

## STUDI PERSEBARAN *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)* MENGGUNAKAN CITRA AQUA MODIS DI LAUT SENENU, NUSA TENGGARA BARAT

Vera Maya Andini, Ira Mutiara A., Yunia Witasari

Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia  
Email : veramya\_andini@yahoo.com

### Abstrak

Laut Senenu adalah wilayah perairan laut yang masuk ke dalam kawasan Coral Triangle (Segitiga Terumbu Karang) yang terletak di Kepulauan Nusa Tenggara Barat. Kawasan Segitiga Terumbu Karang ini merupakan kawasan terkaya akan kehidupan laut di antara semua laut di Planet Bumi. Perairan laut Indonesia selalu berada dalam pengaruh berat baik dari aktifitas, perusahaan, minyak, transportasi laut serta aktifitas warga di daerah pesisir maupun daerah aliran sungai yang bermuara ke laut tersebut. Aktifitas tersebut membawa banyak penyebab resiko terjadinya kerusakan alam dan dapat berakibat merusak sumber daya laut.

Data yang digunakan untuk mendapatkan persebaran *TSS* adalah data *ground truth*, hasil pengolahan citra Aqua MODIS. Data *ground truth* merupakan hasil pengambilan sampel berupa air laut yang selanjutnya dilakukan pengolahan di laboratorium. Proses pengolahan citra satelit menggunakan prinsip *remote sensing*, dimana citra menggunakan algoritma Ocean Color 4 (OC4 – V4)

Hasil dalam penelitian ini adalah peta persebaran *TSS* di Laut Senenu, Nusa Tenggara Barat dan analisa beberapa data diantaranya data citra terhadap *ground truth*, analisa data lapangan, analisa konsentrasi klorofil-a secara temporal, dan analisa parameter yang dapat mempengaruhi nilai dan sebaran *TSS*. Berdasarkan pada proses analisa dapat disimpulkan bahwa Aqua MODIS memiliki korelasi yang lemah terhadap data *ground truth* dengan nilai koefisien korelasi sebesar  $R^2 = 81,3\%$ . Secara temporal, konsentrasi *TSS* di laut Senenu berada pada rentang konsentrasi rendah yaitu sekitar 0,5 – 38 mg/l (tahun 2003 dan 2009), 0,06 – 0,1 (tahun 2013), sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas air di laut Senenu tergolong bersih. Persebaran konsentrasi *TSS* di laut Senenu pada setiap stasiun tidak merata dan cenderung berubah-ubah. Hal ini dikarenakan faktor-faktor yang mempengaruhi seperti arus perairan, angin, waktu pengambilan data dan kondisi fisik perairan.

Kata Kunci : *TSS*, Aqua MODIS, Ocean Color 4

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

*Total Suspended Solid (TSS)* adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 $\mu$ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid.

Pengamatan terhadap sebaran *TSS* sering dilakukan untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan. Karena Nilai *TSS* yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air.

Kualitas air di laut itu sangat bergantung dengan kualitas air dari sumber air itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan suatu parameter yang dapat di gunakan sebagai standar penentuan kualitas air. Salah satu parameter yang dapat di gunakan

untuk penghitungan serta analisa tentang kualitas air di Laut Senenu adalah Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid, TSS*). Penghitungan yang akurat harus di jalankan untuk mengetahui tingkat pencemaran di Laut Senenu karena hal ini berkaitan dengan kehidupan berbagai jenis makhluk hidup.

Berdasarkan faktor tersebut, diperlukan adanya usaha untuk memantau persebaran *TSS* dari Laut Senenu mengingat pentingnya potensi air yang menopang berbagai kebutuhan. Salah satu pemantauan yang dapat di lakukan adalah menggunakan data satelit penginderaan jauh dan di dukung dengan data yang di dapat dari pengambilan sampel di lapangan.

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 muti temporal Aqua MODIS yang divalidasi dengan data sampel air laut di beberapa lokasi penelitian dan data hidro-oseanografi, diharapkan nantinya dapat diperoleh suatu peta distribusi *TSS* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat.

### Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan, menganalisa, dan memetakan sebaran *TSS* yang dihasilkan dari citra Aqua MODIS di perairan Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laut Senunu, Nusa Tenggara Barat. Adapun dalam penelitian ini, terdapat 14 stasiun pengambilan sampel *TSS*. Berikut merupakan gambar dari lokasi penelitian:



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Adapun koordinat lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut :

Utara : 116°282413' - 117°316217' BT  
 Selatan : 116°282413' - 117°31627' BT  
 Barat : -8°550738' - (-9°897710') LS  
 Timur : -8°550738' - (-9°897710') LS

#### Data Dan Peralatan

##### - Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra satelit Aqua MODIS Level 1B lokasi penelitian tahun, peta vektor Rupa Bumi Indonesia (RBI), data Arus, Turbiditas, Klorofil, dan *Total Suspended Solid (TSS)*.

