

## The Impact Of Total Suspended Solid (TSS) And Containing Water Chlorophyll-A On The Fertility Level Of Jakarta Jakarta Bay Waters Using Technology Of Google Earth Engine (Gee) Clouds

(Dampak Penyebaran Total Suspended Solid (TSS) Dan Kandungan Klorofil-A Terhadap Tingkat Kesuburan Perairan Teluk Jakarta Menggunakan Teknologi Google Earth Engine (Gee) Clouds)

Mardame Pangihutan Sinaga<sup>\*1</sup>, Daniel Tony Edyt Siburian<sup>2</sup> dan Edward Kristian Zega<sup>2</sup>

<sup>1</sup>HKBP Nommensen Pematangsiantar University, Jalan Sangnawaluh No. 4, Siopat Suhu District, East Siantar Village, Pematangsiantar City. North Sumatra Province. Postal Code: 21139.

<sup>2</sup>HKBP Nommensen Pematangsiantar University, Jalan Sangnawaluh No. 4, Siopat Suhu District, East Siantar Village, Pematangsiantar City. North Sumatra Province. Postal Code: 21139.

\*Corresponding author: [m.pangihutan@gmail.com](mailto:m.pangihutan@gmail.com)

Manuscript received: 27 May 2024. Revision accepted: 14 June 2024

### Abstract

Research on the distribution of TSS and containing water chlorophyll-a using GEE Cloud Technology in Jakarta Bay Waters was conducted from April to August 2021. Analysis was carried out using the MODIS AQUA-L3SMI satellite and Sentinel 2 TOA reflectance data. The TSS results show that it is distributed evenly (homogeneously), varies, and fluctuates from the coast of Jakarta to the Waters of Jakarta Bay, namely 0-120 mg/l, while the containing water chlorophyll-a is distributed unevenly or varies, namely from April 2021 with value 0-3 mg/m<sup>3</sup>, chlorophyll-a in May 2021 almost evenly distributed with a value of 0-2 mg/m<sup>3</sup>, chlorophyll-a in June 2021 spread unevenly and fluctuating with an amount of 1-3 mg/m<sup>3</sup>, for chlorophyll-a in July 2021 was absent due to the influence of many and thick clouds. Chlorophyll-a in August 2021 spread almost evenly and varied throughout the waters amounting to 0,28 mg/m<sup>3</sup>. TSS spreads evenly (homogeneously), varies, and fluctuates around the edge of Jakarta's coastal waters down to the waters of Jakarta Bay and is not suitable for demersal fish species except *zooxanthellae* coral reef species. Meanwhile, the containing water chlorophyll-a is spread evenly, varies, and fluctuates. The large amount of chlorophyll-a in all waters and the high TSS will cause total death of living creatures in the waters. Image data can be used to map TSS distribution patterns and contain water chlorophyll-a in the waters of Jakarta Bay.

**Keywords:** TSS; Containing Water Chlorophyll-a; MODIS AQUA-L3SMI Satellite; Sentinel 2 TOA reflectance data Satellite; Jakarta Bay Waters.

### Abstrak

Penelitian sebaran TSS dan kandungan klorofil-a menggunakan Teknologi GEE Cloud di Perairan Teluk Jakarta telah dilaksanakan dari bulan April sampai dengan Agustus 2021. Analisis dilakukan dengan menggunakan satelit MODIS AQUA-L3SMI dan Sentinel 2 TOA reflectance data. Hasil TSS diperoleh bahwa menyebar merata (homogen), bervariasi, dan berfluktuasi dari pinggir pantai Jakarta sampai ke arah perairan Teluk Jakarta, yaitu 0-120 mg/l, sedangkan kandungan klorofil-a menyebar tidak merata atau bervariasi, yaitu dari bulan April 2021 dengan nilai 0-3 mg/m<sup>3</sup>, klorofil-a di bulan Mei 2021 hampir menyebar merata yang nilai 0-2 mg/m<sup>3</sup>, klorofil-a di bulan Juni 2021 menyebar tidak merata dan berfluktuasi dengan jumlah 1-3 mg/m<sup>3</sup>, untuk klorofil-a di bulan Juli 2021 tidak ada karena pengaruh awan yang banyak dan tebal, dan klorofil- a di bulan Agustus 2021 menyebar hampir merata dan bervariasi ke seluruh perairan berjumlah 0-2,8 mg/m<sup>3</sup>. TSS menyebar secara merata (homogen), bervariasi dan fluktuasi di sekitar pinggiran perairan pantai Jakarta sampai ke perairan Teluk Jakarta dan tidak cocok untuk jenis-jenis ikan demersal kecuali jenis terumbu karang *zooxanthellae*. Sedangkan kandungan klorofil-a nya menyebar secara merata, bervariasi dan fluktuasi. Banyaknya kandungan klorofil-

a yang ada di semua perairan dan TSS nya tinggi, akan menyebabkan kematian secara total terhadap makhluk hidup di dalam perairan. Data citra dapat digunakan untuk memetakan pola sebaran TSS dan kandungan klorofil-a di wilayah perairan Teluk Jakarta.

*Kata kunci:* TSS; Kandungan Klorofil-a; Satelit MODIS AQUA-L3SMI; Satelit Sentinel 2 TOA reflectance data; Perairan Teluk Jakarta

## PENDAHULUAN

Teluk Jakarta adalah sebuah teluk di perairan laut Jawa yang terletak di sebelah utara provinsi DKI Jakarta, Indonesia. Di teluk ini, bermuara 13 sungai yang membelah kota Jakarta. Teluk Jakarta yang luasnya sekitar 514 km<sup>2</sup>, ini merupakan wilayah perairan dangkal dengan kedalaman rata-rata mencapai 15 meter. Kepulauan Seribu yang terdiri atas 108 pulau adalah gugusan kepulauan yang berada di Teluk Jakarta.

Perairan Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu sangat dipengaruhi oleh air tawar yang mengalir dari beberapa sungai (Cisadane, Ciliwung, Citarum, Angke dan saluran Cengkareng). Sungai-sungai ini mengangkut dan menyumbang material Total Suspended Solid (TSS) dan sedimen serta limbah pencemar yang bersumber dari daratan. Perairan ini juga merupakan salah satu perairan yang penting yang terletak di sebelah utara kota Jakarta. Material dari daratan merupakan akibat pembangunan di kawasan pantai seperti pembukaan lahan untuk pemukiman, industri, pertanian dan konversi lahan pertanian menjadi lahan pertambakan.

