasarkan hasil estimasi TSS Laili et al.(2015) pada penelitian Kurniadin & Maria (2020) menunjukkan hubungan yang paling baik antara nilai TSS data citra dengan data in-situ dibandingkan algoritma lainnya dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,55.

### e. Implementasi Algoritma Klorofil A

Metode yang digunakan dalam pengukuran Klorofil A adalah dengan ini memanfaatkan data citra satelit Landsat-8 dan 7 di wilayah Teluk Ciletuh dalam rentang waktu 1999, 2000, 2012, 2022, dan 2023 dengan metode Dvivedi dan Narain (1987). Data ini diambil pada musim kemarau. Data citra satelit yang digunakan untuk setiap musim ditampilkan dalam Tabel. Algoritma yang digunakan untuk menghitung konsentrasi klorofil-a memanfaatkan panjang gelombang pada band-band citra Landsat-8 dan 7, yaitu TM 2 yang setara dengan band 3 dan TM 3 yang setara dengan band 4. Rumus yang digunakan untuk menghitung konsentrasi klorofil-a adalah sebagai berikut:

$$Chl-a = 2.41(TM 3 - TM 2) + 0.1.87$$

Chl-a adalah konsentrasi klorofil (mg/l), TM 2 adalah sensor hijau, dan TM 3 adalah sensor merah pada citra satelit Landsat-8. Pendekatan tersebut memanfaatkan rasio antara panjang gelombang di kedua band tersebut untuk mengestimasi konsentrasi klorofil-a dalam air.

### d. Implementasi Algoritma *Surface Algae Bloom Index*.

SABI atau *Surface Algae Bloom Index* merupakan suatu algoritma empiris yang dirancang untuk mendeteksi biomassa alga yang terapung di permukaan air laut dengan respons yang mirip dengan vegetasi darat. Dengan rumus sebagai berikut:

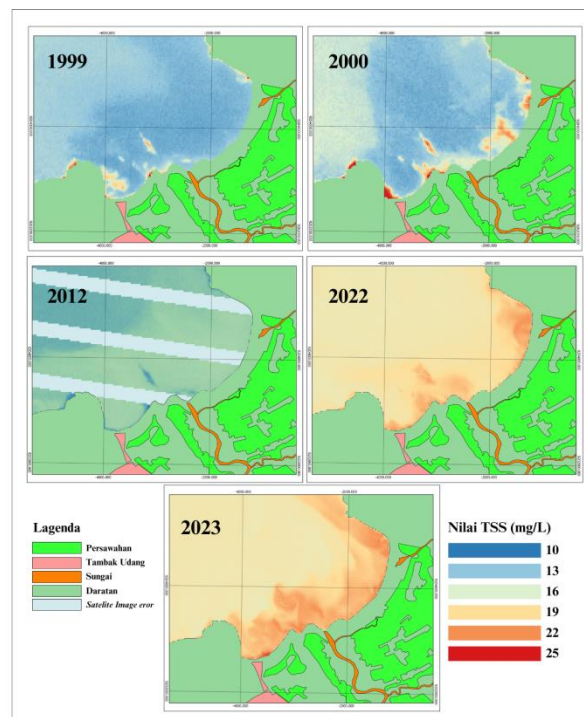
$$SABI = \frac{X_{NIR} - X_r}{X_B + X_G}$$

Algoritma ini menggunakan pita spektral khusus yang sensitif terhadap ciri lautan, yakni band biru (menunjukkan air jernih) dan band hijau (menunjukkan mekarnya plankton). Dengan menggunakan empat pita spektral, SABI menggunakan pita gelombang B1 (XR=645 nm), B2 (XNIR=869 nm) dari resolusi 250 m, serta B3 (XB=469 nm) dan B4 (XG=555 nm) (Alawadi, 2010).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Total Suspended Solid*

Algoritma yang digunakan dalam perhitungan nilai Total Suspended Solid (TSS) dalam penelitian ini menggunakan metodologi yang dikembangkan oleh Laili et al. (2015). Metode Algoritma TSS Laili et al. (2015) memanfaatkan dua kanal band dalam spektrum warna, yaitu kanal hijau dengan rentang panjang gelombang antara 0,525 hingga 0,600  $\mu\text{m}$  dan kanal merah dengan rentang panjang gelombang antara 0,630 hingga 0,680  $\mu\text{m}$ . Kedua kanal tersebut digunakan untuk mengukur kandungan partikel tersuspensi dalam perairan, yang merupakan indikator dari Total Suspended Solid. Berikut merupakan hasil visualisasi TSS tahun 1999, 2000, 2012, 2022, dan 2023 pada setiap stasiun yang disajikan pada **Gambar 2**.

