

**ANALISIS SPASIAL PERUBAHAN LUASAN MANGROVE  
AKIBAT PENGARUH LIMPASAN SEDIMENTASI TERSUSPENSI  
DENGAN METODE PENGINDERAAN JAUH  
(Studi Kasus : Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah)**

**Fatimah Putri Utami, Yudo Prasetyo, Abdi Sukmono<sup>\*)</sup>**

*Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
Email : geodesi@undip.ac.id*

**ABSTRAK**

Indonesia sebagai negara maritim memiliki garis pantai sepanjang 99.093 kilometer dan 70% dari luasan total wilayah nusantara terdiri atas lautan dengan daerah-daerah sekitar pesisir tergenang air yang dipengaruhi oleh adanya pasang surut air laut. Kawasan pesisir tersebut sangat berpotensi untuk menunjang kemakmuran kehidupan manusia, salah satunya pengembangan vegetasi pesisir dan area konservasi ekosistem hutan mangrove yang dapat berkontribusi besar sebagai paru-paru dunia. Konsentrasi hutan mangrove terbesar Kabupaten Cilacap terletak di kawasan estuari Segara Anakan. Adanya limpasan sedimentasi dari daerah hulu ke Segara Anakan tersebut menimbulkan dampak positif bagi keberadaan mangrove karena munculnya tanah timbul yang berlumpur sehingga berpotensi menjadi habitat mangrove. Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang sangat pesat dapat dimanfaatkan sebagai monitoring kualitas lingkungan seperti kontrol degradasi hutan mangrove, selain itu dapat monitoring perubahan kualitas perairan akibat limpasan sedimentasi tersuspensi dari bagian hulu sungai.

Pada penelitian ini, dilakukan identifikasi hutan mangrove dan ekstraksi nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) menggunakan citra satelit Landsat multitemporal yaitu citra satelit *Landsat 5 TM* tahun 1994, *Landsat 7 ETM+* tahun 2003, *Landsat 8 OLI TIRS* tahun 2015. Metode klasifikasi citra untuk mengidentifikasi hutan mangrove menggunakan klasifikasi terbimbing dengan lima kelas, yaitu vegetasi mangrove, non mangrove, lahan, pemukiman dan hidrografi. Sedangkan pemisahan perairan dan daratan untuk mendapatkan morfologi laguna Segara Anakan menggunakan klasifikasi terbimbing dengan kombinasi *band* serta untuk mengekstraksi konsentrasi TSS digunakan algoritma Syarif budiman (2004) dan Parwati (2006)

Hasil analisis menunjukkan luas hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan Kabupaten Cilacap pada tahun 1994 sebesar 7955 Ha, tahun 2003 seluas 6333 Ha serta pada tahun 2015 seluas 5796 Ha, Selama kurun waktu tahun 1994-2003 abrasi hutan mangrove sebesar 2756 Ha, akresi hutan mangrove 1134 Ha, sedangkan pada rentang tahun 2003-2015 terjadi abrasi hutan mangrove sebesar 2163 Ha, akresi hutan mangrove 1626 Ha. Selain itu hasil penelitian membuktikan bahwa besaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dari ekstraksi data citra satelit yang diolah menggunakan Algoritma Parwati dan Syarif Budiman berpengaruh secara signifikan positif terhadap data hasil pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) di lapangan dengan tingkat signifikansi 5%.

**Kata Kunci :** Mangrove, Landsat, Supervised Classification, Total Suspended Solid (TSS), Segara Anakan

**ABSTRACT**

Indonesia as maritime country has a coastline along the 99.093 kilometer and 70% of the total area of the archipelago is made up of the ocean with surrounding coastal areas flooded that are affected by the tide. The coastal area is very potential to support the prosperity of the human life, one being the development of coastal vegetation and mangrove forest ecosystem conservation areas that can contribute as the lungs of the world. The density of Mangrove forests is located in estuary area Segara Anakan of Cilacap. Runoff sedimentation in the upper Segara Anakan gave positive impact for the existence of mangrove vegetation because arise of delta muddy its potentially become mangrove habitat. The development of remote sensing technologies very rapidly that can be utilized as monitoring environmental quality control such as degradation of the mangrove forests, besides able to monitoring changes in the quality of waters due to runoff and sedimentation are suspended from the upper reaches of the river.

In this study, the mangrove forests identification and the extraction of concentration Total Suspended Solid (TSS) value using satellite imagery Landsat multitemporal such as Landsat 5 TM 1994, Landsat 7 ETM + in 2003, Landsat 8 OLI TIRS 2015. Image classification methods for identifying mangrove forests using the supervised classification with five classes. There are non mangrove vegetation, mangroves, land, residential and hydrographic. As for the separation of the waters and the mainland to get the lagoon morphology of Segara Anakan also uses the

<sup>\*)</sup> Penulis, PenanggungJawab

*supervised classification with band combinations as well as to extract TSS concentrations using algorithms Syarif Budiman (2004) and Parwati (2006).*

*The results of this research showed that the extensive mangrove forests in Segara Anakan, Cilacap in 1994 is around 7955 Ha, in 2003 is around 6333 Ha and in 2015 is around 5796 Ha, during the years 1994-2003 abrasion mangrove forests of 2756 Ha, accretion of mangrove forests 1134 Ha, whereas in the 2003-2015 ranges occur abrasion of 2163 Ha of mangrove forests, mangrove forest accretion 1626 Ha. Moreover, the research results proved that the massive concentration of Total Suspended Solid (TSS) from the extraction of satellite image data is processed using algorithms Parwati and Sharif Budiman have significant influence and positively to measurement data Total Suspended Solid (TSS) in the field with a significance level of 5%.*

**Keywords:** Mangrove, Landsat, Supervised Classification, Total Suspended Solid (TSS), Segara Anakan

## I. Pendahuluan

### I.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara maritim memiliki garis pantai sepanjang 99.093 km, terbesar kedua setelah Kanada. Kurang lebih 70% dari luasan total wilayah nusantara terdiri atas lautan dengan daerah sekitar pesisir tergenang air yang dipengaruhi oleh adanya pasang surut air laut. Kawasan pesisir tersebut sangat berpotensi dalam pengembangan vegetasi pesisir dan area konservasi ekosistem hutan mangrove yang dapat berkontribusi besar sebagai paru-paru dunia. Menurut Lembaga Pengkajian dan Pengembangan Mangrove (1998), hutan mangrove di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah merupakan hutan mangrove terluas di Pulau Jawa. Konsentrasi hutan mangrove terbesar Cilacap terletak dikawasan estuari Segara Anakan. Pada kawasan Segara Anakan ini terdapat sebuah laguna yang merupakan muara dari sungai-sungai besar seperti Sungai Citanduy, Sungai Cibeureum, Sungai Palindukan dan Sungai Cikonde.

Pada muara-muara sungai besar ini area mangrove berpotensi dapat menjadi sangat luas dikarenakan timbulnya delta baru yang memiliki struktur tanah berlumpur akibat hasil akumulasi sedimentasi dan merupakan pertemuan antara air tawar dan air asin dari Samudera Hindia sehingga menyebabkan kawasan tersebut menjadi kawasan air payau. Material-material yang dibawa dari hulu merupakan jenis sedimen rawa berupa lempung, lanau serta tercampur dengan material organik sehingga membentuk endapan aluvial di Segara Anakan. Selain itu adanya Pulau Nusakambangan mendukung kawasan Segara Anakan terlindungi dari pengaruh gelombang laut Samudera Hindia yang sangat kuat sehingga kawasan tersebut dapat menjadi habitat terbaik bagi tumbuhnya vegetasi mangrove.

