

Analisis Perubahan Konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) *Multi Temporal* Pada Tahun 2017 – 2019 Dengan Menggunakan Citra Aqua MODIS (Studi Kasus: Perairan Pesisir Selat Madura)

Janwar Tri Putra Al Qurnia

Pembimbing I : Silvester Sari Sai, ST., MT. Dan Pembimbing II : Feny Arafah, ST., MT.

Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang

Jln. Bendungan Sigura-gura No.02 Malang 65145 (Kampus 1) dan Jln. Raya Karanglo Km.2 Malang 65145

(Kampus 2) e-mail: janwar.qurnia09@gmail.com dan janwar09@yahoo.com

Abstrak— Selat Madura adalah selat yang memisahkan Pulau Jawa dan Madura. Selat Madura juga merupakan salah satu prasarana sekaligus sarana penunjang perekonomian yang sangat penting bagi masyarakat Jawa Timur yang dimanfaatkan sebagai objek pariwisata, industri, dan transportasi. Selat Madura merupakan area pembuangan material lumpur Lapindo, tidak menutup kemungkinan bahwa dengan adanya aliran lumpur Lapindo mengakibatkan banyak endapan lumpur pada perairan pesisir Selat Madura tepatnya pada muara kali porong. TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanua (lumpur), bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga. Oleh karena itu metode penginderaan jauh dengan citra satelit dapat menjadi solusi dengan adanya potensi pada perairan Selat Madura untuk melakukan penelitian masalah TSS, Pemilihan Citra Aqua MODIS dilakukan karena Citra ini bergerak melintasi Indonesia setiap hari pada jam 13.30 WIB dan dapat diproses untuk hampir semua parameter darat, laut dan udara.

Data yang digunakan untuk mendapatkan perubahan konsentrasi TSS adalah data *In Situ*, hasil pengolahan citra Aqua MODIS. Data *In Situ* merupakan hasil pengambilan sampel berupa air laut yang selanjutnya dilakukan pengolahan di laboratorium. Proses pengolahan citra satelit Aqua MODIS menggunakan *Software ENVI*, dimana citra menggunakan algoritma *Guzman-Santaella* (2009).

Dari hasil pengolahan data dan analisis didapatkan nilai TSS Citra pada tahun 2017 dengan nilai 8.94 mg/l – 24.54 mg/l, tahun 2018 dengan nilai 11.12 mg/l – 20.55 mg/l, tahun 2019 dengan nilai 13.83 mg/l – 26.64 mg/l. Uji validasi tahun 2019 menghasilkan nilai dengan uji korelasi data lapangan TSS dengan data hasil olahan TSS citra Aqua MODIS menggunakan Algoritma *Guzman* dan *Santaella* (2009) mempunyai nilai koefisien korelasi *Normalized Mean Absolute Error* (NMAE) sebesar 27.778 % dan R^2 TSS sebesar 0.8771. Daerah yang mengalami dampak sebaran TSS tinggi adalah pada perairan pesisir muara Kali Porong dan yang mengalami dampak sebaran TSS sedang dan rendah terdapat pada perairan

pesisir Surabaya, Sidoarjo, Pasuruan dan Probolinggo. Dapat disimpulkan bahwa perubahan konsentrasi TSS tergolong rendah dibandingkan dari awal terjadinya pembuangan material lumpur karena dilihat dari acuan PERMENLH No.1 (2010) tentang pembagian kelas TSS bahwa kondisi konsentrasi TSS pada tahun 2017 – 2019 tergolong pada kelas rendah dengan nilai 0 – 100 mg/l. Hal ini dipengaruhi oleh faktor – faktor yang mempengaruhi seperti pasang surut, arus, angin dan gelombang, waktu pengambilan data.

Kata kunci : *Algoritma Guzman-Santaella* (2009), *Citra Aqua MODIS*, *Selat Madura*, *TSS*.

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki wilayah perairan laut yang sangat luas, terdiri dari wilayah perairan teritorial dengan luas sekitar 3,1 juta km² dan zona ekonomi eksklusif (ZEE) yang luasnya sekitar 2,7 juta km². Ini berarti bahwa Indonesia dapat memanfaatkan sumberdaya di perairan laut yang luasnya sekitar 5,8 juta km². Potensi sumberdaya ikan laut di seluruh perairan Indonesia diperkirakan sebesar 6,4 juta ton per tahun. Potensi tersebut diantaranya terdiri dari ikan pelagis besar sebesar 1,65 juta ton, ikan pelagis kecil sebesar 3,6 juta ton, dan ikan demarsal sebesar 1,36 juta ton. Nilai produksi tersebut memberikan indikasi bahwa tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan laut Indonesia baru mencapai 58,80%, dan sebagian besar merupakan ikan pelagis (Dahuri, 2003).