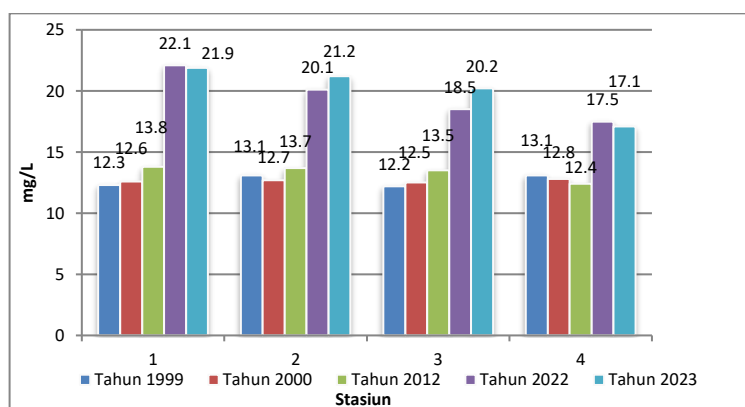


**Gambar 2.** Visualisasi TSS Perairan Mandrajaya, Teluk Ciletuh

Penggunaan rentang waktu dua dekade dalam pengamatan TSS di stasiun observasi pada penelitian ini memberikan gambaran terkait perubahan lingkungan khususnya pada parameter TSS perairan Mandrajaya, pada sebelum, saat, dan pasca operasional Tambak Udang. Pemantauan jangka panjang tersebut dapat memperlihatkan fluktuasi nilai TSS di Perairan Mandrajaya sebagai indikator kualitas air dan melihat trend TSS yang terjadi seiring berjalannya waktu, terutama terkait semakin bertambahnya usia tambak udang. Pada awal periode pengamatan, data TSS dari tahun 1999 hingga 2000 menunjukkan stabilitas nilai yang cukup konsisten di keempat stasiun observasi. Hal tersebut

mencerminkan kondisi lingkungan yang relatif stabil. Namun, perubahan signifikan mulai terjadi pada tahun 2012 bahwa stasiun 1 memiliki peningkatan nilai TSS. Trend tersebut menunjukkan kemungkinan perubahan dalam masukan partikel tersuspensi dalam ekosistem perairan yang diamati walaupun tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan PP No 22 tahun 2021, yakni 20 mg/L untuk ekosistem lamun dan terumbu karang dan tidak melebihi 80 mg/L untuk ekosistem mangrove.

Adanya peningkatan yang cukup signifikan terjadi pada tahun 2022, dengan nilai TSS yang melebihi baku mutu hampir pada semua stasiun, kecuali stasiun 4 (DELLA FEBRIOLA, n.d.). Kenaikan tersebut mengindikasikan perubahan yang substansial dalam komposisi partikel tersuspensi. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti pertumbuhan industri khususnya industri tambak udang atau aktivitas manusia lainnya yang memengaruhi kualitas perairan. Tahun 2023 menunjukkan kecenderungan yang stabil dalam nilai TSS, meskipun masih tetap pada tingkat yang tinggi. Pengaruh tambak udang terhadap TSS bisa bersifat multifaktorial, termasuk penambahan nutrisi dari pakan dan limbah tambak, perubahan dalam aliran air atau drainase yang digunakan dalam tambak, serta aktivitas pemeliharaan yang melibatkan pergerakan tanah dan lumpur tambak. Pengelolaan tambak udang yang baik menjadi krusial untuk memitigasi dampak negatifnya terhadap kualitas perairan yang teramati.