Kemajuan teknologi yang pesat saat ini berdampak positif dalam keilmuan penginderaan jauh. Citra satelit dapat digunakan untuk mengidentifikasi ekosistem hutan mangrove karena letak geografis vegetasi mangrove berada pada peralihan antara daratan dan lautan sehingga vegetasi mangrove akan memberikan efek perekaman khas jika dibandingkan vegetasi darat lainnya (Faizal A., 2005). Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dapat pula dimanfaatkan untuk mengetahui indikator

kualitas lingkungan perairan, salah satunya yaitu *Total Suspended Solid (TSS)*.

Nilai konsentrasi TSS tersebut dapat diperoleh dari ekstraksi data citra satelit dengan menggunakan algoritma penduga konsentrasi TSS. Melalui tugas akhir ini dilakukan analisis perubahan luasan hutan mangrove dan nilai konsentrasi *Total Suspended Solid (TSS)* di Segara Anakan sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman *stakeholder* dalam melakukan upaya pengelolaan kawasan pesisir terutama di daerah lingkup kajian penelitian ini.

### I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana besaran konsentrasi *Total Suspended Solid (TSS)* di Segara Anakan yang diperoleh dari hasil ekstraksi data citra *Landsat 5 TM* dan *Landsat 7 ETM+*?
2. Bagaimana pengaruh limpasan sedimentasi tersuspensi terhadap perubahan luas lahan mangrove di Segara Anakan?
3. Bagaimana nilai kepercayaan data konsentrasi *Total Suspended Solid (TSS)* hasil dari reflektansi *Landsat 5 TM* dan *Landsat 7 ETM+* dengan hasil konsentrasi *Total Suspended Solid* insitu di Segara Anakan?

### I.3. Ruang Lingkup Masalah

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Daerah yang menjadi objek penelitian adalah Kawasan Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah.
2. Citra satelit yang digunakan adalah *Landsat 5 TM* tahun 1994, *Landsat 7 ETM+* tahun 2003 dan 2015, *Landsat 8 OLI TIRS* tahun 2015
3. Metode yang digunakan untuk mendeteksi vegetasi mangrove adalah metode *supervised classification* dan kombinasi kanal 564 untuk *Landsat 5*, *Landsat 7* dan kombinasi kanal 453 pada *Landsat 8 OLI TIRS*.
4. Metode yang digunakan untuk mengetahui bentuk morfologi laguna yaitu metode *supervised classification* dengan kombinasi kanal 542 pada *Landsat 5* dan *Landsat 7*.

5. Algoritma TSS yang digunakan yaitu algoritma Syarif budiman (2004) dan Parwati (2006)
6. Uji signifikansi dilakukan dengan melakukan survei lapangan dan uji statistik.

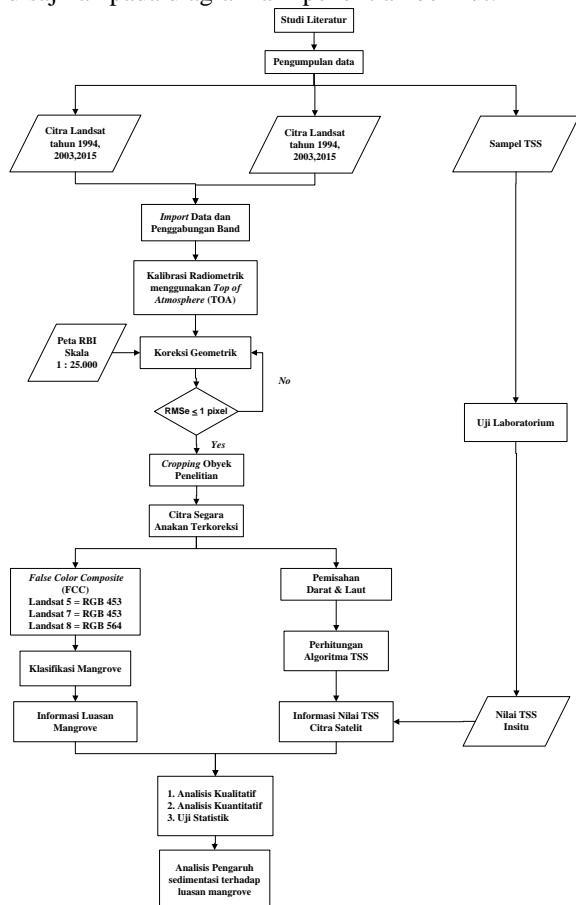
**I.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui konsentrasi sedimentasi tersuspensi atau *Total Suspended Solid* (TSS) di Segara Anakan dari data citra *Landsat 5 TM* dan *Landsat 7 ETM+*.
2. Menganalisis spasial pengaruh sedimentasi terhadap perubahan luasan lahan mangrove di Segara Anakan.
3. Mengetahui kesuaian algoritma dalam pengolahan citra satelit untuk mengetahui konsentrasi *Total Suspended Solid* dengan data pengukuran insitu di Segara Anakan.

**I.5. Metodologi Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada diagram alir penelitian berikut:



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

**I.6. Alat dan Data Penelitian**

Peralatan dan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat Penelitian

Alat yang diperlukan untuk penelitian ini terdiri dari dua komponen :

- a. Perangkat keras (*hardware*)  
Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - a) Merek laptop : DELL n series
  - b) Sistem Operasi: Windows 7 Ultimate 64-bit
  - c) Processor : Intel(R) Core(TM) i5-2410M, CPU @2.30 GHz
  - d) RAM : 2.00 GB
- b. Perangkat Lunak
  - a) ENVI 5.1
  - b) ArcGIS 10.2.2
  - c) Microsoft Office 2007
  - d) Microsoft Visio 2007
  - e) SPSS Statistic 17.0

Adapun peralatan tambahan lain, diantaranya:

- a) 1 unit *GPS Handheld Garmin 78s*
- b) Kapal survei

2. Data Penelitian

Data Spasial yang digunakan:

Tabel I.1. Data Penelitian

No	Data	Sumber Data	Akuisisi Data
1	Citra Satelit <i>Landsat Path</i> 121 Row 65	Hasil unduh dari : <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>	26 Mei 1994
2	Citra Satelit <i>Landsat Path</i> 121 Row 65	Hasil unduh dari : <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>	19 Januari 2003
3	Citra Satelit <i>Landsat Path</i> 121 Row 65	Hasil unduh dari : <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>	29 Juni 2015
4	Citra Satelit <i>Landsat Path</i> 121 Row 65	Hasil unduh dari : <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>	24 Agustus 2015
5	Peta Administrasi Kabupaten Cilacap	BAPPEDA Kabupaten Cilacap	Tahun 2015
6	Citra Satelit <i>Quickbird</i> Kabupaten Cilacap	BAPPEDA Kabupaten Cilacap	Tahun 2013
7	Peta RBI Kabupaten Cilacap skala 1:25.000	BAPPEDA Kota Semarang	Tahun 2013

Data Non Spasial yang digunakan :

- a. Beberapa sampel data kualitas air hasil pengukuran di lapangan (Insitu).
- b. Data koordinat titik sampel pengukuran di lapangan.

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1. Definisi dan Konsep Dasar Mangrove**

Indonesia sebagai negara “Mega Biodiversity” merupakan kawasan hutan hujan tropis yang kaya akan keanekaragaman makhluk hidup. Salah satu jenis ekosistem hutan hujan tropis adalah hutan mangrove.