Selat Madura adalah selat yang memisahkan Pulau Jawa dan Madura. Jarak terdekat antara kedua pulau ini berada di ujung barat Pulau Madura (pantai barat Madura atau Kabupaten Bangkalan) dan di wilayah Kabupaten Gresik serta Kota Surabaya. Selat Madura juga merupakan salah satu prasarana sekaligus sarana penunjang perekonomian yang sangat penting bagi masyarakat Jawa Timur yang dimanfaatkan sebagai objek pariwisata, industri, dan transportasi. Salah satu industri milik PLN, yaitu PLTU Paiton, berada di pesisir selat ini, yakni di kecamatan Paiton, kabupaten Probolinggo dan merupakan salah satu pembangkit listrik terbesar di pulau Jawa. Objek – objek

wisata di pesisir selat Madura, diantaranya yang terkenal adalah pantai Kenjeran di Surabaya, pantai Bentar di kabupaten Probolinggo, dan pantai Pasir Putih di kabupaten Situbondo. Sarana transportasi laut adalah kapal feri, yang menghubungkan Selat Madura di dua jalur, yaitu jalur penghubung Pelabuhan (Surabaya) dengan Pelabuhan Kamal (Bangkalan, Madura), serta jalur penghubung Pelabuhan Kalianget (Sumenep, Madura) dengan Pelabuhan Jangkar (Situbondo, Jawa Timur). Sarana transportasi lainnya, yaitu Jembatan Suramadu merupakan sarana transportasi darat penghubung Jawa – Madura dan berdampak sangat besar terhadap perekonomian kedua pulau ini (Dahuri, 2003). Dengan banyaknya prasarana yang dimanfaatkan oleh masyarakat perairan pesisir Selat Madura sebagai objek pariwisata, industri, dan transportasi maka perairan pesisir Selat Madura bisa terpengaruh oleh lumpur, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga dari objek pariwisata, industri, dan transportasi yang dimanfaatkan oleh masyarakat setempat.

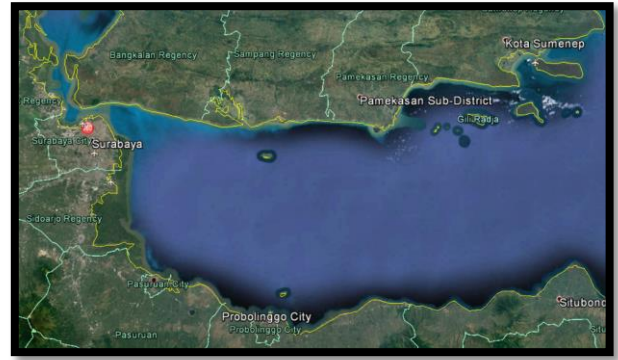
TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanua (lumpur), bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter ukuran 0.042 mm. Nilai konsentrasi TSS yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesa dan penambahan panas di permukaan air sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan air menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan – ikan menjadi mati. Oleh karena itu metode penginderaan jauh dengan citra satelit dapat menjadi solusi dengan adanya potensi pada perairan Selat Madura untuk melakukan penelitian masalah TSS, Pemilihan Citra Aqua MODIS dilakukan karena Citra ini bergerak melintasi Indonesia setiap hari pada jam 13.30 WIB dan dapat diproses untuk hampir semua parameter darat, laut dan udara.

Data penginderaan jauh yang digunakan adalah data multi temporal yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat sedimentasi yang ditunjukkan oleh tingkat kekeruhan air (*turbidity waters*), dan parameter - parameter yang lainnya. Dengan menggunakan data citra satelit multi temporal Aqua MODIS yang divalidasi dengan data sampel air laut di beberapa lokasi penelitian, diharapkan nantinya dapat memonitoring kondisi perubahan konsentrasi TSS di perairan pesisir Selat Madura pada tahun 2017, 2018 dan 2019.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian dari tugas akhir ini adalah kawasan perairan Selat Madura yang terletak secara geografis antara 6°55'16.71" - 7°38'57.20" LS dan 112°37'46.17" - 112°59'2.36" BT. Selat ini berada di sebelah timur provinsi Jawa Timur bagian utara, tepatnya di sebelah timur wilayah Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo, sebelah selatan pulau Madura dan sebelah utara wilayah Pasuruan-Situbondo.