Kualitas perairan Teluk Jakarta terus mengalami degradasi dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil pemantauan dan laporan BPLHD (2004-2005), kualitas perairan Teluk Jakarta telah tercemar cukup parah dari tahun ke tahun. Debit sungai berperan dalam perubahan kondisi kualitas perairan karena aliran sungai membawa partikel-partikel dari hulu menuju kehilir, salah satu partikel tersebut adalah Total Suspended Solid (TSS) (Burhanuddin, *dkk.*, 2013).

Sebaran TSS di perairan dipengaruhi oleh pasang surut, angin, arus laut, aktivitas manusia dan sebagainya (Jiya, *dkk.*, (2017) dalam Zulfikar dan

Kusratmoko, 20017). Daerah aliran sungai di DKI Jakarta merupakan bagian muka bumi yang relatif cepat berubah. Chen, *et al.*, (2007) dalam Zulfikar dan Kusratmoko (2017) mengatakan bahwa, pengaruh debit sungai ialah sebagai pemasok material sedimen ke hilir. Kadar TSS dan kekeruhan memiliki korelasi positif, yaitu semakin tinggi nilai TSS maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan (Arafah, *dkk.*, 2015). Akibat dari kekeruhan perairan menyebabkan menurunnya produktivitas biota air dan mengganggu ekosistem perairan. Seiring dengan desakan pertumbuhan penduduk yang sangat pesat di DKI Jakarta kebutuhan lahan juga ikut meningkat, sedangkan begitu sulit mendapatkan lahan untuk pengembangan Kota Jakarta menjadi sebuah permasalahan bagi Pemerintah DKI. Salah satu solusi yang dipilih oleh Pemerintah DKI Jakarta ialah membuat kebijakan untuk mengembangkan wilayah utara Jakarta. Kebijakan ini ditandai dengan terbentuknya program pemerintah dengan mereklamasi Teluk Jakarta.

TSS biasanya didapat dari lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) yang diterbangkan oleh angin dan selanjutnya pada waktu hujan, kedua jenis sedimen ini terbawa oleh aliran air dan masuk ke aliran sungai yang bermuara di laut (Selley, 1976 dalam Helfinas, 2005). Sedimen yang dibawa oleh aliran sungai akan diendapkan berupa sedimen pasir di mulut sungai dan di perairan lepas pantai (Postma, 1967; Raissa, 2013). TSS normal di dalam air di bawah 1 g/l (Rogers, 1990). Sedangkan menurut May, *et al.*, (2003), TSS normal kurang dari 0,07 g/l.

Banyaknya aktivitas manusia di sekitar perairan laut dapat menghasilkan limbah bahan pencemar masuk ke dalam perairan yang menyebabkan dampak negatif terhadap kondisi kehidupan

perairan laut salah satu contohnya yaitu pada wilayah perairan Teluk Jakarta yang dipenuhi berbagai aktivitas manusia maupun kegiatan industri dan menyebabkan masuknya limbah bahan pencemar ke dalam perairan, salah satunya adalah adanya peningkatan padatan tersuspensi yang merupakan salah satu bagian yang berperan dalam menentukan kualitas lingkungan perairan.

Fitriya, dkk., (2011) dalam Situmorang, dkk., (2021) mengatakan bahwa peningkatan konsentrasi material padatan tersuspensi akan menyebabkan terjadinya kekeruhan yang dapat mengganggu penetrasi cahaya masuk ke dalam perairan. Kurangnya intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan akibat tingginya padatan tersuspensi akan menghambat pertumbuhan fitoplankton.

Tingginya konsentrasi padatan tersuspensi pada perairan menyebabkan permukaan perairan tertutupi oleh padatan tersuspensi sehingga sulitnya penetrasi cahaya masuk ke dalam perairan dan mengakibatkan klorofil pada perairan tersebut rendah, sehingga proses fotosintesis pada perairan tersebut juga terhambat. Padatan tersuspensi juga berdampak negatif terhadap ekosistem perairan,

Pemantauan padatan tersuspensi perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas air pada lingkungan, semakin tinggi tingkat konsentrasi padatan tersuspensi menyebabkan penurunan produktivitas primer, karena adanya penutupan (block) penetrasi cahaya ke air dan mengganggu proses fotosintesis (Effendi, 2000 dalam Situmorang, dkk., (2021)).

Distribusi klorofil-a dan total suspended solid (TSS) dapat diestimasi melalui teknologi google earth engine clouds (GEE) dengan memanfaatkan penginderaan jauh, seperti dari citra satelit Sentinel-2 TOA dan MODIS-Aqua L3SMI. Teknologi penginderaan jauh dapat menganalisis hasil perekaman karakteristik spektral air dengan parameter-parameter kualitas air. Teknologi penginderaan jauh menggunakan citra satelit menawarkan

berbagai kemudahan untuk mendapatkan data kesuburan dan pencemaran air dibandingkan dengan menggunakan uji laboratorium yang lebih rumit dan memerlukan biaya yang mahal. Salah satu manfaat dari penggunaan teknologi penginderaan jauh adalah daerah cakupan yang luas, memiliki cara pemrosesan yang tidak rumit dan biaya yang cukup murah.

## METODE

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Desember 2023. Jangka waktu tersebut meliputi pengambilan data, analisis dan pengolahan data, serta penyusunan laporan akhir. Lokasi pengambilan data di sekitar Perairan Teluk Jakarta Provinsi Jakarta. Sebagaimana ditampilkan dalam peta lokasi Gambar 1, untuk pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium SIG Program Studi Manajemen Pengelolaan Sumber Daya Perairan Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar.

### Metode dan Alat

#### Data

Sumber data citra satelit Modis Aqua (L3SMI) diperoleh dari NASA diunduh melalui situs <https://earthengine.google.com/>.

#### Peralatan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditabulasikan pada Tabel 1.

### Metode Pengolahan Data

Pengolahan citra MODIS AQUA (L3SMI) dalam analisis TSS dan kandungan klorofil-a menggunakan GEE (*Google Earth Engine*) Cloud terbagi menjadi beberapa proses yakni mencari Indonesia pada *Search Places and Datasets*, mengambil *Collection Snippet*, resampling (koreksi geometrik), masking (memisahkan daratan dan lautan), *reclassify* dan visualisasi dalam bentuk peta.

1. Cari Indonesia pada *Search Places and Datasets*.

Buat ROI berupa kotak (*draw a rectangle*) di atas Negara Indonesia, ubah *'geometry'* menjadi *'roi'*.

2. Mengambil *Collection Snippet*

Pengambilan *Collection Snippet* merupakan tahap awal dalam melakukan pengolahan citra. Proses *Collection Snippet* dimulai dengan mengimport atau mengcopy

“*ee.ImageCollection('NASA/OCEANDATA/MODIS-Aqua/L3SMI')*” dan

“*ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2\_S R')*” ke dalam script di <https://code.earthengine.google.com/>.