Mangrove memiliki kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti kondisi tanah yang tergenang, kadar garam yang tinggi serta kondisi tanah yang kurang stabil (Noor, Y.R., dkk, 1999). Jenis mangrove di kawasan estuari Segara Anakan memiliki tingkat variasi yang beragam yaitu terdapat 26 jenis mangrove dari 89 jenis total keseluruhan jenis mangrove yang ada di Indonesia (KPSKSA, 2009).

Adanya *barrier* (pengalang) alami yaitu Pulau Nusakambangan mengakibatkan masuknya pengaruh

pasang surut Samudera Hindia dari kanal Plawangan Barat (*western outlet*) dan kanal Plawangan Timur (*eastern outlet*) bertemu dengan suplai air tawar dari berbagai sungai besar sehingga kawasan Segara Anakan menjadi merupakan habitat terbaik bagi tumbuh kembangnya vegetasi mangrove.

**II.2. Sedimentasi**

Sedimentasi adalah proses pengangkutan material tersuspensi oleh gerakan air dan angin yang kemudian mengendap (Rifardi, 2012). Berdasarkan transpor sedimen, sedimentasi diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu:

- a. Sedimen tersuspensi (*suspended solid*)  
Partikel sedimen sangat kecil bergerak melayang bersama aliran air.
- b. Sedimen dasar (*bed load*)  
Partikel sedimen berukuran besar dan selalu berada di dekat dasar sungai.

Akumulasi sedimentasi menyebabkan munculnya tanah timbul yang semakin lama semakin meluas. Beberapa sungai yang membawa material sedimentasi ke Segara Anakan adalah Sungai Citanduy, Sungai Cikonde dan Sungai Cibeureum.

**II.3. Penginderaan Jauh Vegetasi Mangrove dan Sedimentasi**

Menurut Ardiansyah (2015), pengertian penginderaan jauh (*Remote Sensing*) adalah suatu ilmu atau teknologi dalam memperoleh informasi suatu obyek tanpa menyentuh atau berkontak fisik secara langsung dengan obyek yang dikaji.

Menurut Susilo (2000), penginderaan jauh vegetasi mangrove didasarkan atas dua sifat penting yaitu bahwa mangrove tumbuh di daerah pesisir dan mempunyai zat hijau daun (klorofil). Sifat optik menyerap spektrum sinar merah dan sangat kuat memantulkan spektrum inframerah. Klorofil fitoplankton yang berada di laut dapat dibedakan dari klorofil mangrove karena sifat air yang menyerap spektrum inframerah. Tanah, pasir dan batuan juga memantulkan inframerah tapi tidak menyerap sinar merah sehingga tanah dan mangrove secara optik juga dapat dibedakan dari nilai pantulan tersebut. Penggunaan komposit *band* yang tepat untuk mendeteksi vegetasi mangrove seperti *band* inframerah dekat (*Near Infrared*) dan cahaya tampak merah (*False Color*) akan memberikan visualisasi kontras antara vegetasi mangrove dan non mangrove.

Selain itu penginderaan jauh menggunakan citra satelit dapat juga dimanfaatkan untuk pengamatan kualitas air. Hal tersebut dapat dilakukan karena tingkat reflektan pada air memiliki panjang gelombang yang berbeda, tergantung material didalamnya. Nilai spektral air yang tidak mengandung material di dalamnya akan memiliki nilai spektral rendah dan terlihat gelap dibandingkan obyek air yang mengandung material sedimentasi yang akan terlihat lebih terang. (Ardiansyah, 2015).

**III. Pengolahan Data dan Hasil**

**III.1. Koreksi Geometrik**

Koreksi geometrik dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan proyeksi peta dengan cara membuat titik-titik GCP pada citra. Pada penelitian ini, koreksi geometrik menggunakan metode *Image to Map Rectification* dengan acuan Peta Rupa Bumi Kabupaten Cilacap skala 1:25.000. GCP diambil sebanyak 16 titik tiap citra dengan nilai RMS dapat dilihat pada tabel III.1 hingga III.4 :

Tabel III.1. Nilai RMS citra Landsat 5, 26 Mei 1994

No	Nilai RMS	No	Nilai RMS	No	Nilai RMS
1	0,27	7	0,03	13	0,14
2	0,01	8	0,12	14	0,29
3	0,08	9	0,19	15	0,19
4	0,11	10	0,07	16	0,29
5	0,26	11	0,29		
6	0,06	12	0,31		
<b>Rata-rata RMS Error :</b>					0,19606

Tabel III.2. Nilai RMS citra Landsat 7, 19 Januari 2003

No	Nilai RMS	No	Nilai RMS	No	Nilai RMS
1	0,23	7	0,29	13	0,24
2	0,14	8	0,27	14	0,21
3	0,22	9	0,32	15	0,13
4	0,26	10	0,34	16	0,16
5	0,14	11	0,18		
6	0,36	12	0,13		
<b>Rata-rata RMS Error :</b>					0,238197

Tabel III.3. Nilai RMS citra Landsat , 29 Juni 2015

No	Nilai RMS	No	Nilai RMS	No	Nilai RMS
1	0,19	7	0,35	13	0,01
2	0,22	8	0,11	14	0,28
3	0,35	9	0,16	15	0,28
4	0,26	10	0,04	16	0,21
5	0,24	11	0,12		
6	0,21	12	0,23		
<b>Rata-rata RMS Error :</b>					0,223688

Tabel III.4. Nilai RMS citra Landsat 8, 24 Agustus 2015

No	Nilai RMS	No	Nilai RMS	No	Nilai RMS
1	0,07	7	0,04	13	0,04
2	0,11	8	0,16	14	0,07
3	0,08	9	0,07	15	0,08
4	0,04	10	0,07	16	0,05
5	0,05	11	0,02		
6	0,11	12	0,06		
<b>Rata-rata RMS Error :</b>					0,076625

Berdasarkan tabel III.1 hingga III.4, maka terjadi pergeseran pada koreksi geometrik tiap titik sebesar:

- 1. 26 Mei 1994  
0,196055 x (30 meter/piksel) = 5,88165 m
- 2. 19 Januari 2003  
0,238197 x (30 meter/piksel) = 7,14591 m



- 3. 29 Juni 2015  
0,223688 x (30 meter/piksel) = 6,71064 m
- 4. 24 Agustus 2015  
0,076625 x (30 meter/piksel) = 2,29875 m

**III.2. Uji Ketelitian Citra**

Nilai ketelitian posisi peta dasar dalam penelitian ini menggunakan standar ketelitian Badan Informasi Geospasial (BIG) yang mengacu pada standar NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) dengan tingkat kepercayaan 90% (CE90) untuk ketelitian horisontal.

Tabel III.5. Perhitungan Ketelitian Peta Dasar

No	X Peta	X Pengukuran	Y Peta	Y Pengukuran
ICP 1	257358,398	257354,469	9151200,648	9151203,391
ICP 2	259882,846	259880,544	9152020,312	9152016,359
ICP 3	264230,756	264231,783	9153919,864	9153916,421

dx	dx2	dy	dy2	dx2+dy2
3,929	15,437	-2,743	7,526	22,963
2,302	5,301	3,954	15,630	20,931
-1,027	1,055	3,443	11,854	12,909
Jumlah				56,804
rata-rata				18,935
RMSE				8,123
CE90				12,326

The circular map accuracy standard (CMAS):  
 CE90 = 1,5175 \* RMSE<sub>r</sub>  
 = 1,5175 x 8,123 m  
 = 12,326 m

Dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa peta hasil pengolahan memiliki ketelitian horisontal sebesar 12,326 meter. Kelas ketelitian peta ini adalah ketelitian horisontal kelas 3 pada skala 1:25.000.