Gambar 1. Lokasi penelitian TSS perairan pesisir Selat Madura (Sumber: Google Earth 2019)

B. Alat dan Data Penelitian

a. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a. Laptop
 - b. GPS navigasi/*handheld*
 - c. Perahu motor
 - d. Jam digital
 - e. Kamera digital
 - f. Botol sampel
 - g. Alat tulis
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. Sistem operasi Windows 10
 - b. *Microsoft Office 2013*
 - c. *Google Earth*
 - d. *ArcGIS 10.3*
 - e. *Software ENVI*

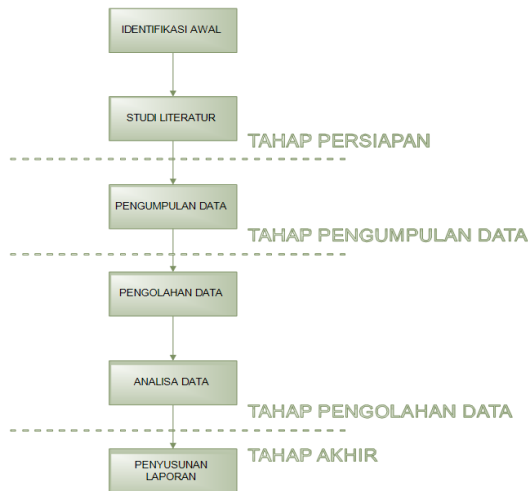
b. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Citra satelit Aqua MODIS multi temporal pada kawasan perairan pesisir Selat Madura yang diambil tanggal 30 April 2017, tanggal 30 April 2018 dan tanggal 03 Mei 2019.
2. Data nilai TSS di 15 titik pengamatan di lapangan. Data ini akan digunakan sebagai data untuk melakukan validasi dan analisis nilai TSS citra.
3. Peta RBI yang akan digunakan sebagai batasan administrasi dan pemotongan (*crop*) daerah penelitian.

C. Metode Penelitian

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir metode penelitian :

1) Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah:

a. Identifikasi Awal

Bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan. Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimanakah perubahan konsentrasi TSS yang terjadi pada perairan pesisir Selat Madura tahun 2017, 2018 dan 2019 menggunakan metode penginderaan jauh dengan citra satelit Aqua MODIS.

b. Studi Literatur

Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan perhitungan sedimentasi TSS menggunakan citra Aqua MODIS. Kemudian cara untuk mengklasifikasi citra Aqua MODIS untuk memisahkan daratan dan perairan dengan algoritma tertentu dan metode pengumpulan data di lapangan. Semua literatur dicari berdasarkan literatur yang mendukung, baik dari buku, jurnal/paper penelitian sebelumnya, makalah ilmiah, internet, dan lain sebagainya.

2) Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mencari data – data yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian tugas akhir ini. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain citra Aqua MODIS multi temporal pada kawasan perairan pesisir Selat Madura tahun 2017, 2018 dan 2019 dan data nilai TSS di 15 titik pengamatan lapangan.

3) Tahap Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data yang telah diperoleh dan data penunjang lainnya.

4) Tahap Analisis

Data yang telah diolah kemudian dianalisis hingga menjadi peta perubahan konsentrasi TSS di perairan pesisir Selat Madura.

5) Tahap Akhir

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari proses penelitian ini sebagai laporan dari penelitian ini

yang dilakukan dan disertai dokumentasi dari pelaksanaan penelitian.

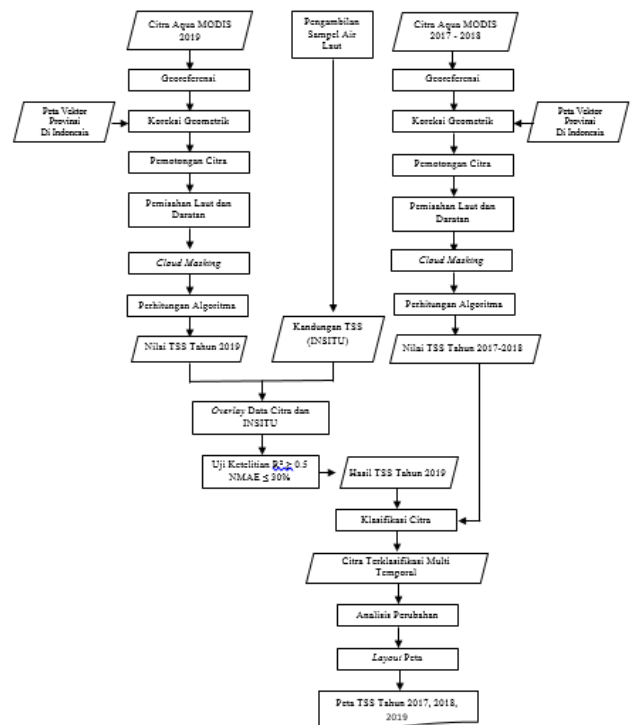
D. Tahapan Pengolahan Data

Penerapan Algoritma Guzman & Santaella (2009)