3. *Filtering*

Penyaringan data yang akan diperoleh dilakukan menggunakan periode tanggal pengamatan. Untuk memperoleh data, harus dimasukkan tanggal awal dan tanggal akhir pengamatan yang akan diteliti (Gambar 2 dan 3).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 1. Alat dan Bahan yang digunakan pada saat pengolahan data.

Bahan	Fungsi
Data in situ TSS dan Klorofil-A	Data sekunder (9 stasiun)
Citra Satelit Modis Aqua-L3SMI dan Sentinel 2 TOA reflectance data	Data Primer
Curah Hujan	Data Sekunder
Perangkat Analisis Data	Fungsi
Laptop	Analisis Data
Ms. Excel 2016	Pengolahan dan perhitungan data
ArcGis 10.5	Visualiasi peta

```

spl sibolga 2019_2
GetLink
Save
Run
Reset
Apps

Imports (1 entry)
var roi: Polygon, 4 vertices
1 var dataset = ee.ImageCollection('NASA/OCEANDATA/MODIS-Aqua/L3SMI')
2 .filterDate('2019-01-01', '2019-12-31')
3 .map(function(dataset){return dataset.clip(roi)});
    
```

Gambar 2. Pengambilan data yang dipilih dan nilai tengah dari kumpulan tsb.

```

4 var remoteSensingReflectance =
5   dataset.select(['sst']).median();
6 var remoteSensingReflectanceVis = {
7   min: -2,
8   max: 40,
9   palette: ['040274', '040281', '8502a3', '8502b8', '0502cc', '0502e6',
10  '0602ff', '235cb1', '307ef3', '2090d1', '30c0e2', '3293cf',
11  '30a285', '3ff3bf', '06e26f', '3aa237', 'b9e22a', 'd9e21f',
12  'fff795', 'ffe611', 'ffb613', 'ffa613', 'ffa600', 'ff5900',
13  'ff0000', 'da0101', 'c21901', 'a71901', '811901']
14 };
15
16 Map.centerObject(roi, 4);
17 Map.addLayer(
18   remoteSensingReflectance, remoteSensingReflectanceVis,
19   'MODIS SST 2019');
    
```

Gambar 3. Kumpulan image (*image collection*) hasil pengambilan tersebut disimpan dalam variabel *dataset*

4. Mengambil Nilai TSS dan klorofil-a

Mengambil nilai band 'tss' maupun 'chlorophyll-a' dari masing-masing kumpulan image di variabel dataset, dan kemudian diambil nilai median menjadi nilai suhu permukaan laut dan klorofil-a yang disimpan dalam variabel *remoteSensingReflectance*. Nilai dari band 'tss' maupun 'chlorophyll-a' merupakan sudah merupakan nilai reflektan.

Hasil pengambilan nilai suhu permukaan laut dan klorofil-a kemudian ditampilkan pada monitor dengan menetapkan parameter visualisasi "*remoteSensingReflectanceVis*".

5. Menampilkan peta TSS dan klorofil-a

6. Ekspor Peta ke Google Drive

Memindahkan hasil data berupa peta dengan cara mengekspor peta ke *google drive*. Lalu, peta hasil ekspor (\*.tiff) dipindahkan ke ArcGIS untuk melihat hasil data TSS dan klorofil-a yang diperoleh.

```

spi sibolga 2019_2
- Imports (1 entry)
+ var roi: Polygon, 4 vertices
1 var dataset = ee.ImageCollection("MODIS/CDR/MODIS_0001/0001")
2   .filterDate("2019-01-01", "2019-12-31")
3   .select(["tss", "chlora"])
4 var remoteSensingReflectance =
5   dataset.select(["tss", "chlora"])
6   .select(["tss", "chlora"])
7   .median()
8   .select(["tss", "chlora"])
9   .select(["tss", "chlora"])
10  .select(["tss", "chlora"])
11  .select(["tss", "chlora"])
12  .select(["tss", "chlora"])
13  .select(["tss", "chlora"])
14  .select(["tss", "chlora"])
15  .select(["tss", "chlora"])
16  .select(["tss", "chlora"])
17  .select(["tss", "chlora"])
18  .select(["tss", "chlora"])
19  .select(["tss", "chlora"])

```

```

spi sibolga 2019_2
20
21 var palette = ['blue', 'yellow', 'red', 'brown']
22
23 //print(maxSST)
24
25 var vizSST = {
26   min: 10,
27   max: 40,
28   palette: palette
29 }
30
31 function createColorBar(titleText, palette, min, max) {
32   // Legend Title
33   var title = ui.Label({
34     value: titleText,
35     style: {fontWeight: 'bold', textAlign: 'center', stretch: 'horizontal'}}
36   // Colorbar
37   var legend = ui.Thumbnail({
38     image: ee.Image.pixelColorBar(),
39     params: {
40       min: min,
41       max: max,
42       dimensions: "200x20",
43       format: 'png',
44       min: 0, max: 1,
45       palette: palette,

```

The screenshot shows the Google Earth Engine interface. The code editor on the left contains the following code:

```

45 palette: palette,
46 style: {stretch: 'horizontal', margin: '8px 6px', maxHeight: '40px'},
47 });
48
49 // Legend Labels
50 var labels = ui.Panel({
51   widgets: [
52     ui.Label({min, [margin: '4px 10px', textAlign: 'left', stretch: 'horizontal']},
53     ui.Label({minmax}), [margin: '4px 20px', textAlign: 'center', stretch: 'horizontal']},
54     ui.Label({max, [margin: '4px 10px', textAlign: 'right', stretch: 'horizontal']},
55     layout: ui.Panel.Layout.flow('horizontal')});
56
57 // Create a panel with all 3 widgets
58 var legendPanel = ui.Panel({
59   widgets: [title, legend, labels],
60   style: {position: 'bottom-left', padding: '8px 15px'}
61 });
62 return legendPanel
63
64 // Call the function to create a colorbar legend
65 var colorBar = createColorBar('Sea Surface Temperature / SST - celcius', palette, 20, 40)
66
67 // Layang peta2
68 Map.centerObject(roi, 12);
69 //Map.addLayer(ndt1, [], 'NDT1');
70 //Map.addLayer(ndw1, [], 'NDWI');
71 Map.add(colorBar)
72
73 // Export image to Drive
74 Export.image.toDrive({
75   image: remoteSensingReflectance,
76   description: 'Export_MODIS_SST_2019_Sibolga',
77   scale: 100,
78   region: roi
79 })

```

The task manager on the right shows a list of tasks:

- Export\_MODIS\_SS\_2019\_Sibolga (RUN)
- Export\_MODIS\_Chlor\_a\_2019\_Sibolga (5m)
- Export\_MODIS\_SS\_2019\_Sibolga (3m)
- Export\_MODIS\_SS\_2019\_Sibolga (<1m)
- Export\_MODIS\_SS\_2019\_Sumatera (<1m)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### 1. Curah Hujan

Curah hujan adalah air yang dilepaskan dari awan sebagai hujan, salju, atau hujan es. Curah hujan dimulai setelah uap air, yang telah mengembun di atmosfer menjadi terlalu berat untuk tetap berada di arus udara atmosfer dan jatuh. Adapun tahapan proses terjadinya hujan:

##### a). Evaporasi

Evaporasi adalah proses mengubah air yang berwujud cair menjadi air dalam wujud gas (penguapan). Hal ini memungkinkan gas tersebut naik ke atas atmosfer bumi. Semakin tinggi panas matahari, maka semakin banyak jumlah air yang menjadi uap air dan naik ke atmosfer bumi.

##### b). Transpirasi

Tahap lainnya adalah penguapan air. Penguapan air tidak hanya terjadi di tanah, tetapi juga berlangsung di jaringan makhluk hidup. Pada dasarnya, prinsip kerja transpirasi dengan evaporasi hampir sama. Keduanya mengubah air menjadi uap air yang naik ke atas atmosfer.

Transpirasi adalah proses penguapan pada tumbuhan ketika melakukan pernapasan. Akan tetapi, jumlah air yang menjadi uap melalui transpirasi umumnya jauh lebih sedikit dibandingkan uap air yang dihasilkan melalui evaporasi.

##### c). Kondensasi

Selanjutnya, uap air mengalami kondensasi atau pengembunan berupa wujud partikel-partikel es. Perubahan wujud terjadi karena pengaruh suhu udara yang sangat rendah saat di ketinggian tersebut. Partikel-partikel es tersebut kemudian terbentuk menjadi awan jenuh yang selanjutnya akan menjadi permulaan proses terjadinya hujan.

##### d). Presipitasi (hujan)

Tahapan inilah menjadi tahap terjadinya hujan. Pasalnya, pada tahapan ini awan-awan jenuh yang berisi titik-titik air di atmosfer bertambah dingin. Hal tersebut membuat awan semakin berat, hingga akhirnya titik-titik air yang dikandungnya turun ke permukaan bumi. Peristiwa jatuhnya titik-titik air dari atmosfer ke permukaan bumi inilah yang dinamakan hujan. Bila suhu yang ada di sekitar kurang dari 0 °C, kemungkinan akan terjadi hujan salju atau es. Air hujan yang sudah jatuh ke tanah, sebagian akan meresap ke dalam tanah sebagai air tanah. Sebagian lagi mengalir ke danau atau sungai yang kemudian mengalir ke laut

Fenomena curah hujan yang terjadi di perairan Teluk Jakarta selama 6 bulan dapat dilihat dalam Tabel 2. Proses alamiah ini terjadi akibat uap air yang disimpan terlalu banyak sehingga awan tidak dapat menampung uap air dan jatuh ke bumi.

Tabel 4. Analisis Faktor IFAS dan EFAS

Bulan	Curah Hujan di Stasiun Kemayoran Menurut Bulan (mm)		
	2019	2020	2021
Januari	383.9	618.0	332.8
Februari	270.1	1043.2	604.4
Maret	327.3	220.7	244.1
April	194.6	182.8	213.9
Mei	47.8	50.4	203.6
Juni	23.1	21.1	79.1
Juli	0.0	12.1	35.8
Agustus	0.0	101.0	79.7
September	1.0	151.9	113.4
Oktober	1.0	208.3	182.1
November	50.1	87.3	134.1
Desember	263.8	134.7	171.6

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

(<https://jakarta.bps.go.id/indicator/151/373/1/curah-hujan-di-stasiun-kemayoran-menurut-bulan.html>).

## 2. Total Suspended Solids (TSS)

Analisis citra Modis Aqua-L3SMI dan Sentinel-2 TOA *reflectance data* yang menggunakan GEE Cloud dapat dilihat pada Gambar 4-8. Analisis citra Modis Aqua-L3SMI dan Sentinel-2 TOA *reflectance data* tidak memerlukan koreksi radiometrik karena nilai dari citra sudah merupakan nilai reflektan. Analisis geometrik juga tidak diperlukan karena kajian ini hanya berfokus pada nilai reflektansi citra. Citra yang digunakan adalah citra Modis Aqua-L3SMI dan Sentinel-2 TOA *reflectance data* dengan tanggal perekaman pada saat curah hujan pada Tahun 2021.

Pada tanggal 1-30 April 2021, diperoleh bahwa sebaran TSS menyebar secara merata dan bervariasi, lebih didominasi baik di pinggiran pantai perairan Jakarta sampai dengan arah utara perairan Teluk Jakarta dengan nilai 0-50 mg/l, artinya tercemar ringan, sedangkan di beberapa daerah/tempat adalah tercemar berat sebesar 60-120 mg/l, curah hujan di bulan April 2021 sebesar 213,9 mm. (Gambar 4)

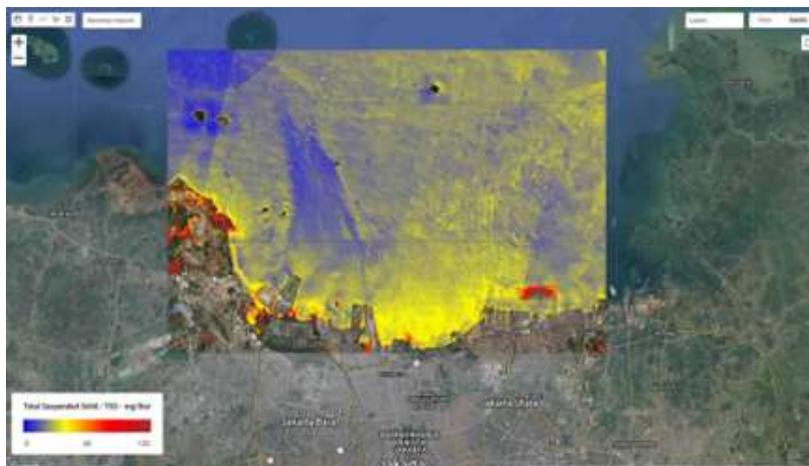
Pada tanggal 1-31 Mei 2021, sebaran *total suspended solids* (TSS) di perairan Teluk Jakarta tidak terlalu signifikan atau berfluktuasi, yaitu 0-120 mg/l. TSS didominasi di sebelah selatan dan timur daerah pinggiran pantai Teluk Jakarta dan beberapa pinggiran pantai Teluk Jakarta sebesar 60-120 mg/l, artinya tercemar berat, dan TSS tercemar ringan di sebelah

utara perairan Teluk Jakarta, yaitu 0-50 mg/l dimana curah hujan sebesar 203,6 mm. (Gambar 5).