**III.3. Kalibrasi Radiometrik**

Kalibrasi radiometrik merupakan teknik perbaikan citra satelit untuk menghilangkan efek atmosfer yang mengakibatkan perubahan nilai *digital number* pada rekaman citra permukaan bumi. Kesalahan disebabkan oleh pengaruh sudut elevasi matahari (*sun elevation*) dan jarak matahari bumi. Kalibrasi radiometrik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *handbook* satelit *Landsat 5 TM*, *Landsat 7 ETM+* dan *Landsat 8 OLI TIRS*.

Berikut kalibrasi radiometrik citra *Landsat 5 TM* dan *Landsat 7 ETM+* (Chander, G dkk, 2009):

1. Konversi Digital Number ke Radian

$$L_{\lambda} = \frac{(LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda})}{(Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min})} x (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + LMIN_{\lambda} \dots (3.1)$$

Keterangan :

- $L_{\lambda}$  = Spektral Radian di *aperture sensor* (W/(m<sup>2</sup>sr μm))
- $LMIN_{\lambda}$  = Spektral pada sensor radian pada skala  $Q_{cal\ min}$  W/(m<sup>2</sup>sr μm)
- $LMAX_{\lambda}$  = Spektral pada sensor radian pada skala  $Q_{cal\ max}$  W/(m<sup>2</sup>sr μm)
- DN = *Digital Number*

2. Konversi Radian ke TOA Reflectance

$$\rho P = \frac{\Pi \times L_{\lambda} \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times \cos \theta_s} \dots (3.2)$$

Keterangan :

- $\rho P$  = TOA *Reflectance*
- $\Pi$  = Konstanta matematika; 3.14159
- $L_{\lambda}$  = Spektral radian di *aperture sensor* W/(m<sup>2</sup>sr μm)
- D = jarak bumi-matahari dalam satuan astronomi
- $ESUN_{\lambda}$  = Rata-rata *exoatmospheric solar irradiance* W/(m<sup>2</sup> μm)
- $\theta_s$  = Sudut zenit matahari (derajat)

Kalibrasi radiometrik citra *Landsat 8 OLI TIRS* sebagai berikut (USGS, 2013):

1. Mengkonversi nilai DN ke TOA reflektansi

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \dots (3.3)$$

2. Koreksi TOA reflektansi dengan sudut matahari:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta SZ)} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta SE)} \dots (3.4)$$

Keterangan:

- $\rho_{\lambda}'$  = Reflektan TOA yang belum terkoreksi sudut matahari.
- $M_{\rho}$  = Faktor skala (*Band-specific multiplicative rescaling factor*) (REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x adalah nomor kanal)
- $A_{\rho}$  = Faktor penambah (*Band-specific additive rescaling factor*) (REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, di mana x adalah nomor kanal).
- $Q_{cal}$  = Nilai piksel (DN)
- $P_{\lambda}$  = Reflektan TOA terkoreksi sudut matahari
- $\theta SE$  = Sudut elevasi matahari (*Local sun elevation angle*)
- $\theta SZ$  = Sudut zenith matahari;  $\theta SZ = 90^{\circ} - \theta SE$

**III.4. Identifikasi Vegetasi Mangrove**

Komposit *band* bertujuan untuk mendeteksi vegetasi mangrove agar menampilkan kenampakan yang kontras dengan vegetasi lainnya sehingga mempermudah dalam melakukan interpretasi mangrove. Komposit *band false color* yang digunakan dalam pengolahan adalah sebagai berikut:

- a. Landsat 5 dan Landsat 7 = kombinasi *band* 564
- b. Landsat 8 = kombinasi *band* 453

Hasil komposit RGB tersebut akan mempertajam visualisasi vegetasi mangrove dibandingkan dengan vegetasi lainnya. Kenampakan vegetasi mangrove akan lebih kontras berwarna oranye kecoklatan dibandingkan vegetasi lainnya dikarenakan penggunaan kombinasi band NIR dan *Red band* memiliki perbedaan (GAP) reflektan yang besar antara obyek air, vegetasi, dan mangrove yang memiliki habitat tergenang air.

**III.5. Separabilitas ROI**

Analisis separabilitas merupakan proses evaluasi *region of interest* yang bertujuan untuk mengetahui jarak keterpisahan antar klasifikasi. Dalam penelitian Jaya (2002), kriteria separabilitas sebagai berikut:

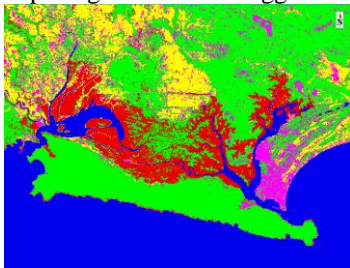
TD 2000 = sangat baik (*excellent*),

1900 – 2000 = baik (*good*),  
 1800 – 1900 = cukup (*fair*),  
 1600 – 1800 = kurang (*poor*), dan  
 <1600 = tidak dapat dipisahkan (*inseperable*)

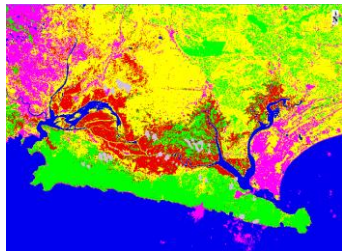
Hasil analisis separabilitas pada penelitian ini dapat diketahui *region of interst* pengolahan citra memiliki rentang nilai antara 1,805-2,000 (dalam *software ENVI* nilai berbentuk desimal), sehingga berdasarkan kriteria separabilitas, pengolahan citra tersebut dapat dilakukan proses klasifikasi.

**III.6. Klasifikasi Terbimbing**

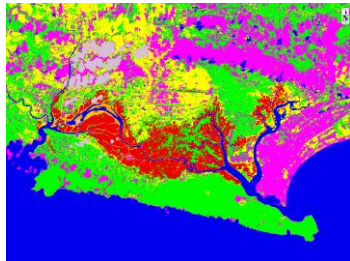
Klasifikasi terbimbing atau dikenal dengan *Supervised Classification* adalah pengolahan citra dengan cara pengambilan beberapa sampel piksel / *region of interest* untuk mendapatkan karakteristik piksel masing-masing obyek / kelas yang kemudian dikelompokkan berdasarkan karakteristik nilai piksel tersebut. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Kelas klasifikasi terdiri dari 5 kelas yaitu mangrove, vegetasi non mangrove, lahan, hidrografi dan pemukiman. Hasil klasifikasi dapat dilihat pada gambar III.5 hingga III.7 :



Gambar III.1 Hasil Klasifikasi Landsat 5 akuisisi tahun 1994



Gambar III.2 Hasil Klasifikasi Landsat 7 akuisisi tahun 2003



Gambar III.3 Hasil Klasifikasi Landsat 8 akuisisi tahun 2015

**III.7. Uji Akurasi Hasil Klasifikasi**

Uji akurasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kebenaran dari model klasifikasi yang telah dilakukan dengan data validasi lapangan (*ground check*). Penggunaan citra satelit resolusi tinggi digunakan sebagai acuan dalam interpretasi obyek yang memiliki daerah sangat sulit dijangkau jika

dilakukan survei lapangan. Dalam penelitian ini menggunakan citra satelit *Quickbird* Segara Anakan. Berikut hasil uji akurasi klasifikasi dapat dilihat pada tabel III.6 hingga III.8 :

Tabel III.6. Matriks konfusi citra tahun 1994

Kelas	Mangrove	Vegetasi Non Mangrove	Hidrografi	Lahan	Pemukiman	Total	Komisi (pixel)	Omisi (pixel)
Mangrove	110	2	0	2	0	114	0,035	0,009
Vegetasi Non Mangrove	1	259	0	72	5	337	0,231	0,072
Hidrografi	0	0	278	0	0	278	0,000	0,000
Lahan	0	7	0	168	3	178	0,056	0,344
Pemukiman	0	11	0	14	16	41	0,610	0,333
Total	111	279	278	256	24	948		