Dibawah ini adalah tabel data citra yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

Tabel 1. Data Citra yang digunakan

No	Nama File	Tanggal
1	MYD021KM.A2003160.0525.005.2010053205122.hdf	18 Mei 2003
2	MYD021KM.A2009252.0600.005.2009252182956.hdf	14 September 2009
3	MYD021KM.A2013250.0625.005.2013250175243.hdf	10 Nopember 2013

Pemilihan data citra tersebut dipilih yang terbebas dari awan dan mencakup daerah penelitian. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk mengetahui persebaran *TSS* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat.

##### - Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - Notebook, RAM 2GB, Hard Disk 500 GB
  - Alat Tulis
2. Perangkat Lunak (*Software*)
  - Sistem Operasi *Windows 7 Home Premium*
  - *Microsoft Office 2010*
  - Perangkat Lunak Pengolah Citra
  - *Arc GIS 10.1*

#### Tahapan Penelitian

- a. Tahap Georeference Citra Satelit Aqua MODIS Level 1B  
 Dilakukan dalam pemrosesan citra agar sesuai dengan keadaan sebenarnya. Hal ini dikarenakan ketika citra AQUA Modis didownload dalam keadaan terbalik. Pada proses ini dipilih band yang di butuhkan yaitu band 1, 2, dan 3. Selain itu dipilih koordinat dalam *Geographic Lat/Lon, Datum WGS 84* dan *Units* dalam *Degress*.
- b. Pemotongan Citra  
 Karena daerah penelitian yang digunakan adalah Perairan Laut Senunu, Sumbawa Barat yang harus dipotong berdasarkan area yang ditentukan, hal ini dilakukan supaya proses pengolahan citra lebih efektif dan efisien.

Adapun koordinat daerah yang dipotong adalah :

Utara : 116°282413' - 117°316217' BT  
 Selatan : 116°282413' - 117°31627' BT  
 Barat : -8°550738' - (-9°897710') LS  
 Timur : -8°550738' - (-9°897710') LS

c. Koreksi Geometrik

Koreksi ini menggunakan acuan peta Vektor RBI Indonesia skala 1 : 1.000.000. Toleransi yang digunakan yaitu RMS Errornya harus  $\leq 1$  piksel, apabila melebihi maka koreksi tersebut harus diulang. Proses ini akan menghasilkan citra yang telah terkoreksi secara geometrik yang memiliki posisi koordinat yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di bumi.

d. Koreksi Radiometrik

Koreksi Radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau adanya kesalahan radiometrik akibat gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi pada matahari (Purwadhi, 2001). Adapun rumus yang digunakan adalah

$$Refb = Ref_{scale} B1 * (B1 - Ref_{offset} B1)$$

Dimana :

$Refb$  = Nilai reflektansi Band 1 pada Aqua MODIS

$Ref_{scale} B1$  = Nilai skala (Reflectance scale) Band 1

$B$  = Band 1 pada Aqua MODIS

$Ref_{offset} B1$  = Nilai offset (Reflectance offsets) Band 1 pada Aqua MODIS

e. Pemisahan Awan dan Daratan

Melakukan proses pemisahan daratan, karena dalam penelitian ini daerah yang dikaji berupa lautan, sehingga data daratan harus di pisahkan dari daerah penelitian dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$B1 > 0.0$$

Dimana :

$B1$  = Band 1 Aqua MODIS

Pemisahan awan dilakukan karena Dalam pengolahan citra salah satu gangguan citra yang muncul adalah adanya awan yang terdapat pada citra. Adapun algoritma yang di gunakan adalah :

$$CM = (B3 \geq 0,2) * 0 + (B3 < 0,2) * 1$$

Dimana :

$B3$  : Band 3 Aqua MODIS

f. Tahapan Perhitungan Algoritma TSS

Melakukan proses perhitungan nilai TSS, dengan menggunakan algoritma TSS. Adapun algoritma yang di gunakan adalah algoritma Ocean Color 4 (OC4 - V4( Reilly et al, 1998 ).

$$R = \log \frac{L(Kanal 1)}{L(Kanal 2)}$$

Dimana :

$$L = Radiasi \left( \frac{W}{cm^2 nm^{-1} sr^{-1}} \right)$$

$$TSS = 10^{(a_0 + a_1 R + a_2 R^2 + a_3 R^3) + a_4}$$

Dimana :

$$a_0 = 0,47098$$

$$a_1 = -3,8469$$

$$a_2 = 4,53380$$

$$a_3 = -2,4434$$

$$a_4 = -0,0414$$

g. Tahapan Perhitungan TSS

Metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Kertas saring watman (membran filter) yang berukuran 0,043  $\mu m$  dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Setelah itu kertas tersebut ditimbang untuk mengetahui berat awal kertas saring tersebut, karena setiap kertas mempunyai berat yang berbeda-beda.
- Sampel sebanyak 1 atau 2 liter disaring dengan menggunakan kertas saring watman yang sebelumnya telah diketahui berat awalnya ( $T_a$ ).
- Kertas saring yang telah berisi sampel, dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Setelah itu di timbang kembali untuk mengetahui berat akhirnya ( $T_b$ ).