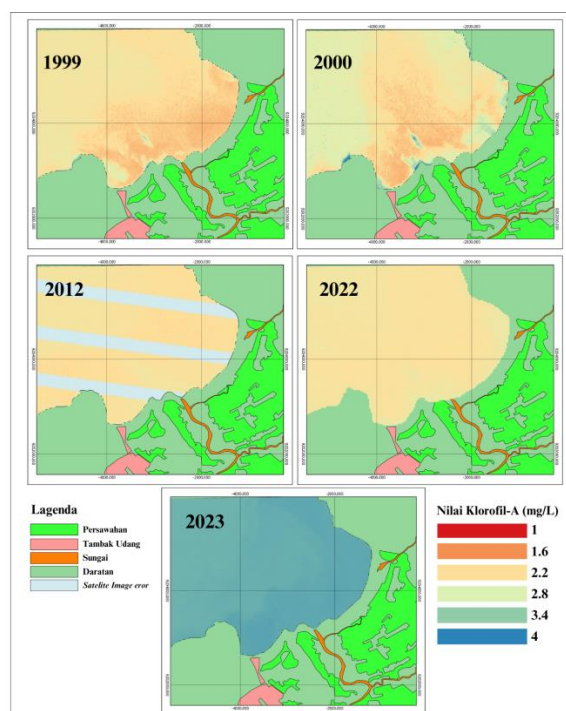
**Gambar 3.** Hasil pengukuran TSS tahun 1999, 2000, 2012, 2022, dan 2023

Hasil pengukuran TSS pada **Gambar 3.** menunjukkan bahwa pada tahun 1999 dan 2000, nilai TSS relatif stabil di keempat stasiun observasi dengan rentang antara 12,2 hingga 13,1 mg/L. Terdapat sedikit variasi tetapi secara keseluruhan nilai TSS tetap berada dalam rentang yang tidak terlalu berbeda. Pada tahun 2012, stasiun 1 memiliki peningkatan nilai TSS menjadi 13,8 mg/L, sedangkan stasiun lainnya tetap dalam kisaran yang serupa seperti tahun-tahun sebelumnya. Tahun 2022 menunjukkan perubahan signifikan dengan peningkatan nilai TSS di semua stasiun observasi. Stasiun 1 memiliki nilai tertinggi yaitu 22,1 mg/L nilai tersebut melebihi baku mutu TSS untuk biota laut pada ekosistem lamun dan terumbu karang berdasarkan PP No 22 tahun 2021 yaitu tidak lebih dari 20 mg/L. Tahun 2023 terjadi penurunan nilai dibandingkan tahun sebelumnya di stasiun 1 meskipun masih berada pada tingkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran TSS pada stasiun 1 atau wilayah dekat dengan tambak udang tidak menunjukkan terjadinya pencemaran TSS yang terlalu tinggi, walaupun pada tahun 2022 dan 2023 pada stasiun 1 melebihi baku mutu untuk ekosistem lamun dan karang, tetapi wilayah tersebut tergolong dalam pesisir yang tidak tercemar TSS karena memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk ekosistem mangrove atau tidak lebih dari 80

mg/L. Walaupun tidak terlalu tinggi terdapat peningkatan nilai TSS di stasiun tersebut seiring dengan pertambahan usia tambak. Peningkatan nilai TSS bahkan yang melebihi baku mutu yang ditetapkan menandakan adanya potensi risiko terhadap pencemaran ekosistem perairan dan kehidupan biota laut. Sedangkan, penurunan nilai TSS pada tahun 2023 berpotensi menjadi potensi pemulihan atau perubahan kualitas perairan yang lebih baik. Total padatan tersuspensi atau TSS terdiri dari partikel-partikel yang lebih kecil dari sedimen, seperti tanah liat, bahan organik, dan mikroorganisme (Panguriseng, 2017). Fernandez et al. (2023) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa nilai TSS yang tinggi disebabkan oleh masukan bahan-bahan tersuspensi dari aktivitas daratan seperti pelabuhan, permukiman penduduk, pasar, dan kegiatan wisata. Kondisi ini dapat meningkatkan kekeruhan air, mengurangi penetrasi cahaya matahari, dan berdampak pada proses fotosintesis oleh fitoplankton dan tumbuhan air, mengganggu keseimbangan oksigen dan karbon dioksida dalam perairan.