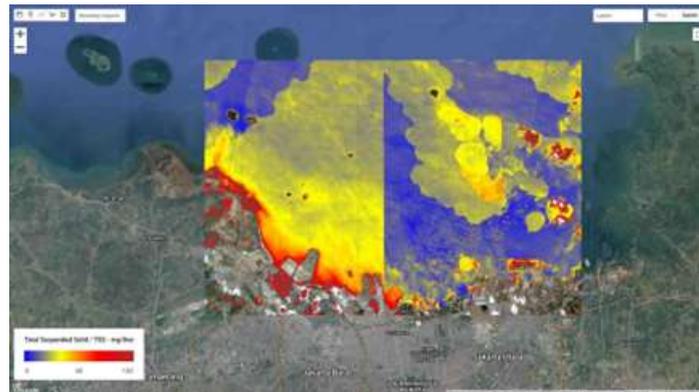
Pada tanggal 1-30 Juni 2021, sebaran *total suspended solids* (TSS) di perairan Teluk Jakarta sangat signifikan atau bervariasi ke arah utara perairan Teluk Jakarta, yaitu tercemar ringan dengan nilai sebesar 0-50 mg/l, sedangkan di beberapa pinggiran pantai Teluk Jakarta tercemar berat, sebesar 60-120 mg/l. Curah hujan terjadi sebesar 79,1 mm. (Gambar 6)

Pada tanggal 1-31 Juli 2021, sebaran *total suspended solids* (TSS) di perairan Teluk Jakarta lebih bervariasi, yaitu berkisar antara 0-120 mg/l. TSS didominasi oleh tercemar ringan, yaitu 0-50 mg/l dan penyebaran TSS tercemar di beberapa daerah pinggiran pantai Teluk Jakarta sebesar 120 mg/l. TSS minimum yang diperoleh sebesar 0-50 mg/l yang tersebar di perairan utara Teluk Jakarta dan beberapa daerah di pinggiran pantai, sedangkan TSS maksimumnya sebesar 60-120 mg/l yang terdapat hanya pada beberapa daerah di perairan pantai Teluk Jakarta (Gambar 7).

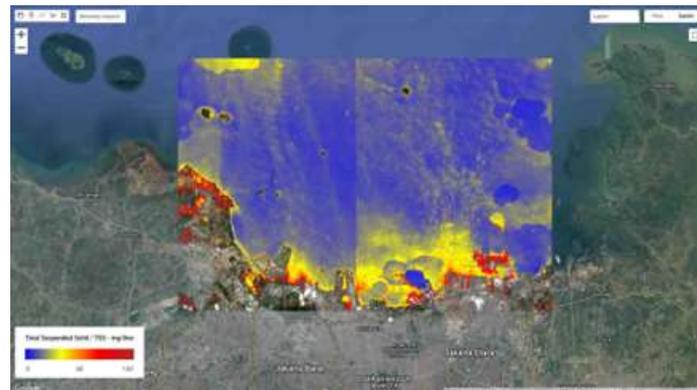
Pada tanggal 1-31 Agustus 2021, sebaran *total suspended solids* (TSS) di perairan Teluk Jakarta lebih homogen, yaitu berkisar antara 50-120 mg/l. Sebaran TSS didominasi tercemar berat di beberapa daerah pinggiran pantai Teluk Jakarta sebesar 60-120 mg/l, dan tercemar ringan merata ke seluruh perairan Teluk Jakarta sebesar 50 mg/l. (Gambar 8).



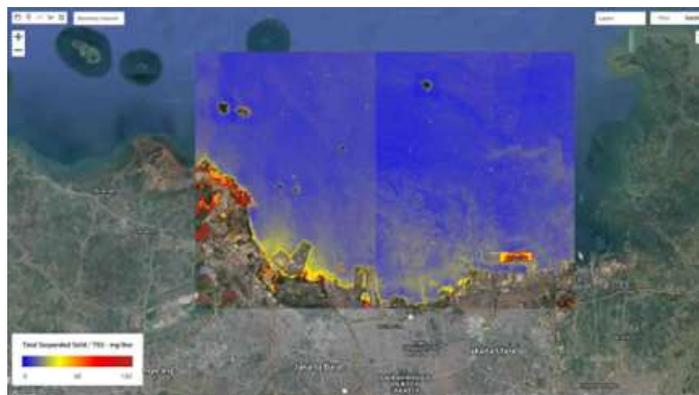
Gambar 4. Sebaran TSS 1-30 April 2021



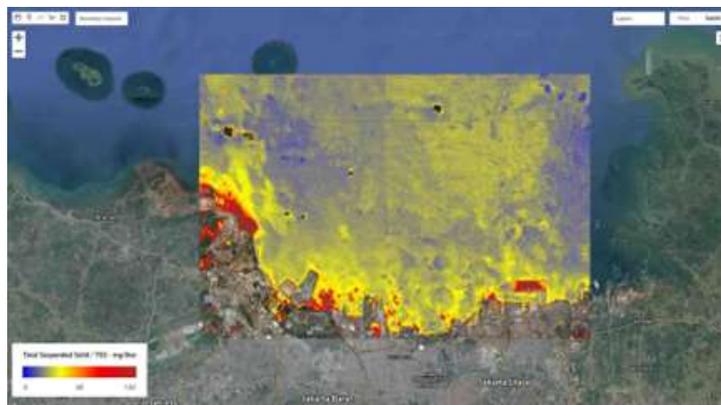
Gambar 5. Sebaran TSS 1-31 Mei 2021



Gambar 6. Sebaran TSS 1-30 Juni 2021



Gambar 7. Sebaran TSS 1-31 Juli 2021.



Gambar 8. Sebaran TSS 1-31 Agustus 2021.