- *Total Suspended Solid* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$TSS \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{(Tb - Ta)}{V}$$

Dimana :

- TSS* = *Total Suspended Solid* (mg/l)
- Ta* = Berat kertas saring awal (mg)
- Tb* = Berat kertas saring akhir (mg) *V*
- = Volume air yang disaring (l)

**h. Tahapan Validasi Data**

Melakukan validasi data yaitu membandingkan nilai *TSS* hasil pengolahan citra dengan nilai *TSS* hasil *ground truth*. Uji validasi ini menggunakan toleransi 70-80%.

**i. Tahapan Klasifikasi TSS**

Proses klasifikasi ini bertujuan untuk mengelompokkan konsentrasi *TSS* ke dalam beberapa kelas/kategori. Sehingga dari masing-masing kelas/kategori tersebut mempunyai kisaran konsentrasi *TSS* tertentu. Di bawah ini adalah tabel pembagian kelas/kategori konsentrasi *TSS*, yaitu :

**Tabel 1. Pembagian Kelas TSS (mg/l)**

Kategori	Rentang Konsentrasi TSS (mg/l)
Rendah	0 – 100
Sedang	100 - 220
Tinggi	220 - 350

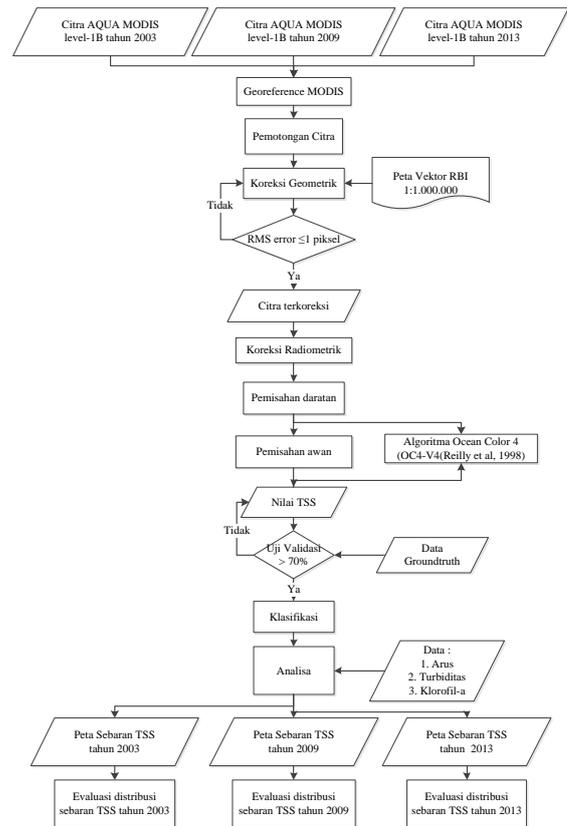
Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.1, 2010

**j. Tahap Analisa**

Tahap berikutnya setela didapatkan nilai *TSS* adalah melakukan analisa. Analisa yang dilakukan adalah melakukan analisa hasil pengolahan citra berdasarkan penerapan algoritma tertentu sehingga nantinya dapat di ketahui apakah hasil dari pengolahan citra tersebut sesuai dengan nilai *TSS* di lapangan. Serta melakuakn analisa mengenai parameter-parameter yang dapat mempengaruhi nilai dan sebaran *TSS*.

**k. Tahapan Pembuatan Peta**

Dari hasil perhitungan algoritma *TSS* dan tahap klasifikasi nantinya akan dibuat peta persebaran *TSS* yang dibagi berdasarkan kelas tertentu.



**Gambar 2. Diagram alir pengolahan data**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Koreksi Geometrik pada Citra Aqua MODIS Level 1B**

Citra satelit Aqua MODIS dengan resolusi spasial 1 kilo meter dikoreksi secara *image to image* dengan menggunakan pertampalan peta vektor hasil digitasi peta RupaBumi Indonesia (RBI) skala 1:1.000.000.

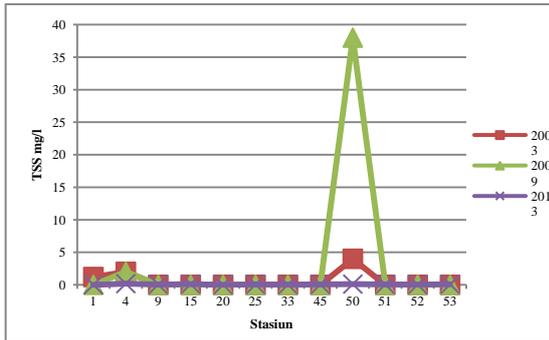
Dari hasil pelaksanaan koreksi geometrik didapatkan nilai kesalahan *Root Mean Square* (RMS) dari masing-masing citra yaitu :