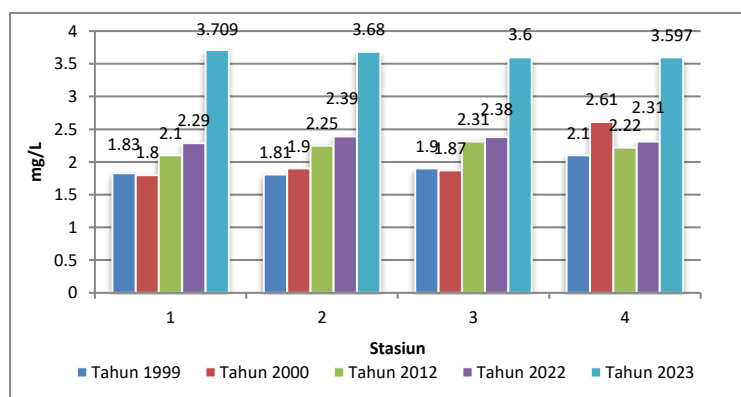
### Klorofil-A

Klorofil-a merupakan pigmen penting yang dibutuhkan oleh fitoplankton dan tumbuhan air yang menjadi sumber makanan alami bagi ikan. Pigmen tersebut memiliki peran kunci dalam proses fotosintesis yang mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat (Krismono, 2010). Hasil perhitungan konsentrasi klorofil-a menunjukkan variasi nilai pada rentang tahun yang diamati. Berikut adalah hasil visualisasi setiap stasiun pada setiap tahun melalui gambar di bawah ini:



**Gambar 4.** Visualisasi Klorofil-A Perairan Mandrajaya, Teluk Ciletuh

Pada tahun 1999 hingga 2000, konsentrasi klorofil-a berkisar antara 1,8 hingga 2,61 mg/l, menunjukkan tingkat klorofil yang rendah di setiap stasiun. Pada tahun 2012 sampai 2023, terlihat tren konsentrasi klorofil-a yang cenderung meningkat, mulai dari 2,1 hingga 3,709 mg/l. Variasi tersebut dapat disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi keberadaan nutrien, intensitas cahaya, dan dinamika oseanografi di wilayah Teluk Ciletuh. Dalam perairan laut, sebaran dan konsentrasi klorofil-a sangat berkaitan dengan kondisi oseanografi



**Gambar 5.** Hasil pengukuran Klorofil-A tahun 1999, 2000, 2012, 2022, dan 2023

Konsentrasi klorofil-a di suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa parameter fisika dan kimia, seperti intensitas cahaya dan ketersediaan nutrisi, terutama nitrat dan fosfat. Ketersediaan nutrisi dan intensitas cahaya yang memadai mendorong tingginya konsentrasi klorofil-a, sementara perairan tropis cenderung memiliki konsentrasi klorofil-a yang rendah karena keterbatasan nutrisi dan stratifikasi kolom perairan yang kuat akibat pemanasan permukaan perairan sepanjang tahun (Effendi et al., 2012). Peran nutrisi seperti nitrat dan fosfat dinilai penting dalam perkembangan organisme, terutama fitoplankton yang mengandung klorofil-a. Kedua nutrisi tersebut berasal dari proses pelapukan, dekomposisi tumbuhan, sisa-sisa organisme, dan limbah dari berbagai sumber seperti domestik, industri, pertanian, tambak, dan limbah peternakan (Inayati & Farid, 2020). Konsentrasi klorofil-a yang tinggi cenderung terdapat di daerah pesisir atau pantai akibat suplai nutrisi dari daratan pada penelitian ini suplai nutrisi dihasilkan dari budidaya tambak udang, masukan muara sungai yang terdiri dari aktivitas pertanian, limbah domestik, dan industri. Di perairan lepas pantai, tingginya konsentrasi klorofil-a sendiri disebabkan oleh proses upwelling. Pada perairan laut, klorofil-a memiliki peran penting dalam menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran dan konsentrasi klorofil-a sangat dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia perairan, serta perubahan lingkungan yang terkait dengan aktivitas manusia dan dinamika alamiah suatu perairan. Nutrien, intensitas cahaya, serta faktor lainnya memainkan peran krusial dalam menentukan konsentrasi klorofil-a yang pada gilirannya mempengaruhi ekosistem perairan (Marendy, Hartoni, & Isnaini, 2017).