Pada perhitungan nilai TSS yang pertama akan digunakan Algoritma dari penelitian Guzman-Santaella tahun (2009). Algoritma ini menggunakan nilai reflektan MODIS band 1 (620 - 670 nm) dikarenakan panjang gelombang tersebut memberikan nilai reflektan yang baik untuk TSS. Rumus algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$TSS \text{ (mg/l)} = 602.63 * (0.0007e^{47.755 \times \text{MODIS BAND 1}}) + 3.1481$$

Tahap yang dilakukan dalam Pengolahan Data:



Gambar 3. Diagram Alir Pengolahan Data

III. HASIL DAN ANALISIS

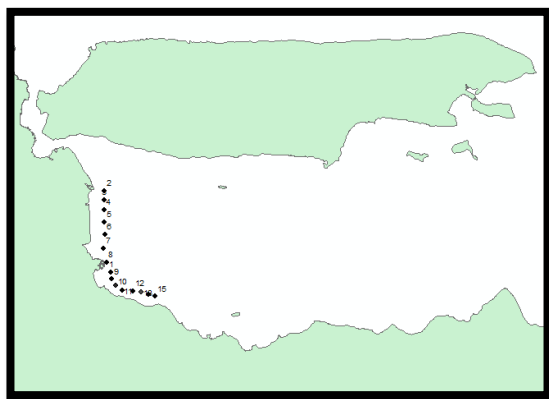
A. Hasil Survei Lapangan

Dari hasil pengumpulan data lapangan yang telah dilakukan serta telah diolah pada laboratorium didapatkan hasil TSS dengan nilai sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai TSS Lapangan (In Situ)

No Titik	TSS Lapangan (mg/l)
1	494.00
2	66.00
3	18.00
4	16.00
5	14.00
6	20.00

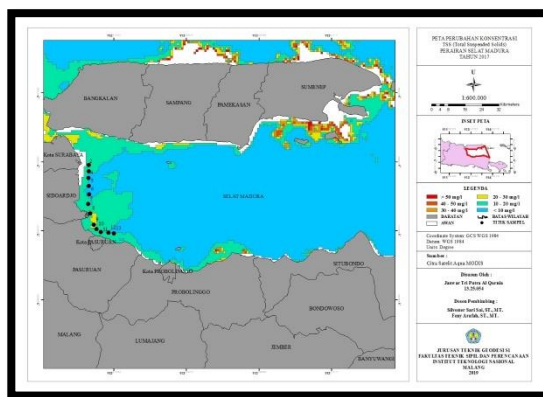
7	16.00
8	52.00
9	60.00
10	50.00
11	32.00
12	20.00
13	24.00
14	18.00
15	14.00

Gambar 4. Hasil Sebaran Data Lapangan (*In Situ*)

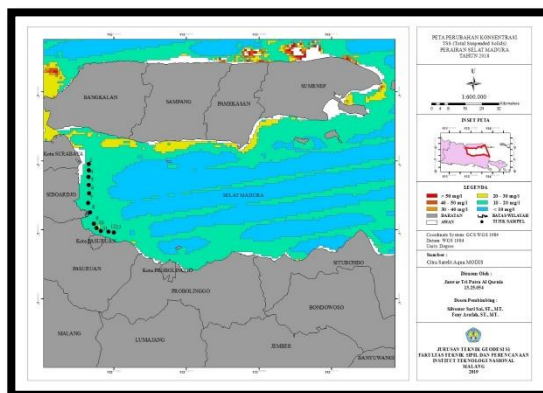
Dari tabel 1 diatas diperoleh hasil TSS yang berkisar antara 14.00 mg/l – 494.00 mg/l yang berjumlah 15 titik sampel. Data tersebut diambil pada tanggal 30 April 2019. Tetapi dari 15 titik sampel yang diambil hanya digunakan 12 titik sampel saja, dikarenakan titik sampel nomor 1 memiliki nilai yang jauh lebih besar dari nilai rata-rata titik sampel. Serta pada titik sampel nmr 14 dan 15 tidak digunakan karena tertutup oleh awan pada data citra Aqua MODIS maka data tersebut dihapus agar tidak mempengaruhi hasil validasi.