**Tabel 2. Nilai RMS Error pada Citra Aqua MODIS**

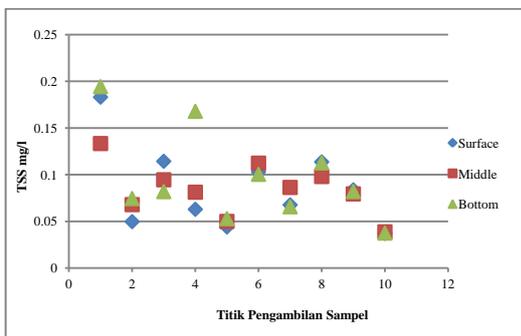
No.	Tahun Citra	Nilai RMS Error
1	2003	0,283168
2	2009	0,285971
3	2013	0,309215

**TSS Berdasarkan Data Lapangan**

Gambar 4.4, 4.5 menunjukkan grafik atau ilustrasi konsentrasi *TSS* pada tahun 2003, 2009 dan 2013:



**Gambar 3. Grafik Perbedaan Konsentrasi TSS di Lapangan Pada Tahun 2003, 2009, dan Tahun 2013**



**Gambar 4 Grafik Perbedaan Konsentrasi TSS di Lapangan Pada Tahun 2013**

Dari grafik pada tahun 2003 (Gambar 4) dapat dilihat bahwa konsentrasi TSS yang tertinggi terletak di stasiun 50 (4 mg/l), sedangkan konsentrasi TSS yang lainnya berada di bawah batas deteksi (Detection limit = 0,5 mg/l). Pada tahun 2009 (Gambar 4) konsentrasi TSS tertinggi terletak pada stasiun 50 (38 mg/l), sedangkan yang lainnya konsentrasi nilai berada di bawah nilai deteksi. Dibandingkan pada tahun 2003 dan tahun 2009, pada tahun 2013 (Gambar 5) ini konsentrasi TSS pada semua stasiun pada umumnya berada di bawah batas deteksi. Tingginya konsentrasi TSS menunjukkan bahwa di daerah tersebut di duga terjadi adanya pencemaran, selain itu tingginya konsentrasi TSS juga di pengaruhi oleh beberapa parameter.

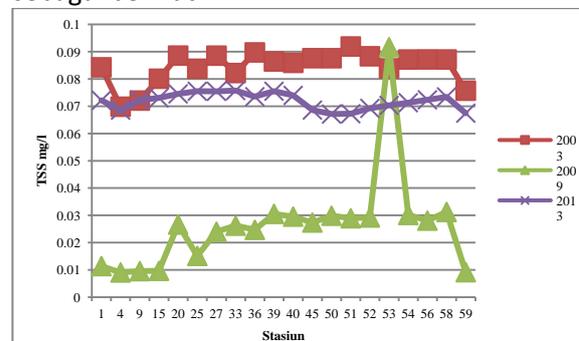
**TSS Berdasarkan Data Citra**

Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan nilai TSS pada citra dengan menggunakan algoritma Ocean color 4 (OC4-V4). Adapun hasil dari perhitungan algoritma tersebut adalah:

**Tabel 3. Konsentrasi TSS dari Pengolahan Citra**

No. Stasiun	Konsentrasi TSS (mg/l)		
	2003	2009	2013
1	0,084293	0,011400	0,072191
4	0,069851	0,009057	0,068586
9	0,072102	0,009562	0,072328
15	0,080113	0,009673	0,073078
20	0,088583	0,026650	0,074527
25	0,083768	0,015149	0,075513
27	0,088564	0,024014	0,075475
33	0,082200	0,026223	0,075767
36	0,089757	0,024695	0,073513
39	0,086417	0,030540	0,075536
40	0,085923	0,029551	0,074005
45	0,087644	0,027379	0,068614
50	0,087630	0,029865	0,067131
51	0,091934	0,028947	0,067266
52	0,088341	0,029226	0,069247
53	0,083905	0,09167	0,070326
54	0,087150	0,030162	0,071329
56	0,087191	0,028073	0,072372
58	0,087164	0,031253	0,073449
59	0,075718	0,009164	0,067480

Dari Tabel diatas dapat dibuat ilustrasi grafik sebagai berikut :



**Gambar 5. Grafik Konsentrasi TSS tahun 2003,2009 dan tahun 2013**

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada stasiun 53 pada tahun 2003 memiliki konsentrasi sebesar 0,083905. Kemudian pada tahun 2009

mengalami sedikit kenaikan yaitu 0,09167, sedangkan pada tahun 2013 terjadi penurunan yaitu 0,070326. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh pola arus yang membawa materi dari daratan.