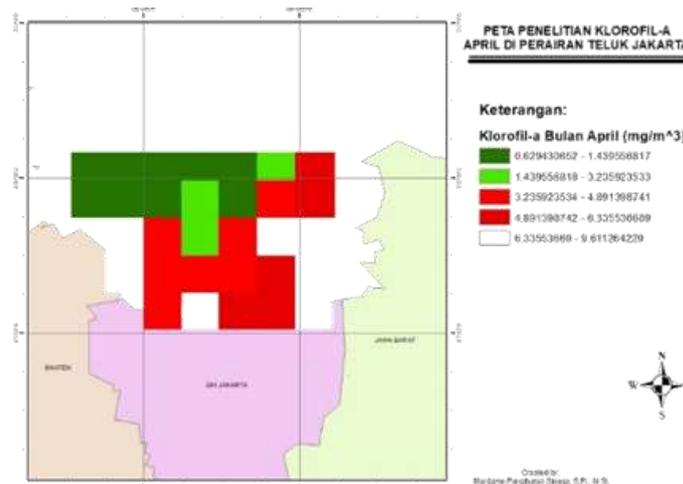
3. Klorofil-a

Pada tanggal 1-30 April 2021, sebaran klorofil-a di perairan Teluk Jakarta lebih bervariasi, yaitu berkisar antara 0-9 mg/m<sup>3</sup>. Sebaran klorofil-a sangat sedikit diperoleh untuk beberapa tempat di perairan Teluk Jakarta sebesar 0-3 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan sebaran klorofil-a di sebagian besar tempat sampai ke pinggiran pantai perairan Teluk Jakarta nilai klorofil-a sangat besar, yakni antara 3-9 mg/m<sup>3</sup>, artinya tidak ada klorofil-a. (Gambar 9).

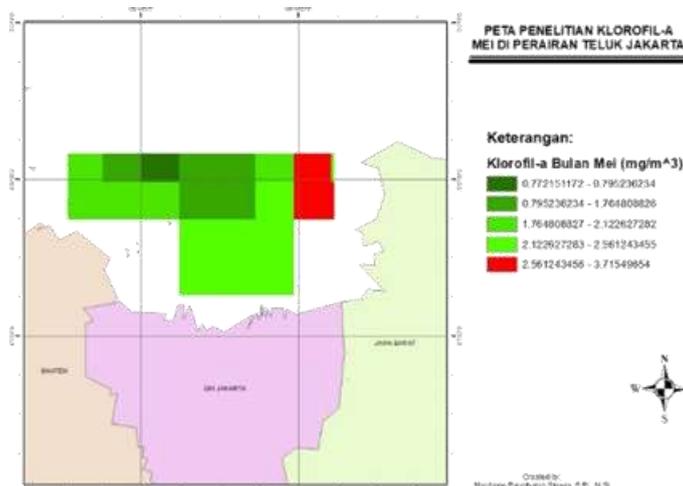
Sebaran klorofil-a untuk bulan Mei berkisar antara 0-3 mg/m<sup>3</sup>. Jumlah klorofil-a menyebar secara merata di perairan Teluk Jakarta sebesar 0-2 mg/m<sup>3</sup>, kecuali sebaran klorofil-a tertinggi di sekitaran titik koordinat 106° 55' 20" E dan 5° 57' 20" S sebesar 2-3 mg/m<sup>3</sup>.(Gambar 10).

Tingkat konsentrasi klorofil-a untuk bulan Juni 2021 di perairan Teluk Jakarta, yaitu berkisar antara 1-3 mg/m<sup>3</sup>. Sebaran klorofil-a menyebar secara merata di beberapa daerah perairan saja yang memiliki nilai konsentrasi klorofil-a antara 1-2,7 mg/m<sup>3</sup>, karena ada sebaran klorofil-a sedang dengan nilai antara 2,7-3,0 mg/m<sup>3</sup>. (Gambar 11).

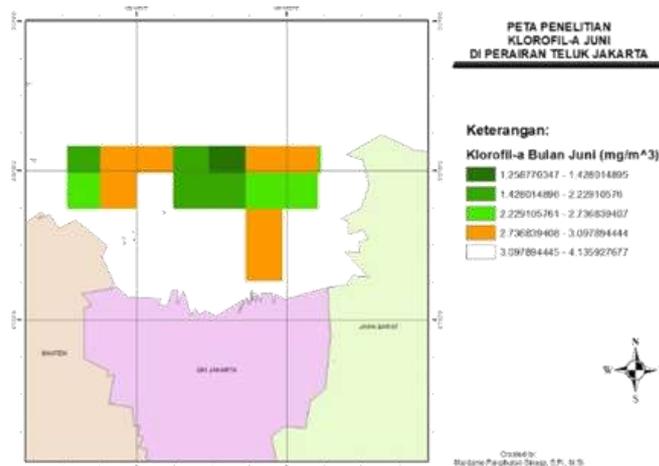
Pada tanggal 1-31 Agustus 2021 memiliki konsentrasi klorofil-a tertinggi di perairan Teluk Jakarta, yaitu berkisar antara 0-2,8 mg/m<sup>3</sup>. Klorofil-a dominan berkisar antara 0,6-2,8 mg/m<sup>3</sup> tersebar di beberapa tempat di perairan Teluk Jakarta, dan klorofil-a minimum terdapat di sekitaran titik koordinat 106° 55' 20" E dan 6° 7' 40" S, yaitu sebesar 2,8-6,3 mg/m<sup>3</sup>. (Gambar 12)



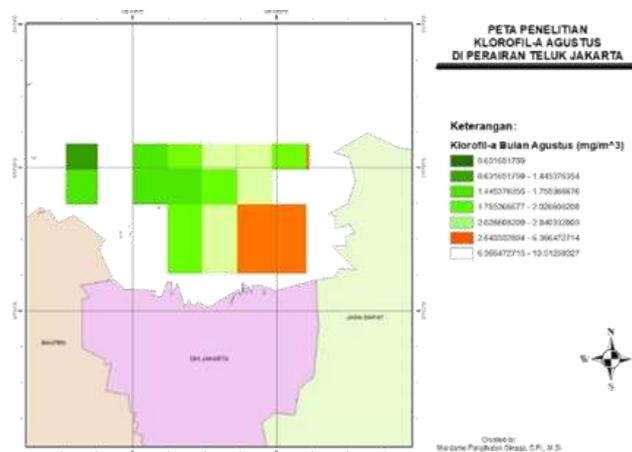
Gambar 9. Kandungan Klorofil-a 1-30 April 2021.



Gambar 10. Kandungan Klorofil-a 1-31 Mei 2021



Gambar 11. Kandungan Klorofil-a 1-30 Juni 2021



Gambar 12. Kandungan Klorofil-a 1-31 Agustus 2021

Hasil dan pembahasan yang dicantumkan adalah hasil-hasil dalam temuan penelitian yang dijelaskan secara saintifik yang ditunjang dengan literatur yang memadai atau literatur terbaru. Hasil dari penelitian haruslah menjawab hipotesis penelitian pada bagian pendahuluan.