	Producer's Accuracy (%)	User's Accuracy (%)
Mangrove	99,1	96,49
Vegetasi Non Mangrove	92,83	76,85
Hidrografi	100	100
Sawah	65,63	94,38
Pemukiman	66,67	39,02

Overall Accuracy = 87,6282 %  
 Kappa Accuracy (K<sub>hat</sub>) = 0,8340

Tabel III.7. Matriks konfusi citra tahun 2003

Kelas	Mangrove	Vegetasi Non Mangrove	Hidrografi	Lahan	Pemukiman	Total	Komisi (pixel)	Omisi (pixel)
Mangrove	107	3	0	2	0	112	0,134	0,045
Vegetasi Non Mangrove	5	254	0	2	1	262	0,031	0,102
Hidrografi	0	0	281	10	5	296	0,051	0,000
Lahan	0	26	0	84	9	119	0,000	0,389
Pemukiman	0	26	0	84	9	119	0,924	0,400
Total	112	283	281	252	10	943		

	Producer's Accuracy	User's Accuracy
Mangrove	95,54	95,54
Vegetasi Non Mangrove	89,75	95,54
Hidrografi	100	94,93
Lahan	61,11	100
Pemukiman	60	7,56

Overall Accuracy = 85,3659%  
 Kappa Accuracy (K<sub>hat</sub>) = 0,8083

Tabel III.8. Matriks konfusi citra tahun 2015

Kelas	Mangrove	Vegetasi Non Mangrove	Hidrografi	Lahan	Pemukiman	Total	Komisi (pixel)	Omisi (pixel)
Mangrove	117	1	0	0	0	118	0,008	0,008
Vegetasi Non Mangrove	1	240	0	10	1	252	0,048	0,004
Hidrografi	0	0	173	20	2	195	0,113	0,006
Lahan	0	0	1	179	1	181	0,011	0,248
Pemukiman	0	0	0	29	11	40	0,725	0,267
Total	118	241	174	238	15	786		

	Producer's Accuracy (%)	User's Accuracy (%)
Mangrove	99,15	99,15
Vegetasi Non Mangrove	99,59	95,24
Hidrografi	99,43	88,72
Lahan	75,21	98,9
Pemukiman	73,33	28,95

Overall Accuracy = 85,3659%  
 Kappa Accuracy (K<sub>hat</sub>) = 0,8083

Hasil pengolahan klasifikasi sudah dianggap benar jika hasil *confusion matrix* ≥ 80%. Sedangkan kriteria akurasi berdasarkan nilai *KappaCoefficient*

menurut Landis dan Koch (1977), dalam Ardiansyah, 2015) dibagi menjadi tiga kelas yaitu:

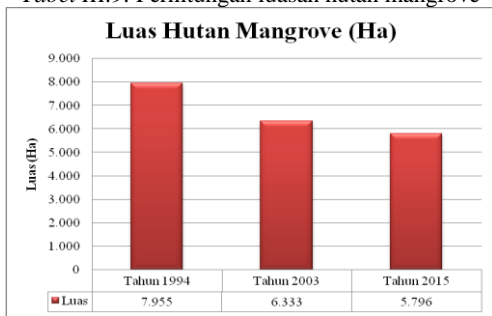
- 0 – 0,4 = rendah
- 0,4- 0,8 = sedang
- 0,8 -1 = tinggi

Berdasarkan hasil pengolahan klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode *supervised classification* sudah memenuhi kriteria tingkat kebenaran model klasifikasi.

**III.8. Hasil Perhitungan Luasan Mangrove**

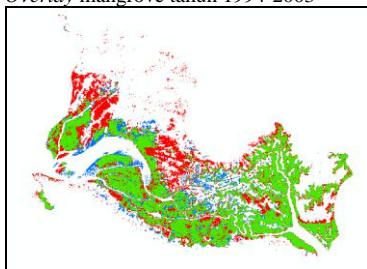
Berdasarkan hasil pengolahan *Supervised Classification* menggunakan *software ENVI 5.1* kelas vegetasi mangrove di *export* menjadi data vektor dan dilakukan perhitungan luasan mangrove dari tahun ke tahun untuk mengetahui adanya perubahan luasan hutan mangrove. Hasil perhitungan luasan mangrove disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel III.9. Perhitungan luasan hutan mangrove



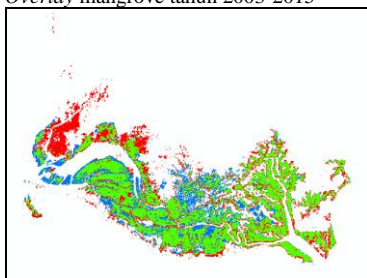
Hasil proses kemudian di *overlay* untuk mendapatkan area yang mengalami pengurangan (abrasi) maupun penambahan (akresi) hutan mangrove. Hasil proses *overlay* sebagai berikut:

Overlay mangrove tahun 1994-2003



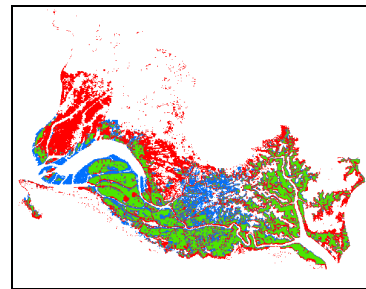
Tahun 1994 - 2003	
Abrasi	2756 Ha
Akresi	1134 Ha

Overlay mangrove tahun 2003-2015



Tahun 2003 - 2015	
Abrasi	2163 Ha
Akresi	1626 Ha

Overlay mangrove tahun 1994-2015

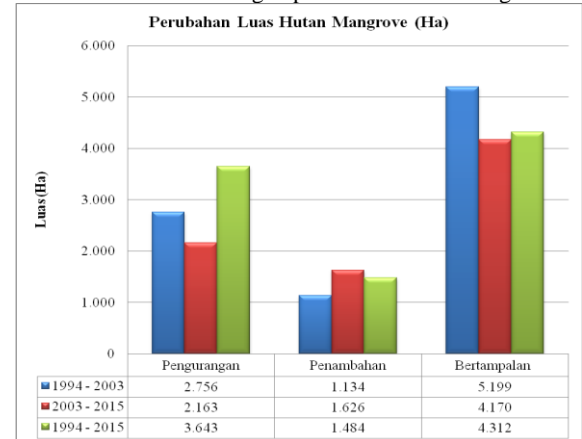


Tahun 1994 - 2015	
Abrasi	3643 Ha
Akresi	1484 Ha

- Pengurangan
- Penambahan
- Bertampalan

Gambar III.4. Perubahan luas mangrove Segara Anakan

Tabel III.10. Perhitungan perubahan hutan mangrove



Dari hasil perhitungan luasan hutan mangrove tiap tahun maka didapat:

1. Perubahan luas area hutan mangrove pada tahun 1994-2003, yaitu: pengurangan hutan mangrove (abrasi) sebesar 2756 Ha, penambahan hutan mangrove (akresi) 1134 Ha dan area yang bertampalan sebesar 5199 Ha.
2. Perubahan luas area hutan mangrove pada tahun 2003-2015, yaitu: pengurangan hutan mangrove (abrasi) sebesar 2163 Ha, penambahan hutan mangrove (akresi) 1626 Ha dan area yang bertampalan sebesar 4170 Ha.
3. Perubahan luas area hutan mangrove pada tahun 1994-2015, yaitu: pengurangan hutan mangrove (abrasi) sebesar 3643 Ha, penambahan hutan mangrove (akresi) 1484 Ha dan area yang bertampalan sebesar 4312 Ha.