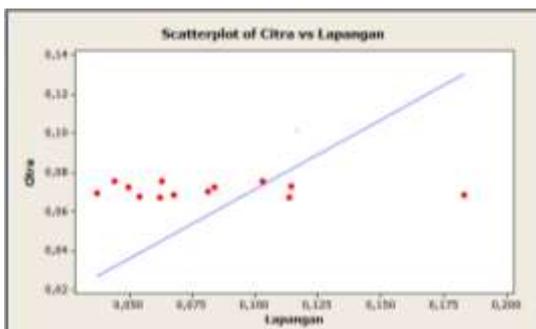
**Uji Validasi**

Adapun perbandingan nilai konsentrasi *TSS* hasil *ground truth* dengan citra Aqua MODIS pada Bulan November 2013 yaitu:

**Tabel 4. Konsentrasi *TSS* *Ground Truth* Tahun 2013 dengan Aqua MODIS**

Nama Stasiun	Data Lapangan	Data Citra
4	0,183100	0,068586
9	0,049800	0,072328
15	0,114400	0,073078
25	0,063000	0,075513
33	0,044100	0,075767
39	0,103000	0,075536
45	0,067700	0,068614
50	0,113700	0,067131
51	0,062250	0,067266
52	0,037200	0,069247
53	0,081300	0,070326
56	0,083800	0,072372
59	0,054200	0,06748

Konsentrasi *TSS* dari hasil pengolahan citra dengan hasil *ground truth* perlu dilakukan uji validasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian hubungan antara keduanya. Untuk mengetahui kekuatan hubungan antara dua peubah yaitu hasil pengolahan citra dan data pengukuran lapangan, sehingga perlu dilakukan perhitungan korelasi. Berikut ini adalah grafik hasil perhitungan korelasi :



**Gambar 6. Korelasi Linear tahun 2013**

Uji validasi ini menggunakan data lapangan tanggal 10 November dengan data citra pada tanggal 10 November 2013. Adapun hasil dari uji validasi ini adalah nilai  $R^2 = 81,3\%$ . Untuk *RMSE* dari uji validasi ini adalah 0,001023, dengan nilai standar deviasi (*S*) adalah 0,0319803, serta nilai signifikan parameter (*P*) adalah 0. Adapun model matematis yang dapat menjelaskan hubungan kedua data tersebut adalah :

$$Y = 0,7134 x$$

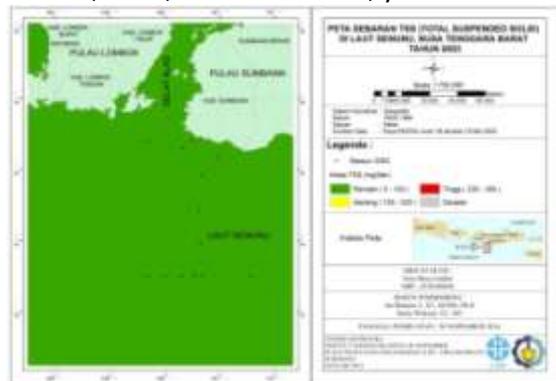
Keterangan :

- y = Konsentrasi *TSS* hasil pengolahan citra
- x = Konsentrasi *TSS* hasil pengambilan data lapangan

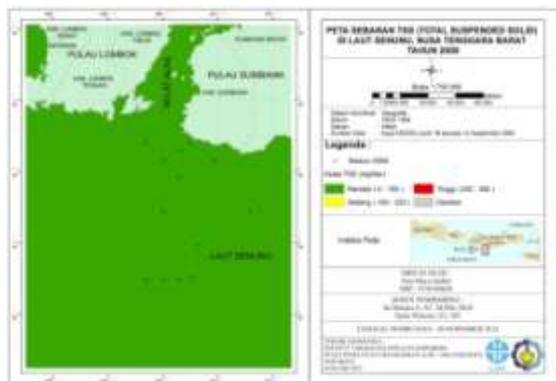
Dari hasil uji Validasi tersebut dapat diketahui bahwa kesesuaian hubungan antara data lapangan dengan data citra memiliki hubungan yang cukup kuat, karena lebih dari 70%.

**Analisa Konsentrasi *TSS***

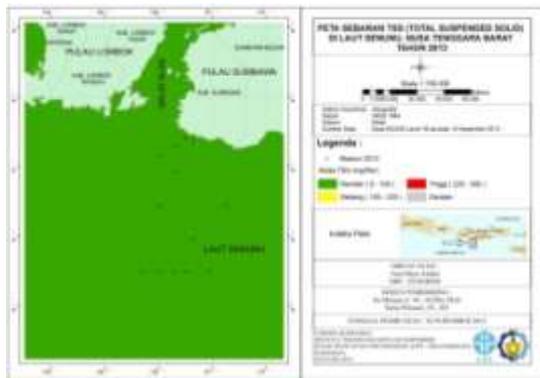
Dibawah ini adalah peta sebaran *TSS* mulai dari tahun 2003, 2009, dan tahun 2013, yaitu :