Konsentrasi Klorofil A yang tinggi di suatu perairan dapat dipengaruhi oleh adanya Eutrofikasi. Eutrofikasi adalah pengayaan air dengan nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor, yang dapat meningkatkan produktivitas primer perairan. Eutrofikasi dibedakan menjadi dua, yaitu eutrofikasi buatan atau alami. Eutrofikasi dapat mengubah status trofik suatu perairan, mulai dari oligotrofik (kadar nutrisi rendah), mesotrofik (kadar nutrisi sedang), hingga eutrofik (kadar nutrisi tinggi) dan hipereutrofik (kadar nutrisi sangat tinggi). Berikut adalah Tabel Klasifikasi status Trofik berdasarkan Hoyer et al. (2017).

**Tabel 2.** Klasifikasi Range Status Trofik dengan Indikator Klorofil-A Hoyer et al. (2017).

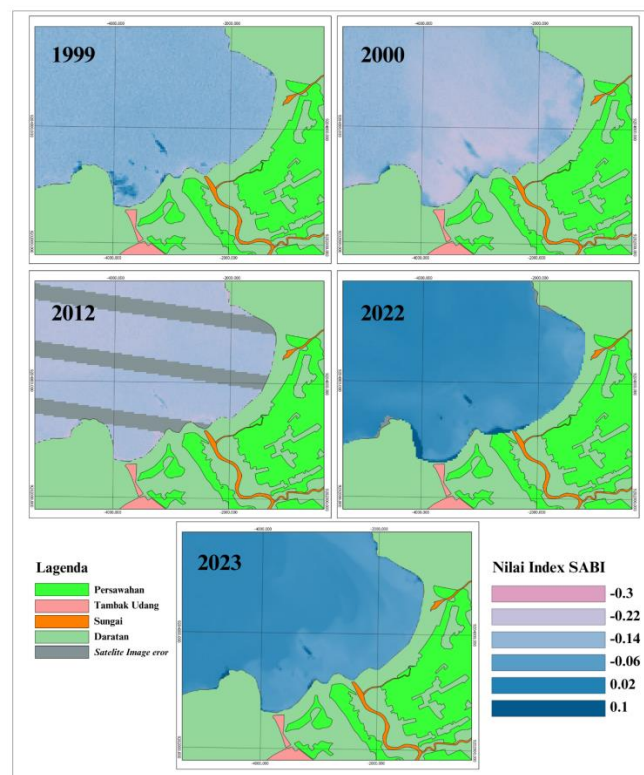
Oligotrofik (mg/L)	Mesotrofik (mg/L)	Eutrofik (mg/L)	Hipereutrofik(mg/L)
< 3	3 - 7	7 – 40	>40

Berdasarkan Tabel 8. Nilai klorofil a pada perairan teluk ciletuh masuk kedalam kategori oligotrofik dan mesotrofik atau kadar nutrisi cukup dan sedang. Pada kategori

Oligotrofik menunjukkan perairan dengan kadar nutrisi rendah yang masih dalam keadaan alami, belum terpengaruh oleh pencemaran dari nutrisi utama seperti nitrogen dan fosfor. Sedangkan mesotrofik menandakan perairan dengan kadar nutrisi sedang dan terjadi peningkatan tertentu dalam nutrisi N dan P, tetapi masih berada dalam batas toleransi tanpa tanda-tanda pencemaran yang signifikan. Kategori lainnya, Eutrofik, mencirikan perairan yang telah tercemar oleh peningkatan kadar nutrisi N dan P yang tinggi, sementara Hipereutrofik menunjukkan tingkat pencemaran yang berat akibat kandungan nutrisi N dan P yang sangat tinggi. Dalam konteks Teluk Ciletuh, terjadinya peningkatan kategori dari oligotrofik ke mesotrofik dalam rentang 2 dekade, kondisi ini dapat disebabkan oleh meningkatnya masukan nutrisi yang berasal dari daratan dan berpotensi akan semakin meningkat apabila limpasan limbah yang diterima perairan laut semakin tinggi (Marendy et al., 2017).