B. Hasil Analisis dan Pengolahan Citra Satelit Aqua MODIS

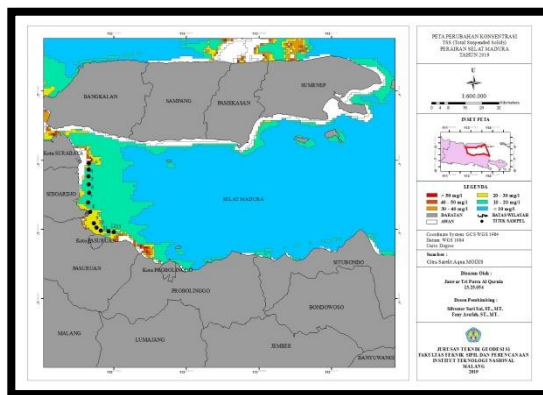
Dari hasil pengolahan data dan analisis yang didapatkan nilai TSS Citra pada tahun 2017 dengan nilai 8.94 mg/l – 24.54 mg/l, tahun 2018 dengan nilai 11.12 mg/l – 20.55 mg/l, tahun 2019 dengan nilai 13.83 mg/l – 26.64 mg/l, dan tahun 2019 *In Situ* dengan nilai 14.00 mg/l – 66.00 mg/l. Daerah yang mengalami dampak sebaran TSS tinggi adalah pada perairan pesisir muara Kali Porong dan yang mengalami dampak sebaran TSS sedang dan rendah terdapat pada perairan pesisir Surabaya, Sidoarjo, Pasuruan dan Probolinggo. Nilai dan sebaran TSS dipengaruhi oleh pasang surut, arus, angin dan gelombang. Berikut merupakan hasil gambaran dan analisis perubahan konsentrasi TSS tahun 2017 – 2019 pada perairan pesisir Selat Madura :



Gambar 5. Tampilan sebaran TSS pada tahun 2017



Gambar 6. Tampilan sebaran TSS pada tahun 2018



Gambar 7. Tampilan sebaran TSS pada tahun 2019

Dari peta sebaran TSS tahun 2017 – 2019 hasil pengolahan citra Aqua MODIS di atas dapat dilihat perbedaan kelasnya dari yang biru dengan nilai < 10 mg/l, warna hijau muda dengan nilai 10 mg/l – 20 mg/l, warna kuning dengan nilai 20 mg/l – 30 mg/l, warna orange dengan nilai 30 mg/l – 40 mg/l, warna orange tua dengan nilai 40 mg/l – 50 mg/l, dan warna merah dengan nilai > 50 mg/l.

Tabel 2. Hasil analisis perbandingan TSS tahun 2017-2019 dan TSS Lapangan

No Titik	TSS Lapangan (mg/l)	TSS Citra 2017 (mg/l)	TSS Citra 2018 (mg/l)	TSS Citra 2019 (mg/l)
1	66.00	11.51	18.30	26.64
2	18.00	10.20	18.68	16.03
3	16.00	9.80	16.46	13.65
4	14.00	8.99	15.85	13.83
5	20.00	8.94	14.33	14.75
6	16.00	10.09	13.76	16.71
7	52.00	22.87	16.63	28.03
8	60.00	24.54	17.73	24.08
9	50.00	18.34	20.55	24.55
10	32.00	11.29	16.08	22.83
11	20.00	10.47	11.70	21.09
12	24.00	11.65	11.12	21.11

Pada tabel 2. dapat dianalisis bahwa nilai sebaran TSS di perairan pesisir Selat Madura yang dikarenakan buangan material lumpur terbilang cukup besar yaitu mencapai 40.57 mg/l yang terdapat pada TSS Citra tahun 2019, dan pada TSS Lapangan mencapai 66.00 mg/l.

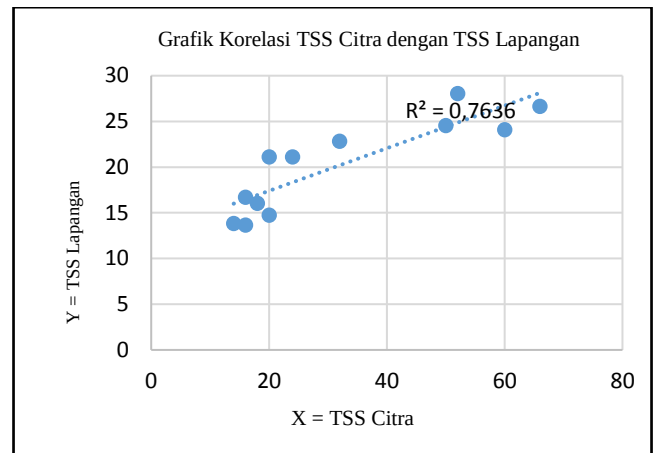
C. Validasi Hasil Pengolahan Citra dengan Data Lapangan