**III.9. Pemisahan Darat dan Laut**

Dalam pengolahan citra satelit ini dilakukan ekstraksi data hidrografi dengan cara pemisahan daratan dan perairan yang bertujuan untuk mengetahui nilai konsentrasi TSS di suatu perairan. Proses ini menjadikan nilai daratan dan awan menjadi 0 sehingga kedua area tersebut tidak terhitung nilainya. Komposit *band* menggunakan kombinasi RGB 542 pada *Landsat 5* dan *Landsat 7* dikarenakan kombinasi tersebut memiliki perbedaan reflektan yang besar antara air dan daratan.

**III.10. Algoritma Total Suspended Solid**

Proses input algoritma TSS bertujuan untuk membuat citra satelit *Landsat* memiliki nilai *digital*

number (DN) yang akan mempresentasikan nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* di suatu perairan. Dalam penelitian ini digunakan dua algoritma yaitu Algoritma Syarif Budiman dan Algoritma Parwati.

Pada Algoritma Syarif Budiman digunakan konstanta A dan S dalam persamaan sebagai berikut:

$$TSS \text{ (mg/l)} = A * \exp^{(S * R(0-) \text{redband})} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

TSS = *Total Suspended Solid*

R(0-) redband = *irradiant reflectan*

Sedangkan algoritma yang merupakan hasil penelitian Ety Parwati tentang upaya pengawasan kualitas lingkungan perairan pantai akibat industri dijabarkan sebagai berikut:

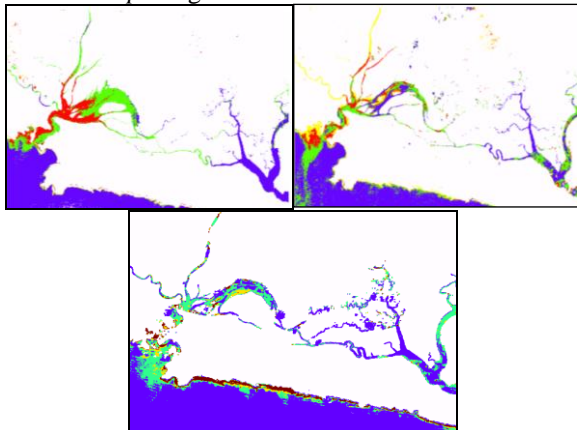
$$TSS \text{ (mg/L)} = 3,3238 * \exp(34,099 * \text{Red Band}) \dots\dots (3.5)$$

Keterangan :

TSS = nilai *Total Suspended Solid* (TSS)

Red band = nilai reflektan band 3

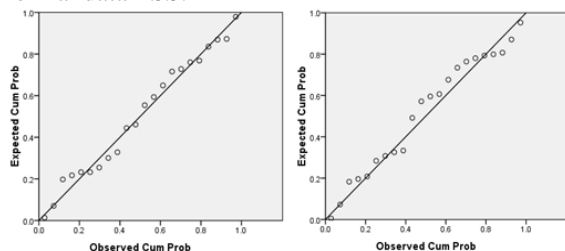
Berikut morfologi perairan Segara Anakan dan hasil *input* algoritma TSS:



Gambar III.7. Pola *Total Suspended Solid* (a) 1994, (b) 2003, (c) 2015

**III.11. Analisis Korelasi Algoritma *Total Suspended Solid* (TSS) dengan data Insitu**

Dalam penelitian ini dilakukan uji statistika untuk memperkuat hasil pengolahan dan perhitungan. Berdasarkan proses pengolahan selektif, dari 34 titik sampel insitu di lapangan, hanya 22 titik sampel yang digunakan, karena 12 titik sampel lainnya pada citra satelit tertutup oleh awan sehingga tidak dapat diperoleh nilai TSS nya. Berikut hasil uji distribusi normal data TSS:



Gambar III.8 *Probability plot*

Grafik tersebut menunjukkan normal *probability plot* yang mendekati garis diagonal,

sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi memenuhi asumsi normalitas.

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu uji koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan uji signifikansi parameter individual (uji t). Hasil uji ( $R^2$ ) dapat dilihat pada tabel III.11 berikut:

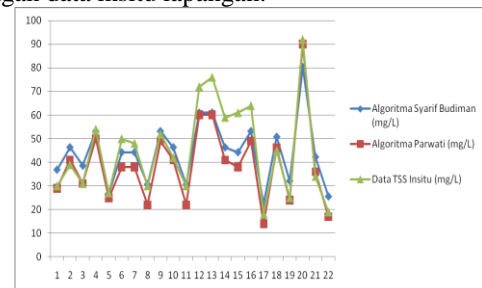
Tabel III. 11. Hasil uji regresi

Algoritma	$R^2$	Adjusted $R^2$	Sig	RMSE
Algoritma Syarif Budiman	0,876	0,870	0,000	1,444
Algoritma Parwati	0,865	0,865	0,000	1,425

Hasil uji statistik determinasi penggunaan algoritma Syarif Budiman menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,870. Hal tersebut menunjukkan penggunaan algoritma Syarif Budiman menjelaskan keterkaitan variasi data insitu sebesar 87 %. Sisanya sebesar 13% variasi data insitu dijelaskan oleh variabel lain. Sedangkan nilai  $R^2$  algoritma Parwati sebesar 0,865 yang berarti penggunaan algoritma Parwati terdapat keterkaitan variasi data insitu sebesar 86,5% dan 13,5% variasi data insitu dijelaskan oleh variabel lain selain variabel tersebut. Kesimpulan dari data di atas yaitu dalam penelitian ini penggunaan Algoritma Parwati lebih sesuai digunakan karena hasil korelasi sebesar 86,5% pada tingkat signifikansi 5% dan RMSE rata-rata sebesar 1,425 lebih kecil dibandingkan Algoritma Syarif Budiman.

**III.12. Analisis Perbandingan Nilai Konsentrasi TSS Citra Satelit dengan Hasi TSS Insitu**

Dalam penelitian ini citra satelit *Landsat 8 OLI TIRS* pada saat pengambilan sampel *Total Suspended Solid* (TSS) tanggal 21 Juni mengalami tutupan awan yang sangat banyak di area perairan Segara Anakan sehingga tidak dapat diperoleh informasi yang cukup untuk mengetahui nilai konsentrasi TSS. Oleh karena itu untuk menutupi kelemahan citra satelit optis tersebut, dilakukan alternatif penggunaan data citra satelit *Landsat 7 ETM+* akuisisi data 29 Juli 2015 yang berbeda 1 minggu dari waktu pengambilan sampel air. Berikut perbandingan konsentrasi TSS kedua algoritma dengan data insitu lapangan:



Gambar III.9. Grafik hubungan TSS citra dengan insitu

Berdasarkan grafik diatas, nilai konsentrasi TSS kedua algoritma memiliki kecenderungan pola yang sama dengan TSS insitu, akan tetapi terdapat beberapa titik yang berbeda secara signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan waktu 1 minggu pengambilan data insitu dengan waktu perekaman



citra dan kondisi citra satelit mendapat gangguan atmosfer, awan maupun kabut tipis (*haze*).