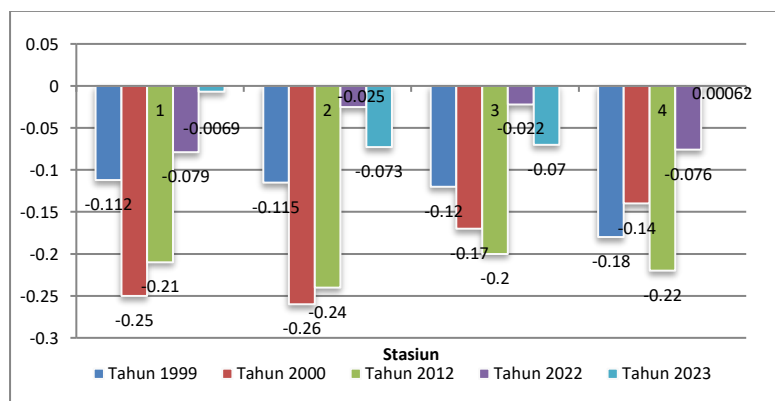
### *Algae Bloom*

SABI atau Surface Algal Bloom Index merupakan suatu algoritma empiris yang dirancang untuk mendeteksi biomassa alga yang terapung di permukaan air laut dengan respons yang mirip dengan vegetasi darat. Algoritma ini menggunakan pita spektral khusus yang sensitif terhadap ciri lautan, yakni band biru (menunjukkan air jernih) dan band hijau (menunjukkan mekarnya plankton). Dengan menggunakan empat pita spektral, SABI menggunakan pita gelombang B1 (XR=645 nm), B2 (XNIR=869 nm) dari resolusi 250 m, serta B3 (XB=469 nm) dan B4 (XG=555 nm). Algoritma ini memungkinkan deteksi alga yang mengambang di permukaan air laut, namun dengan batasan, yakni hanya pada kecepatan angin sedang yang tidak melebihi 8 ms<sup>-1</sup>, di atasnya informasi tersebut akan terdispersi oleh gelombang laut (Alawadi, 2010). Berikut adalah hasil visualisasi SABI:



**Gambar 6.** Hasil Visualisasi *Algae bloom* Tahun 1999, 2000, 2012, 2022, dan 2023.

Nilai positif pada SABI mengindikasikan aktivitas fotosintesis yang relatif tinggi pada alga permukaan. Sebaliknya, nilai negatif menunjukkan bahwa alga tersebut cenderung terdampar di dalam air dan tidak melakukan aktivitas fotosintesis (Alawadi, 2010). Hal tersebut bisa disebabkan oleh kedalaman tempat alga tersebut berada, dimana penyerapan air di daerah spektrum dekat-inframerah (NIR) dapat mencegah deteksi efek tepi merah, atau karena alga tersebut tidak lagi aktif dalam melakukan fotosintesis. Perairan dinyatakan terjadi *blooming algae* apabila nilai SABI melebihi 1,6 (Plichko, Zatserkovnyi, Khilchevskiy, Ilchenko, & Nikolaienko, 2021).



**Gambar 7.** Perbandingan nilai *Algae Bloom* menggunakan SABI (*Surface Algae Bloom Index*) Tahun 1999, 2000, 2012, 2022, dan 2023.