**Gambar 7. Peta Sebaran Konsentrasi *TSS* tahun 2003**



**Gambar 8. Peta Sebaran Konsentrasi *TSS* tahun 2009**



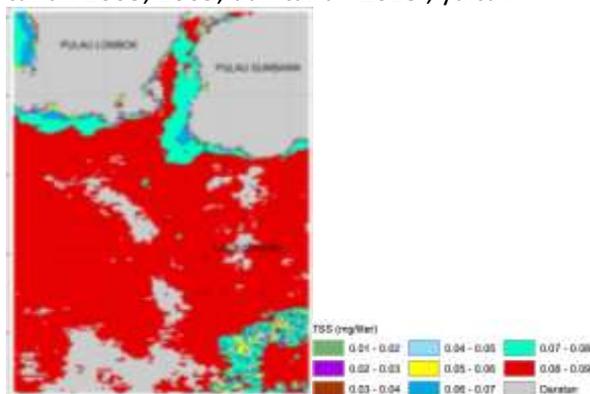
**Gambar 9. Peta Sebaran Konsentrasi TSS tahun 2013**

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada tahun 2003 semua stasiun yang diambil sampel TSS memiliki konsentrasi yang rendah (<100 mg/l), hal ini dapat dilihat dari warna peta yang telah diklasifikasi berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.1 tahun 2010. Berdasarkan dari hasil pengambilan sampel di lapangan dan dari hasil pengolahan citra konsentrasi TSS disemua stasiun dibawah 100 mg/l, bahkan hampir semua stasiun memiliki konsentrasi TSS dibawah ambang batas deteksi (0,05 mg/l), hanya stasiun 50 saja yang memiliki konsentrasi TSS sebesar 4 mg/l. Sehingga dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa daerah perairan laut Senenu masih bersih.

Pada tahun 2009 dan tahun 2013 jika dilihat dari hasil peta sebaran konsentrasi TSS juga termasuk dalam kategori rendah (<100 mg/l). Sehingga daerah perairan laut Senenu tergolong bersih.

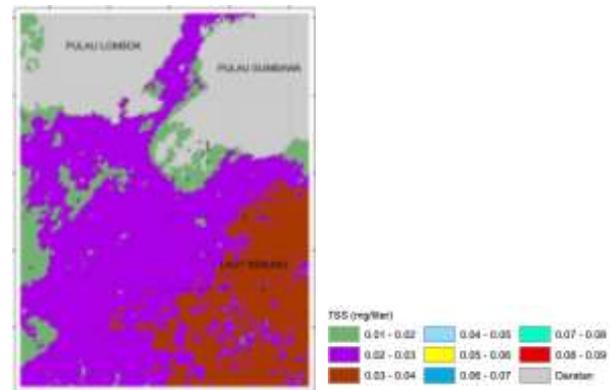
**Analisa Persebaran TSS Secara Temporal**

Dibawah ini adalah gambar sebaran TSS mulai dari tahun 2003, 2009, dan tahun 2013 , yaitu :



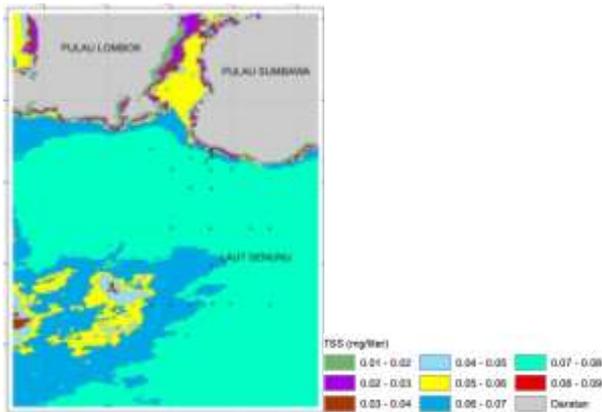
**Gambar 10. Persebaran Konsentrasi TSS tahun 2003**

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada tahun 2003 terdapat 5 titik stasiun yang memiliki konsentrasi TSS di antara 0,07 – 0,08 mg/l, bahkan titik stasiun tersebut terletak di daerah pesisir pantai yang seharusnya memiliki konsentrasi TSS yang tinggi karena dipengaruhi oleh arus permukaan yang kuat sehingga membawa materi dari daratan yang ada di sekitar pesisir. Sedangkan titik stasiun lainnya yang terletak jauh dari daratan memiliki konsentrasi TSS antara 0,08 – 0,09 mg/l, jadi dapat di lihat bahwa konsentrasi TSS yang terletak jauh dari daratan memiliki konsentrasi TSS yang lebih tinggi.