Uji validasi dilakukan menggunakan data citra Aqua MODIS pada tanggal 03 Mei 2019, sedangkan untuk pengambilan data *in situ* diambil pada tanggal 30 April 2019. Pada uji validasi dilakukan perhitungan korelasi dengan membandingkan data olahan citra dengan data hasil TSS yang ada di lapangan. Hal ini digunakan untuk melihat sejauh mana kebaikan atau kedekatan data citra yang digunakan. Berikut adalah uji validasi antara data lapangan dengan data citra :

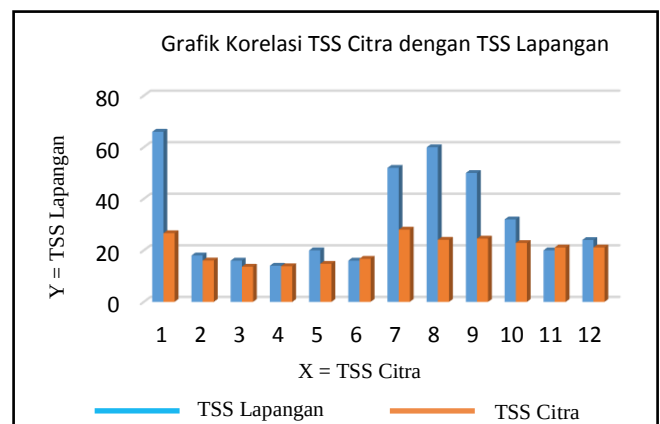
Tabel 3. Hasil analisis uji validasi TSS data citra dan TSS data lapangan

No Titik	TSS Lapangan (mg/l)	TSS Citra 2019 (mg/l)	NMAE
1	66.00	26.64	59.636
2	18.00	16.03	10.944
3	16.00	13.65	14.688
4	14.00	13.83	1.214
5	20.00	14.75	26.250
6	16.00	16.71	4.438
7	52.00	28.03	46.096
8	60.00	24.08	59.867
9	50.00	24.55	50.900
10	32.00	22.83	28.656
11	20.00	21.09	5.450
12	24.00	21.11	12.042
			320.181
NMAE %			26.682

Berikut adalah grafik hasil uji validasi antara data lapangan dengan data citra :



Gambar 8. Grafik Korelasi TSS Citra dengan TSS Lapangan



Gambar 9. Grafik Korelasi TSS Citra dengan TSS Lapangan

Dari hasil gambar 9 didapatkan pola korelasi TSS Citra dan TSS Lapangan yang menghasilkan perbandingan antara keduanya, dimana terdapat perbedaan yang cukup besar terjadi pada titik 1 sebesar 39.36 mg/l, titik 7 sebesar 23.97 mg/l, titik 8 sebesar 35.92 mg/l dan titik 9 sebesar 25.45 mg/l.

Pada gambar 8 dan 9 menjelaskan bahwa uji validasi tersebut menghasilkan nilai dengan uji korelasi data lapangan TSS dengan data hasil olahan TSS citra Aqua MODIS menggunakan Algoritma **Guzman dan Santaella (2009)** mempunyai nilai koefisien korelasi *Normalized Mean Absolute Error* (NMAE) sebesar 26.682 % dan R^2 TSS sebesar 0.7636. Dari pengolahan citra Aqua MODIS tahun 2019 diperoleh hasil seperti pada tabel 2. Dari hasil tersebut diketahui bahwa nilai TSS citra dan TSS lapangan tidak sama, ada yang memiliki perbedaan kecil (0-5 mg/l), sedang (5-10 mg/l), dan besar (>10 mg/l). Dapat dianalisis bahwa perbedaan nilai TSS antara citra dan data lapangan disebabkan karena :

a. Perbedaan waktu perekaman citra dan waktu pengambilan data

Waktu perekaman citra Aqua MODIS yang melintasi wilayah Indonesia adalah pada jam 13.30 WIB, sedangkan pengambilan data lapangan adalah pada jam 08.15 – 14.30 WIB. Dari selang waktu tersebut telah

terjadi perubahan kondisi perairan yang mengakibatkan nilai dan sebaran TSS.