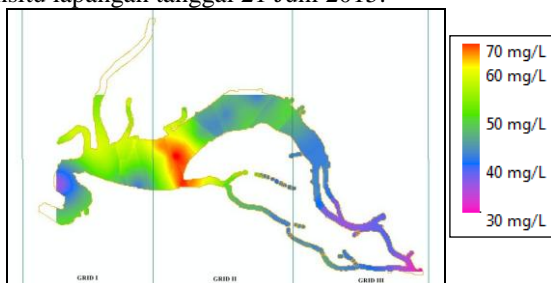
**III.13. Analisis Korelasi Pola Persebaran Total Suspended Solid (TSS) secara Visual**

Pada pola persebaran citra satelit Landsat 7 ETM+ akuisisi data 29 Juli 2015 dilakukan perbandingan dengan pola hasil interpolasi data pengambilan sampel insitu di lapangan tanggal 21 Juni 2015. Perbandingan ini bertujuan untuk mengamati adanya korelasi secara visual antara pola persebaran TSS citra dengan pola persebaran TSS insitu.

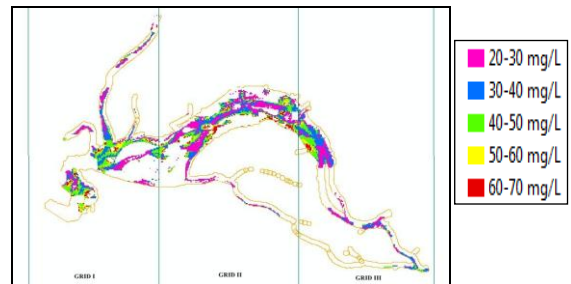
Evaluasi dilakukan dengan cara melakukan interpolasi titik validasi TSS di Segara Anakan. Data titik validasi insitu di asumsikan sebagai data yang memiliki tingkat akurasi dan presisi lebih tinggi dibandingkan dengan data citra satelit, karena data hasil insitu lapangan lebih menggambarkan kondisi riil TSS di perairan Segara Anakan. Sedangkan nilai konsentrasi TSS citra merupakan suatu algoritma yang dibangun untuk model pendekatan penduga konsentrasi TSS yang bertujuan mempermudah dalam penafsiran nilai konsentrasi TSS di perairan yang luas. Selain itu keakurasian data citra akan menurun apabila citra satelit mengalami gangguan atmosfer, awan maupun tutupan kabut tipis (*haze*) yang akan mempengaruhi nilai spektral pada citra satelit yang berpengaruh pada nilai TSS citra setelah proses input algoritma.

Dalam penelitian ini digunakan metode interpolasi *kriging* yang mempertimbangkan autokorelasi spasial (hubungan statistik antar nilai terukur) di lokasi yang diprediksi, sehingga membentuk suatu pemodelan pola persebaran TSS di kawasan Segara Anakan dengan cara mengisi kekosongan data untuk menghasilkan sebaran nilai yang kontinyu.

Berikut perbandingan pola persebaran TSS citra Landsat 7 ETM+ akuisisi data 29 Juli 2015 dengan hasil interpolasi pola persebaran TSS data insitu lapangan tanggal 21 Juni 2015:

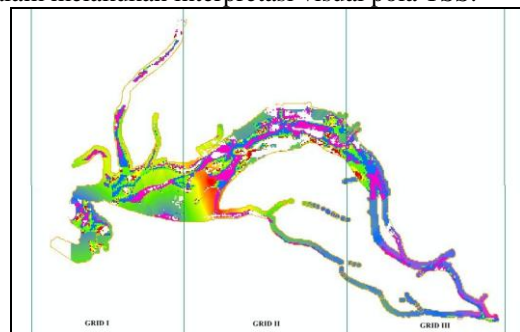


Gambar III.10. Pola persebaran TSS hasil interpolasi data insitu lapangan tanggal 21 Juni 2015



Gambar III.11. Pola persebaran TSS citra Landsat 7 ETM+ akuisisi data 29 Juli 2015

Pola persebaran TSS kedua data tersebut kemudian dilakukan proses *overlay* dan dilakukan pembagian grid area analisis sehingga mempermudah dalam melakukan interpretasi visual pola TSS.



Gambar III.12. Hasil *Overlay* Pola persebaran Total Suspended Solid (TSS)

Dari hasil *overlay* kedua data maka di dapat interpretasi visual sebagai berikut:

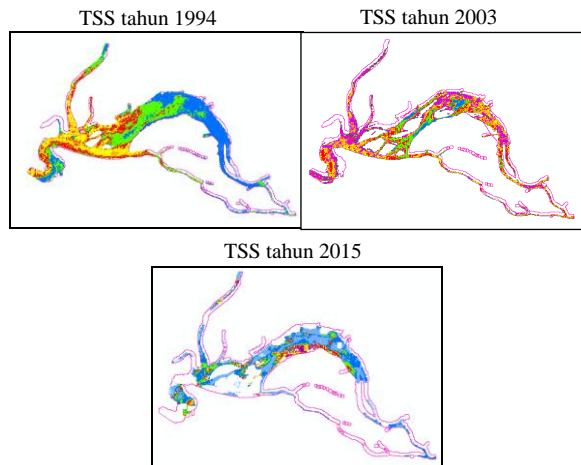
1. Pada grid I menunjukkan nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) citra memiliki kecenderungan pola yang sebagian sama dengan konsentrasi TSS insitu di lapangan, akan tetapi terdapat beberapa area interpolasi yang berbeda secara signifikan yang disebabkan karena persebaran titik yang kurang rapat dan area yang tidak terdapat titik sampel TSS insitu (terjadi kekosongan data). Terdapat dua kelas yang memiliki kecenderungan pola yang sama dengan rentang konsentrasi 30-40 mg/L dan 40-50 mg/L yang terletak pada muara Sungai Cibereum dan Plawangan.
2. Titik yang berbeda signifikan memiliki jarak yang jauh dari titik sampel *Total Suspended Solid* (TSS) insitu (1 kilometer) sehingga semakin jauh dari titik utama maka tingkat akurasi dari nilai konsentrasi TSS akan semakin kecil. Grid II menunjukkan nilai konsentrasi TSS citra memiliki kecenderungan pola yang sebagian sama dengan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) insitu di lapangan, akan tetapi terdapat beberapa area interpolasi yang berbeda secara signifikan yang disebabkan karena kondisi citra satelit *Landsat 7 ETM+* yang mendapat pengaruh dari gangguan atmosfer, awan maupun tutupan kabut tipis (*haze*). Terdapat 3 kelas yang memiliki

kecenderungan pola yang sama yaitu kelas 30-40 mg/L, 40-50 mg/L dan 60-70 mg/L pada tengah laguna Segara Anakan.

3. Pada grid III menunjukkan nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) citra memiliki kecenderungan pola yang sama dengan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) insitu di lapangan, hal tersebut dikarenakan persebaran titik di lapangan sangat rapat (300 meter) dengan area perairan yang sempit sehingga diperoleh akurasi dan presisi yang baik antara pola persebaran TSS citra dengan TSS insitu. Kelas yang memiliki pola yang sama yaitu : kelas 20-30 mg/L dan 30-40 mg/L pada muara sungai Cibelis dan Jongor kuntul.

**III.14. Analisis Korelasi Total Suspended Solid (TSS) dengan Mangrove**

Dalam penelitian ini sebelum melakukan uji korelasi dan signifikansi, dilakukan perhitungan luasan nilai konsentrasi TSS citra. Langkah awal pengolahan data yaitu proses delineasi batas area perhitungan luas yang bertujuan untuk mendapatkan morfologi perairan dan cakupan perhitungan yang sama sehingga mempermudah dalam perbandingan.