**Gambar 11. Persebaran Konsentrasi TSS tahun 2009**

Dari Gambar diatas dapat dilihat bahwa pada tahun 2009 titik stasiun yang dekat dengan daerah pesisir pantai mempunyai nilai yang lebih rendah daripada yang berada jauh dari daerah pesisir pantai yaitu diantara rentang 0,01 – 0,02 mg/l. Sedangkan daerah yang jauh dari daerah pesisir pantai konsentrasinya diantara rentang 0,02- 0,03 mg/l dan 0,03 – 0,04 mg/l. Sehingga dapat dilihat bahwa kosentrasi TSS di dekat daratan lebih rendah daripada yang mendekati daerah samudera Hindia. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh arus yang mengalir dari selat alas (selat antara pulau Lombok dengan pulau Sumbawa), kemudian arus dari selat Alas tersebut membawa materi atau terjadi transport sedimen dari daratan di sekitar selat Alas hingga menuju ke laut Senenu dan ke samudra Hindia. Selain itu juga di pengaruhi gelombang yang bergerak secara tidak beraturan (*ordinal*).



**Gambar 12. Persebaran Konsentrasi TSS tahun 2013**

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS di titik stasiun yang terletak di sekitar daerah pesisir pantai yaitu diantara rentang 0,06 – 0,07 mg/l. Sedangkan di titik stasiun yang terletak di daerah yang jauh daerah pesisir pantai ada yang konsentrasinya berada di antara rentang 0,06 – 0,07 mg/l dan berada diantara rentang 0,07 – 0,08 mg/l. Sehingga daerah yang dekat dengan daratan konsentrasinya lebih rendah daripada yang jauh dari daratan.

Konsentrasi TSS didekat daratan lebih rendah karena di pengaruhi oleh arus yang mengalir dari selat Alas yang membawa materi dari daratan di sekitar selat Alas kemudian arus tersebut terus mengalir menuju ke laut Senunu. Sedangkan di dekat samudera Hindia ada yang tinggi dan rendah selain dipengaruhi oleh arus juga dipengaruhi adanya gelombang yang bergerak secara ordinal atau tidak beraturan.

**Analisa Kekeruhan, Klorofil, dan Arus Terhadap nilai dan sebaran TSS tahun 2013**

Dalam penelitian ini, konsentrasi TSS mengacu pada tiga parameter yang berkaitan dengan kondisi fisik perairan seperti klorofil-a, turbiditas, dan arus. Oleh karena itu perlu dilakukan uji regresi terhadap ketiga parameter tersebut untuk mengetahui besar atau kecilnya pengaruh parameter yang ada terhadap konsentrasi TSS di lokasi penelitian.

**Tabel 5. Uji Regresi Klorofil terhadap TSS**

<i>Regression Statistics</i>	
<i>Multiple R</i>	0,609919617
<i>R Square</i>	0,372002939
<i>Adjusted R Square</i>	0,314911206
<i>Standard Error</i>	0,03286902
<i>Observations</i>	13

Untuk hasil regresi linear pada klorofil-a (liha Tabel 5) hasilnya adalah  $S = 0,03286902$ ,  $R^2 = 37,2\%$ ,  $RMSE = 0,00704$ ,  $P = 0,018494$ . Sehingga berdasarkan dari hasil tersebut hubungan antara keduanya cukup lemah. Hal ini berarti di daerah perairan tersebut tingginya nilai klorofil tidak bisa di jadikan tolak ukur untuk menduga konsentrasi TSS.

**Tabel 6 Uji Regresi kekeruhan terhadap TSS**

<i>Regression Statistics</i>	
<i>Multiple R</i>	0,95867
<i>R Square</i>	0,919049
<i>Adjusted R Square</i>	0,910054
<i>Standard Error</i>	66,75745
<i>Observations</i>	13

Untuk hasil regresi linear dari kekeruhan dengan TSS (liha Tabel 6) adalah  $S = 1,63429$ ,  $R^2 = 91,9\%$ ,  $RMSE = 2,67$ ,  $P = 0,000$ . Sehingga berdasarkan dari hasil tersebut hubungan antara keduanya sangat kuat. Hal ini berarti Turbiditas (Kekeruhan) dapat di jadikan tolak ukur untuk menduga konsentrasi TSS. Apabila nilai kekeruhan di daerah perairan itu semakin tinggi maka semakin tinggi pula konsentrasi TSS di daerah tersebut.

Selama penelitian yang dilakukan pada bulan November 2013, arus permukaan di wilayah penelitian mengalir dari arah selatan barat daya menuju ke arah pesisir perairan cekungan ngarai Senunu (dari samudra Pasifik ke samudra Hindia).

Arus ini kemudian membelok ke arah Timur di perairan dengan kontur dasar perairan yang lebih dangkal, kemudian sebagian besar mengalir ke timur. Hal inilah menyebabkan sebaran Konsentari TSS di Laut Senunu di daerah pesisir pantai konsentrasinya lebih rendah, dibandingkan yang jauh dari daerah pesisir pantai. Di dasar laut Senunu terdapat jalur vulkanik, patahan, *slope*, dan aliran sedimentasi tailing (limbah) sehingga menyebabkan konsentrasi TSS di dasar perairan

ada yang lebih tinggi dibandingkan dengan di daerah permukaan.