b. Pengaruh Cuaca

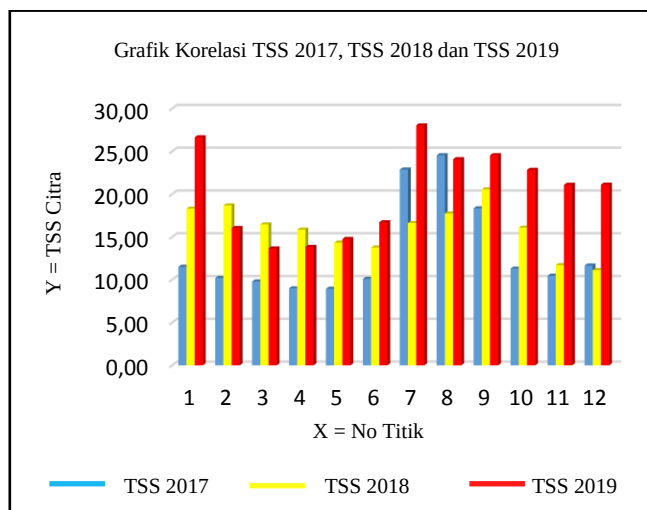
Perbedaan nilai TSS juga dapat di akibatkan oleh cuaca yang diantaranya adalah gelombang, arus, angin dan awan. Selama selang perbedaan waktu perekaman citra dan pengambilan data lapangan tersebut, terjadi peristiwa-peristiwa perubahan cuaca yang mengakibatkan nilai dan sebaran TSS yang didapatkan pada citra Aqua MODIS dan data lapangan tidak sama bahkan ada nilai TSS yang selisih jauh ketika di analisis antara kedua data tersebut.

D. Hasil Perbandingan Nilai Tiap Tahun

Hasil pengolahan data dan analisis yang didapatkan nilai TSS Citra pada tahun 2017 dengan nilai 8.94 mg/l – 24.54 mg/l, tahun 2018 dengan nilai 11.12 mg/l – 20.55 mg/l, tahun 2019 dengan nilai 13.83 mg/l – 26.64 mg/l.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Tahun 2017, 2018 dan 2019

No Titik	TSS Citra 2017 (mg/l)	TSS Citra 2018 (mg/l)	TSS Citra 2019 (mg/l)
1	11.51	18.30	26.64
2	10.20	18.68	16.03
3	9.80	16.46	13.65
4	8.99	15.85	13.83
5	8.94	14.33	14.75
6	10.09	13.76	16.71
7	22.87	16.63	28.03
8	24.54	17.73	24.08
9	18.34	20.55	24.55
10	11.29	16.08	22.83
11	10.47	11.70	21.09
12	11.65	11.12	21.11



Gambar 10. Grafik Perbandingan TSS Tiap Tahun

Berdasarkan pola pada gambar 10 didapatkan perbandingan dari ketiga tahun tersebut, nilai TSS yang dihasilkan pada tahun 2017, 2018 dan 2019 menghasilkan pola yang relatif sama dengan perbedaan nilai yang tidak terlalu besar. Pada tahun 2017 nilai TSS yang dihasilkan cukup rendah dibandingkan dari tahun 2018 dan 2019, pada tahun 2018 nilai TSS yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dari tahun 2017, dan pada tahun 2019 nilai TSS yang dihasilkan lebih besar dari tahun 2017 dan 2018.