### Pembahasan

Sebaran TSS selama 5 bulan dari bulan April sampai dengan Agustus 2021 terlihat sangat bervariasi karena pengaruh dari curah hujan yang berbeda-beda, menyebabkan pencemaran menyebar secara merata ke seluruh perairan sampai ke pinggiran pantai. Sedangkan untuk klorofil-a dari bulan April sampai dengan Agustus 2021 juga menyebar secara merata ke seluruh perairan dimana curah hujan yang terjadi berbeda-beda. Dengan adanya curah hujan berbeda-beda, menyebabkan tingkat penyebaran awan

pun berbeda-beda, menyebabkan klorofil-a di bulan Juli tidak ada.

Sebaran TSS tinggi di bulan April, Mei dan Agustus 2021, yaitu sebesar akibat suplai dari sungai-sungai yang bermuara di Teluk Jakarta, aktivitas manusia, pasang-surut, curah hujan tinggi, reklamasi pantai, dan lain-lain, sedangkan TSS rendah untuk bulan Juni dan Juli ditemukan di lokasi yang jauh dari garis pantai. Hal ini sesuai dengan pendapat [14] dalam [46] yang menyatakan bahwa, penyebab tingginya TSS salah satunya dipengaruhi oleh asupan material dari daratan yang terbawa melalui aliran sungai. Sedangkan rendahnya nilai ini pada daerah transportasi Pelabuhan Nusantara, daerah mulut teluk, daerah mulut teluk bagian tengah, dan daerah daerah mulut teluk di bawah Jembatan Talia dikarenakan pola

kandungan TSS akan semakin rendah seiring ke arah laut.

Selain itu, di bulan April dan Mei 2021, curah hujan sangat tinggi yang menyebabkan pasang-surut juga tinggi. Hal ini terjadi karena kondisi pasang-surut mempengaruhi luas sebaran TSS di perairan, ketika kondisi perairan pasang menyebabkan semakin tinggi luas sebaran TSS, sebab pengaruh masuknya air laut ke dalam muara sungai akibat kondisi pasang dan begitu juga sebaliknya ketika kondisi surut. Ketika kondisi pasang terjadi proses transportasi air dari laut menuju perairan pantai dan ketika kondisi surut terjadi proses transportasi air dari perairan pantai ke laut lepas.

Parameter TSS mempunyai peranan penting bagi kehidupan di laut seperti karang jenis *zooxanthellae* dan akan menyebabkan kematian. Menurut Junjie, et al., (2014) dalam Rizka, dkk., (2020), peningkatan endapan sedimen dapat menyebabkan kematian karang, secara tidak langsung sedimen yang tersuspensi dapat menghalangi masuknya penetrasi sinar matahari yang dibutuhkan untuk fotosintesis alga simbiosis karang *zooxanthellae*. Apabila jumlah sedimen cukup tinggi dan melebihi batas kemampuan polip karang untuk beradaptasi, maka akan terjadi kematian dan penurunan penutupan terumbu karang. Dari uraian di atas dapat dikatakan bahwa sedimentasi baik yang terdeposit maupun yang tersuspensi akan berpengaruh terhadap struktur komunitas terumbu karang.

Nilai klorofil-a yang tinggi pada bulan Mei dan Agustus 2021 diduga tinggi akibat dari proses kegiatan manusia yang memanfaatkan muara sungai sebagai pusat aktifitas manusia seperti tempat pelelangan ikan, dermaga bongkar muat ikan dan saluran pembuangan limbah rumah tangga. Kegiatan tersebut menyebabkan buangan limbah organik, dimana merupakan sumber dari bahan nutrisi sebagai akibat dari degradasi yang dilakukan oleh mikroba. Sungai sebagai media perairan untuk pembuangan limbah akan menyebabkan berkumpulnya bahan

organik dari limbah tersebut yang merupakan penyumbang unsur nutrisi bagi perairan (Dahuri, et al., 1996 dalam Nugraheni, dkk., 2022).

Sebaran konsentrasi klorofil-a tinggi di perairan pantai sebagai akibat tingginya nutrisi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai dan sebaliknya cenderung lebih rendah di perairan lepas pantai. Meskipun pada beberapa tempat di laut masih ditemukan konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi. Keadaan tersebut disebabkan oleh adanya proses sirkulasi massa air yang memungkinkan terangkutnya sejumlah nutrisi dari tempat lain (Hutabarat, 1986 dalam Irman, dkk., 2017).

Pada bulan Mei 2021, sebaran klorofil-a menyebar hampir merata ke seluruh perairan Teluk Jakarta, yaitu dari nilai 0,77-2,56 mg/m<sup>3</sup>. Sama halnya penyebaran klorofil-a hampir merata untuk bulan Agustus 2021, yaitu dari nilai 0,63-2,84 mg/m<sup>3</sup>. Menurut Hakanson & Bryann (2008) dalam Marlian, dkk., (2015), tingkat kesuburan perairan berdasarkan kisaran hasil klorofil-a termasuk perairan eutrofik yang berkisar 0,006-0,02 mg/l. Fenomena tersebut diduga disebabkan adanya aliran sungai-sungai kecil dan besar yang bermuara di sepanjang kota Jakarta, Tangerang dekat ke pinggiran pantai Jakarta yang mengarah ke Teluk Jakarta. Aliran sungai ini diduga menyumbang nutrisi yang dibutuhkan fitoplankton untuk berfotosintesis. Hal ini didukung oleh (Dewanto, dkk., 2015), di perairan Kecamatan Tugu dinyatakan bahwa nilai kandungan klorofil-a di perairan tersebut menunjukkan kisaran 0,4076-4,1892 mg/m<sup>3</sup>. Pada daerah tersebut, persebaran klorofil-a secara horizontal dipengaruhi oleh kandungan nutrisi (fosfat dan nitrat), dan terkait erat dengan proses fotosintesis.

Sebaran klorofil-a pada bulan April dan Juni 2021 sangat rendah dan sedikit, karena tidak adanya masukan nutrisi dari daratan menuju laut, curah hujan tinggi dan sedang, pasang surut perairan laut. Menurut Sihombing, dkk., (2013), konsentrasi klorofil-a lebih banyak ditemukan pada lapisan permukaan yang

berada dekat dengan daratan dimana semakin menuju laut maka konsentrasi klorofil-a semakin rendah karena daratan banyak memberi masukan nutrisi ke dalam perairan. Hal ini sejalan dengan pendapat Rasyid (2009) dalam Situmorang, *dkk.*, (2021) menjelaskan bahwa, rendahnya nilai konsentrasi klorofil-a pada perairan laut lepas dikarenakan tidak adanya masukan nutrisi dari daratan secara langsung. Kandungan klorofil-a lebih banyak ditemukan pada lapisan permukaan yang berada dekat daratan dimana semakin menuju laut maka kandungan klorofil-a semakin rendah.