## PENUTUP

### Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Persebaran *Total Suspended Solid (TSS)* secara temporal dari tahun 2003-2013 secara umum konsentrasi *TSS* terbilang rendah yaitu <100 mg/l dan berada dibawah ambang batas deteksi (0,5 mg/l).
2. Persebaran *Total Suspended Solid (TSS)* berdasarkan data *ground truth* dari tahun 2003-2013, secara umum konsentrasi *TSS* terbilang rendah hanya sebagian stasiun yang memiliki konsentrasi *TSS* yang tinggi. Konsentrasi *TSS* tertinggi terjadi pada tahun 2003 dengan rata-rata konsentrasi antara 0,5 – 38 mg/l. Dengan lokasi yang memiliki konsentrasi *TSS* tertinggi berada di stasiun 50 (terletak jauh dari daratan dekat samudera Hindia) pada kedalaman 400 m yaitu sebesar 38 mg/l. Sedangkan konsentrasi *TSS* terendah terjadi pada tahun 2013 dengan rata-rata konsentrasi antara 0,06 – 0,1 mg/l. Dengan lokasi yang memiliki konsentrasi *TSS* terendah berada pada permukaan di stasiun 52 (terletak jauh dari daratan dekat samudera Hindia) yaitu sebesar 0,0372 mg/l. Persebaran konsentrasi *TSS* pada tahun 2003-2013 tidak merata pada setiap stasiun hal ini disebabkan adanya faktor-faktor yang mempengaruhi seperti arus permukaan, angin, waktu pengambilan data dan kondisi fisik perairan.
3. Adapun hubungan antara data *ground truth* dan pengolahan citra pada penelitian ini menggunakan metode korelasi linear. Korelasi linear nilai *TSS* antara citra Aqua MODIS dan data *ground truth* adalah sebesar 81,3%. Artinya kedua data tersebut memiliki hubungan yang cukup kuat.
4. Berdasarkan dari hasil peta sebaran *TSS* dari tahun 2003, 2009, dan 2013 dapat disimpulkan bahwa kualitas air di laut Senunu tergolong bersih.

## Saran

Dari pelaksanaan penelitian ini, terdapat saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Pengambilan data lapangan (*ground truth*) sebaiknya memiliki jangka waktu yang tidak terlalu jauh atau sesuai dengan waktu pengambilan data lapangan sehingga diperoleh tingkat ketelitian hasil yang lebih baik.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya memilih algoritma yang sesuai dengan citra dan keadaan perairan di Indonesia.
3. Dalam melakukan uji validasi sebaiknya pilih metode yang sesuai dengan penelitian, sehingga didapatkan hubungan atau korelasi yang kuat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. Final Report Deep Sea Research at Senunu Canyon, Lombok Basin, South West Sumbawa, Indian Ocean. LIPI – Oseanografi di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat May, June, and October 2003. Jakarta : LIPI – Oseanografi.
- Anonim. 2010. Final Report Deep Sea Research at Senunu Canyon, Lombok Basin, South West Sumbawa, Indian Ocean. LIPI – Oseanografi di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat May, June, and October 2009. Jakarta : LIPI – Oseanografi.
- Azis, M. Furqon. 2006. Gerak Air di Laut. Oseana, Volume XXXI, Nomor 4, 9-21.
- Bambang Triatmodjo. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta.
- Clescerl, Leonore S.(Editor), Greenberg, Arnold E.(Editor), Eaton, Andrew D. (Editor). 1905. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.) American Public Health Association, Washington, DC.
- Danoedoro, Projo. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta: Andi. Dikunjungi pada tanggal 1 Januari 2015, jam 09.15.
- Dirhamsyah, dkk. 2013. Final Report Deep Sea Research at Senunu Canyon, Lombok Basin, South West Sumbawa, Indian Ocean. LIPI – Oseanografi di Laut

- Senunu, Nusa Tenggara Barat 2013.  
Jakarta : LIPI – Oseanografi.
- Draper, Norman dan Smith, Harry. 1992. Analisis Regresi Terapan. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Guzman dan Santaella. 2009. Using Modis 250m Imagery to Estimate Total Suspended Sediment in a Tropical Open Bay. International Journal of System Application, Engineering dan Development.
- Hasanudin, M. 1998. Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Oseana, Volume XXIII, Nomor 2, 1-9.
- Lillesand, T.M., dan Kiefer, R.W. 1994. Remote Sensing and Image Interpretation. New York. John Wiley&Son, Inc.
- Lukisworo, Bambang. 2011. Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri.
- Peraturan Menteri Negeri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Purwadhi, F. H. 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Rusdi, Andi. 2010. Analisis Regresi. Surabaya.
- Reilly O, Moritorenna JES, Mitchell BE, Siegel DA, Cardel KL, Garver SA. 1998. Ocean Color Chlorophyll-a Algorithms for Sea WIFS, OC-2 and OC-4. NASA Boddord Space Flight Center. Hlm 9-23.
- Triatmojo, B.1999. Teknik Pantai. Yogyakarta : Beta Offset.