Data yang dikumpulkan dari 4 stasiun pada musim kemarau dari tahun 1999 hingga 2023 menunjukkan bahwa tidak ada indikasi yang secara signifikan menunjukkan kejadian *blooming algae* karena nilai SABI tidak melebihi 1,6. Selain itu, konsentrasi klorofil A yang termasuk dalam kategori oligotrofik dan mesotrofik di Teluk Ciletuh juga menunjukkan bahwa kondisi nutrisi tidak melebihi batas normal. Meskipun demikian, tidak dapat sepenuhnya diabaikan bahwa kemungkinan *blooming algae* tetap bisa terjadi mengingat fluktuasi dan data konsentrasi nutrisi yang telah didapatkan beberapa parameter telah melewati ambang batas. Terlebih lagi nilai index SABI yang memiliki peningkatan nilai pada 2 dekade pengamatan, walaupun tidak melebihi nilai yang mengindikasikan *blooming algae* dapat berpotensi akan tetap meningkat apabila terjadinya peningkatan beban pencemar yang diterima perairan laut desa mandrajaya disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan manusia akan pangan dan tidak adanya pengelolaan limbah yang baik.

Pada setiap tahun, nilai *algae bloom* cenderung negatif yang artinya tidak terdeteksinya aktivitas fotosintesis yang mencerminkan tingginya kepadatan alga permukaan. Nilai tersebut berkisar antara -0,002 – -0,26. Rentang Konsentrasi tersebut merupakan nilai yang masih dalam keadaan normal dan tidak mengindikasikan adanya eutrofikasi perairan (Alawadi, 2010). Kepadatan alga berlebih akan terjadi apabila masukan nutrisi yang diterima semakin tinggi melampaui baku mutu yang telah ditetapkan, walaupun nutrisi merupakan zat yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan organisme seperti fitoplankton, apabila berlebihan justru akan meningkatkan pertumbuhan fitoplankton yang berlebih atau *algae bloom* yang pada akhirnya akan mengganggu keseimbangan ekosistem dan meracuni biota akuatik (Kawasaki et al., 2016).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut: 1) Nilai Konsentrasi klorofil A semakin meningkat seiring dengan pertambahan usia tambak selama 2 dekade di setiap stasiun pengamatan. Kondisi ini dapat disebabkan oleh semakin meningkatnya kandungan nutrisi perairan yang disebabkan oleh aktivitas manusia termasuk keberadaan tambak udang dan muara sungai. Walaupun peningkatan klorofil-a cenderung signifikan kategori trofik untuk nilai yang ditetapkan yaitu oligotrofik dan mesotrofik atau kadar nutrisi cukup dan sedang. Pada kategori Oligotrofik menunjukkan perairan dengan kadar nutrisi rendah yang masih dalam keadaan alami dan mesotrofik menandakan perairan dengan kadar nutrisi sedang dan terjadi peningkatan tertentu tetapi masih berada dalam batas toleransi tanpa tanda-tanda pencemaran yang signifikan. 2) Pada visualisasi *algae bloom* menggunakan SABI tidak menunjukkan *blooming algae* dengan nilai negatif dan tidak melebihi batas nilai yang mengindikasikan terjadinya *algae bloom*. Pada konsentrasi TSS yang divisualisasikan tidak menunjukkan tingginya nilai TSS yang berlebih dan tidak melebihi baku mutu perairan untuk ekosistem mangrove. 3) Pada konsentrasi TSS yang divisualisasikan tidak menunjukkan tingginya nilai TSS yang berlebih dan tidak melebihi baku mutu perairan untuk ekosistem mangrove.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alawadi, Fahad. (2010). Detection of surface algal blooms using the newly developed algorithm surface algal bloom index (SABI). *Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, and Large Water Regions 2010*, 7825, 45–58. SPIE.
- DELLA FEBRIOLA, ANWAR. (n.d.). *Penentuan Status Mutu Kualitas Air Sungai Bidadari Di Kelurahan Juata Kerikil Kota Tarakan*.
- Efendi, Hilmi Miftah Fauzi, Yuniarti, Syamsudin, Mega Laksmi, & Ihsan, Yudi Nurul. (2021). Pore Water Nutrient Profile in the First and Second Transitional Season in Teluk Ciletuh, Sukabumi District, West Java. *World Scientific News*, 153(2), 43–54.
- Fernandez, Yulita Hellen, Toruan, Lumban, & Soewarlan, Lady Cindy. (2023). *Tingkat Pencemaran Perairan Laut di Pesisir Teluk Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia Pollution*. 1(1), 24–44.
- Hariyanto, Teguh, & Krisananda, Haidar Rizqi. (2019). Pemantauan Perairan Teluk Lamong Dengan Pengembangan Algoritma Total Suspended Solid (Tss) Dari Data Citra Satelit Multitemporal Dan Data Insitu. *Geoid*, 14(2), 69. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v14i2.3908>
- Isman, Hasim, Rupiwardani, Irfany, & Sari, Devita. (2022). Gambaran Pencemaran Limbah Cair Industri Tambak Udang Terhadap Kualitas Air Laut di Pesisir Pantai Lombeng. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(5), 3531–3541.
- Jiyah, B.Sudarsono, A. Sukmon. (2016). *STUDI DISTRIBUSI TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) DI PERAIRAN PANTAI KABUPATEN DEMAK MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT*. 6, 41–47.
- Kawasaki, Nobuyuki, Kushairi, M. R. M., Nagao, Norio, Yusoff, Fatimah, Imai, Akio, & Kohzu, Ayato. (2016). Release of Nitrogen and Phosphorus from Aquaculture Farms to Selangor River, Malaysia. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(2), 113–116. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2016.v7.751>
- Kurniadin, Nia, & Maria, Eny. (2020). Evaluasi Algoritma Total Suspended Solid (Tss)