Dari hasil pengolahan TSS pada citra Aqua MODIS didapatkan hasil bahwa perbandingan antara TSS tahun 2017, 2018 dan 2019 tidak begitu besar dengan rentan nilai konsentrasi TSS yang ada tiap tahunnya, sehingga perubahan yang terjadi antar tahunnya cukup kecil yaitu perubahan pada tahun 2017 ke 2018 dengan perbedaan nilai dari 0.53 mg/l – 8.48 mg/l yang berarti terjadi kenaikan nilai TSS pada tahun 2018, sedangkan dari tahun 2018 ke 2019 dengan perbedaan nilai dari 0.42 mg/l – 8.34 mg/l yang berarti terjadi kenaikan nilai TSS pada tahun 2019, dan yang paling tinggi terdapat pada TSS tahun 2019 dengan nilai TSS mencapai 28.03 mg/l.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai hasil akhir penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil pengolahan dan analisa yang dilakukan, didapatkan perubahan konsentrasi TSS tahun 2017, 2018 dan 2019 yaitu perubahan pada tahun 2017 ke 2018 dengan perbedaan nilai dari 0.53 mg/l – 8.48 mg/l yang berarti terjadi kenaikan nilai TSS pada tahun 2018, sedangkan dari tahun 2018 ke 2019 dengan perbedaan nilai dari 0.42 mg/l – 8.34 mg/l yang berarti terjadi kenaikan nilai TSS pada tahun 2019, dan yang paling tinggi terdapat pada TSS tahun 2019 dengan nilai TSS mencapai 28.03 mg/l. Penyebab terjadinya perbedaan nilai konsentrasi TSS tiap tahunnya karena adanya perbedaan waktu perekaman citra dan waktu pengambilan data, dan juga karena adanya pengaruh cuaca yang dapat mengakibatkan perbedaan nilai konsentrasi TSS yang terjadi tiap tahunnya.
2. Berdasarkan dari hasil peta perubahan konsentrasi TSS dari tahun 2017, 2018 dan 2019 dapat dilihat kondisi perubahan konsentrasi TSS tiap tahunnya dengan rentan nilai < 100 mg/l dan dapat disimpulkan bahwa kondisi perubahan konsentrasi TSS tergolong rendah dibandingkan dari awal terjadinya pembuangan material lumpur karena dilihat dari acuan PERMENLH No.1 (2010) tentang pembagian kelas TSS pada tabel 2.2 bahwa kondisi konsentrasi TSS pada tahun 2017, 2018 dan 2019 tergolong pada kelas rendah dengan nilai 0-100 mg/l.
3. Uji korelasi data lapangan TSS dengan hasil olahan data citra Aqua MODIS menggunakan Algoritma Guzman dan Santaella (2009) mempunyai nilai korelasi *Normalized Mean Absolute Error* (NMAE) sebesar 27.778 % dan R^2 TSS sebesar 0.8771. Dari

data uji korelasi antara data lapangan dengan data citra cukup baik karena (memenuhi batas toleransi), hal ini disebabkan oleh beberapa hal seperti waktu pengambilan data *In Situ* dengan data citra yang berbeda dan juga dengan pengaruh cuaca.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini banyak kekurangan yang perlu diperbaiki. Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian kedepan adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh cuaca selama proses pengambilan data lapangan harus diperhatikan agar tidak mempengaruhi hasil perubahan konsentrasi nilai TSS yang dihasilkan.
2. Pengambilan data *In situ* sebaiknya dilakukan pada tanggal dan waktu yang sama dengan perekaman data citra Aqua MODIS, usahakan waktu pengambilan datanya tidak rentan jauh dari waktu perekaman yang dilakukan citra Aqua MODIS.
3. Perlu perhatian dan penanganan khusus oleh pemerintah dalam masalah TSS ini karena jika dibiarkan terus menerus tanpa penanganan akan menghasilkan dampak sedimentasi yang parah pada perairan pesisir Selat Madura dan masyarakat sekitar yang memanfaatkan perairan pesisir Selat Madura.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahuri R. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut, Aset Pembangunan Berkelanjutan.
- Danoedoro, Projo. 1996. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta : Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada.
- Effendi, H. 2000. Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumberdaya Dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Kartika, 2016. Koreksi Geometrik Citra Satelit
- Kusuma, 2008. Spesifikasi Sensor Citra Satelit Aqua MODIS.
- Maccherone. 2005. Spesifikasi Kanal-Kanal Dan Sensor Citra Satelit Aqua MODIS.
- Miswar, Dedy. 2013. Kartografi Tematik. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
- NASA, 2008. Implementasi Citra Satelit Aqua MODIS.
- PERMENLH. 2010. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- PERMENLH. 2004. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Kebijakan Dan Kelembagaan Lingkungan Hidup Mutu Air Laut Untuk Biota Laut.
- Purwadhi, F. Sri Hardiyanti. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta.
- Sulistiyah, Umroh Dian., Jaelani, Lalu Muhamad., Winarso, Gathot. 2016. "Validasi Algoritma Estimasi Konsentrasi Chl-A pada Citra Satelit Landsat 8 dengan Data In-Situ". JURNAL TEKNIK ITS (Vol 5 Nomor 2). FTSP ITS.
- Sumestri & G. 1984. Metode Penelitian Air. Surabaya.
- Syah. 2010. Penginderaan Jauh Dan Aplikasinya di Wilayah Pesisir dan Lautan.
- Syariz, M. A., L. M. Jaelani, L. Subehi, A. Pamungkas, E. S. Koenhardono, and A. Sulisetyono. 2015. "Retrieval of Sea Surface Temperature over Poteran Island Water of Indonesia with Landsat 8 TIRS Image: A Preliminary Algorithm". International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives 40 (2W4):87-90. <https://doi.org/10.5194/isprsarchivesXL-2-W4-87-2015>.
- Yoana, 2018. Proses Penginderaan Jauh
- Umaryono, 1986. Gambaran Tentang Perpetaan.