Nilai konsentrasi ini dilihat dari tinggi dan rendahnya pola persebaran klorofil-a ini dapat disebabkan oleh adanya pengaruh aktivitas manusia, limbah domestik, dan industri, dan lain-lain, sehingga perairan ini timbul terjadinya kekeruhan dan dapat dikatakan perairan yang tercemar. Hal ini disebabkan juga posisi Teluk Jakarta sebagai penghubung laut Jawa dengan laut Sumatera untuk jalur penyeberangan kapal-kapal besar. Menurut Marlian, *dkk.*, (2015), sebaran tinggi dan rendahnya konsentrasi dari klorofil-a sangat berpengaruh dengan adanya kondisi oseanografis juga pada perairan. Ditambah dengan pendapat Sihombing, *dkk.*, (2013) mengatakan bahwa, penyebab terjadinya tinggi rendahnya kandungan klorofil adalah pasokan nutrisi yang berasal dari darat melalui aliran sungai-sungai yang mengalir ke arah laut.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan satelit MODIS AQUA L3SMI dan Sentinel 2 TOA reflectance data didapatkan dampak penyebaran TSS dan kandungan klorofil-a terhadap kesuburan perairan di Teluk Jakarta adalah sangat berpengaruh. Tingginya penyebaran TSS di perairan Teluk Jakarta akan berakibatkan kematian makhluk hidup termasuk kematian terhadap terumbu karang, sama halnya dengan tingginya kandungan klorofil-a di perairan Teluk

Jakarta, dimana berakibatkan kematian terhadap makhluk hidup yang akan berfotosintesis maupun bernafas.

Kesuburan perairan dikatakan normal jika tingkat TSS dan kandungan klorofil-a rendah ataupun stabil sehingga kelangsungan hidup makhluk hidup di suatu perairan seperti di perairan Teluk Jakarta dapat berjalan dengan normal.

### Saran

Sebaiknya pemerintah setempat lebih memperhatikan kesehatan lingkungan sekitarnya dan tetap melanjutkan penelitian mengenai kesehatan lingkungan, begitu juga dengan masyarakat di sekitar pinggiran sungai maupun jauh dari pinggiran kota tetap memperhatikan kebersihan lingkungan terutama kebersihan air.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada pihak yang membantu secara finansial (sponsor resmi).

## DAFTAR PUSTAKA

- Arafah, F., Taufik, M, dan Jaelani, L. M. 2015. Analisis Parameter Kualitas Air Laut di Perairan Kabupaten Sumenep untuk Pembuat Peta Sebaran Potensi Ikan Pelagis (Studi Kasus: *Total Suspended Solid*), *Rekayasa Lingkungan*. ISSN 2301-6752. Surabaya: FTSP ITS.
- BPLHD 2004-2005. Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta tahun 2004-2005.
- Burhanuddin, O., Siswanto, A. D, dan Hidayah, Z. 2013. "Kajian Pengaruh Debit Sungai Terhadap Sebaran TSS di Muara Sungai Wonokromo dan Kebun Agung Surabaya, *Seminar Nasional: Menggagas Kebangkitan Komoditas Unggulan Lokal Pertanian dan Kelautan*. Madura: Universitas Trunojoyo Madura Press, 2013, pp. 637-644.
- Dewanto, W., Ismanto, A, dan Widianingsih. 2015. Analisis Sebaran Horizontal Klorofil-a di Perairan Tugu Semarang. *Jurnal Oseanografi*,

- UNDIP. Volume 4, Nomor 2, Tahun 2015: 366-378 hal.
- Helfinalis. 2005. Distribusi Suspensi Dan Sedimen Di Teluk Jakarta Dan Perairan Kepulauan Seribu. *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.)* VII (2): 128-134. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta. 128-134 Hal.
- Irman., Nurgayah, W, dan Irawati, N. 2017. Hubungan klorofil-a kaitannya dengan parameter fisika kimia di perairan desa Tanjung Tiram Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Sapa Laut*, November 2017. Vol. 2 (4): 97-102 hal.
- Jiya., Sudarsono, B, dan Sukmono, B. 2017. Studi Distribusi Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Pantai Kabupaten Demak menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi UNDIP*. 41-47 p.
- Marlian, N., Damar, A, dan Effendi, H. 2015. Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan di Teluk Meulaboh Aceh Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia.*, 20(3): 272-279 hal.
- May, C. L., Koseff, J. R., Lucas, L.V., Cloern, J. E, and Schoellhamer, D. H. 2003. Effects of Spatial and Temporal Variability of Turbidity on Phytoplankton Blooms. *Marine Ecology Progress Series*, 254, pp. 111-128.
- Nugraheni, A. D., Zainuri, M., Wirasatriya, A, dan Maslukah, L. 2022 Sebaran Klorofil-a secara Horizontal di Perairan Muara Sungai Jajar, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, Juni 2022, Vol. 11, No. 2: 221-230 hal.
- Postma, H. 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. *In: Estuaries*. G.H. Lauff (Ed.) Am. Ass. Adv. Sci., Washington, D. C, pp: 158-179.
- Raissa. 2013. Pemetaan Suhu Permukaan Laut menggunakan Citra NOAA-AVHRR dan AQUA-Terra MODIS di Perairan Selatan Jawa Timur. Laporan Kerja Praktik, Jurusan Teknik Kelautan/Oseanografi, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan-Universitas Hang Tuah, Surabaya. 57 hal.
- Rizka, R. F., Purnomo, P. W, dan Sabdaningsih, A. 2020. Pengaruh Total Suspended Solid (TSS) terhadap Densitas *Zooxanthellae* pada Karang *Acropora sp* dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Pasir Laut*, Vol. 4 No. 2, September 2020. 95-101 hal.
- Rogers, C. S. 1990. Respons of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Mar. Prog. Ser.* 62: 185-202.
- Sihombing, R. F., Aryawati, R, dan Hartoni. 2013. Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Maspari*, Vol. 5, No. 1, 34-112 hal.
- Situmorang, N. S., Rifardi, dan Siregar, Y. I. 2021. Analysis of Total Suspended Solid Distribution and Its Effect to The Fertility of Marine Waters Around Fish Auction Place (TPI) Dumai. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, Volume 2 No. 1, January 2021, *jocos.ejournal.unri.ac.id*: 36-42 pp.
- Zulfikar, A. A, dan Kusratmoko, E. 2017. Pola Sebaran Total Suspended Solid (TSS) di Teluk Jakarta Sebelum dan Sesudah Reklamasi. *Industri Research Workshop and National Seminar (IRONS)*, Politeknik Negeri Bandung, July 26-27, 2017, 496-502 pp.