- Pada Citra Landsat 8 Terhadap Data Tss in-Situ. *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 3(01), 64–70. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2020.6754>
- Laili, N., Arafah, F., Jaelani, L. M., Subehi, L., Pamungkas, A., Koenhardono, E. S., & Sulisetyono, A. (2015). DEVELOPMENT of WATER QUALITY PARAMETER RETRIEVAL ALGORITHMS for ESTIMATING TOTAL SUSPENDED SOLIDS and CHLOROPHYLL-A CONCENTRATION USING LANDSAT-8 IMAGERY at POTERAN ISLAND WATER. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(2W2), 55–62. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-2-W2-55-2015>
- Lenggono, P. Setia, Baksh, Rukavina, Purwandaya, Budhi, Agustin, Heny, Karim, M., Aguslim, Lestari, Kharishma, Vidya, Mahardika, Ratih, & Iskandar, Rossi. (2018). Laporan Akhir Penyusunan Rekomendasi, Data Dan Informasi, Bidang Pelayanan Dasar Pada Pengembangan Sarana Prasarana Perdesaan. *Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal Dan Transmigrasi Republik Indonesia Dan Universitas Trilogi*.
- Marendy, F., Hartoni, & Isnaini. (2017). Analisis Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Menggunakan Citra Satelit Landsat Pada Musim Timur di Perairan Sekitar Muara Sungai Lumpur Kabupaten Oki Provinsi Sumatera Selatan. *Maspuri Journal*, 9(1), 33–42.
- Panguriseng. (2017). *Pengelolaan Air Tanah*. Yogyakarta.: Pena Indis.
- Plichko, L., Zatserkovnyi, V., Khilchevskyi, V., Ilchenko, A., & Nikolaienko, O. (2021). Using the surface algal bloom index to assess the ecological state of a small river an urbanized area and the possibility of its revitalization. *20th International Conference Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects*, (May 2021). <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521124>
- Purbani, Dini, Kepel, Terry Louise, & Takwir, Amadhan. (2014). Kondisi terumbu karang di Pulau Weh pasca bencana mega tsunami (Coral reef condition in Weh Island after mega tsunami disaster). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 21(3), 331–340.
- Yuniarti, Lewaru, Muhammad Wahyudin, Pamungkas, Wahyuniar, Wulandari, Ajeng, & Suhanda, Delilla. (2022). Kondisi Perairan Dan Pendugaan Ikan Di Teluk Ciletuh, Sukabumi Jawa Barat Berdasarkan Profil Nutrien Dan Makrozoobentos. *Marine Fisheries : Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.29244/jmf.v13i1.36157>