Gambar III.13. Delineasi area Total Suspended Solid

Berikut hasil perhitungan luasan *Total Suspended Solid* (TSS) dari data citra satelit:

Tabel III. 12. Perhitungan Luasan TSS pertahun

No	Kelas TSS (mg/L)	Luasan (Ha)		
		1994	2003	2015
1	0-15	0	2	18
2	15-30	35	0	303
3	30-45	453	41	264
4	45-60	423	120	113
5	60-75	249	163	60
6	75-90	252	142	30
7	90-105	35	170	18
8	105-120	4	156	17
9	120-135	2	130	11
10	135-150	0	45	3
Jumlah		1453	969	837

Hasil dari luasan data TSS citra satelit kemudian dilakukan uji statistik untuk mengetahui adanya

hubungan korelasi dengan luasan mangrove. Berikut hasil pengujian statistik:

Tabel III. 13. Hasil uji regresi TSS dan Mangrove

	Adjusted R <sup>2</sup>	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Beta		
(Constant)	0,997	2.932,26		20,862	0,03
TSS		3,463	0,999	27,553	0,023

Hasil statistik menunjukkan bahwa nilai *adjusted R<sup>2</sup>* sebesar 0,997. Hal tersebut menunjukkan kemampuan variabel TSS mampu menjelaskan keterkaitan variasi Mangrove sebesar 99,7%. Sisanya sebesar 0,3% variasi TSS dijelaskan oleh variabel lain selain variabel tersebut.

Berdasarkan tabel III.13 menunjukkan hasil koefisien regresi variabel TSS dengan variabel Mangrove adalah sebesar 3,463. Hal tersebut menunjukkan bahwa variabel TSS memiliki arah yang positif sehingga variabel TSS secara positif mempengaruhi variabel Mangrove. Nilai sig. dari hitungan tersebut 0,023 artinya H1 diterima, maka *Total Suspended Solid* (TSS) berpengaruh secara signifikan terhadap luasan Mangrove.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat akurasi data dalam penelitian ini antara lain:

1. Kualitas citra satelit dalam penelitian ini tidak bersih dari tutupan awan (*cloud cover* 8% yang secara keseluruhan terpusat pada area penelitian). Hal ini dikarenakan Indonesia beriklim tropis yang menyebabkan daerah pesisir memiliki tingkat evaporasi yang tinggi sehingga sangat sulit memperoleh citra yang bebas awan.
2. Kelemahan citra optis tersebut menyebabkan peneliti tidak mendapatkan informasi luasan TSS yang akurat dan riil sebenarnya dari citra satelit karena banyaknya luasan area yang dilakukan *cropping* awan serta bayangannya. Hal ini akan mempengaruhi tingkat keakurasian data.

**IV. Penutup**

**IV.1. Kesimpulan**

1. Pola perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Kawasan Perairan Segara Anakan pada tahun 1994, 2003, 2015 cenderung tinggi pada tengah laguna akibat laguna Segara Anakan merupakan muara sedimentasi dari sungai-sungai besar dan konsentrasinya mengalami peningkatan.
2. Hasil analisis data spasial didapatkan informasi penambahan luasan hutan mangrove dikarenakan munculnya tanah timbul di tengah laguna Segara Anakan. Penurunan luasan hutan mangrove terjadi di sekitar area pemukiman yang berubah statusnya menjadi pemukiman, tambak, maupun sawah. Selama kurun waktu tahun 1994-2003 terjadi perubahan luas area hutan mangrove yaitu: pengurangan hutan mangrove sebesar 2756 Ha, penambahan hutan mangrove 1134 Ha

dan area yang bertampalan sebesar 5199 Ha. Sedangkan pada rentang tahun 2003-2015, yaitu: pengurangan hutan mangrove sebesar 2163 Ha, penambahan hutan mangrove 1626 Ha dan area yang bertampalan sebesar 4170 Ha. Perubahan luas area hutan mangrove pada rentang tahun 1994-2015, yaitu: pengurangan hutan mangrove sebesar 3643 Ha, penambahan mangrove 1484 Ha dan area yang bertampalan sebesar 4312 Ha. Hasil statistik menunjukkan bahwa hubungan variabel *Total Suspended Solid* (TSS) memiliki korelasi/keterkaitan secara positif dengan variabel mangrove dengan hasil nilai sig 2,3% memenuhi tingkat signifikansi 5%.

3. Hasil penelitian membuktikan bahwa besaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dari citra satelit yang diolah menggunakan Algoritma Parwati dan Syarif Budiman berpengaruh secara signifikan positif terhadap data hasil pengukuran TSS dilapangan dengan tingkat signifikansi 5%. Algoritma yang sesuai dalam penelitian ini adalah algoritma Parwati yang menjelaskan keterkaitan variasi data insitu sebesar 86,5% dengan *Root Mean Square Error* (RMSe) 1,425.

#### IV.2. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya hendaknya memperhatikan cuaca dalam proses pengambilan sampel di lapangan, dan memerhatikan waktu perekaman citra satelit pada lokasi penelitian. Sebaiknya dilakukan pada musim kemarau agar citra yang dikaji tidak banyak tertutup oleh awan ataupun *haze*.
2. Mengkorelasikan data sekunder lainnya seperti, curah hujan, data pasang surut, kelerengan lahan.
3. Sebaiknya dilakukan uji normalisasi sensor satelit apabila menggunakan data citra satelit multitemporal dalam penelitian.

#### V. Daftar Pustaka

- Ardiansyah. 2015. *Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Menggunakan ENVI 5.1 dan ENVI LIDAR*. Jakarta Selatan: PT. LABSIG INDERAJA ISLIM.
- Budiman, S., 2004. *Mapping TSS Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta, Indonesia*. Master Thesis, Geo-Information Science and Earth Observation, ITC, Enschede the Netherland
- Chander, G., Brian L. Markham., Dennis L. Helder., 2009. *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors*. Journal Elsevier
- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor
- Faizal, A., dan Amran, M.A. 2005. *Model Transformasi Indeks Vegetasi yang Efektif untuk Prediksi Kerapatan Mangrove Rhizophora Mucronata*. Prosiding PIT MAPIN XIV ITS Surabaya, 14-15 September 2005
- Jaya, I N S. 2002. *Separabilitas Spektral Beberapa Jenis Pohon Menggunakan Citra Compact Airborne Spectrograph Imager (CASI): Studi Kasus di Kebun Raya Bogor*. Jurnal Manajemen Hutan. Vol. VII, No. 2: hal 57-73.
- KPSKSA. 2009. *Data dan Informasi Segara Anakan Laguna Unik di Pantai Selatan Jawa*. Cilacap Lembaga Pengkajian dan Pengembangan Mangrove.
1998. *Rancangan Sistem Pengelolaan Hutan Bakau di Kawasan Segara Anakan Kabupaten Dati II Cilacap-JawaTengah*. Jakarta
- Noor, Y.R., M. Khazali, I N.N. Suryadiputra. 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PKA/WI-IP. Bogor
- Parwati, E, Trisakti B, Carolila I, Kartika T, Harini S, Dewanti K., 2006. *Analisis Hubungan Penutupan/Penggunaan Lahan dengan Total Suspended Matter (TSM) Kawasan Perairan Sefara Anakan Menggunakan Data Inderaja*. Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar
- Rifardi. 2012. *Ekologi Sedimen Laut*. Pekanbaru : Unri Press
- Susilo, S.B. 2000. *Penginderaan Jauh Terapan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- USGS. 2013. *Landsat Standard Data Product*. Alamat situs : [http://Landsat.usgs.gov//Landsat\\_level\\_1\\_standard\\_data\\_products.php](http://Landsat.usgs.gov//Landsat_level_1_standard_data_products.php). diakses pada tanggal 8 Agustus 2015)