

STUDI TINGKAT KERAPATAN MANGROVE MENGGUNAKAN INDEKS VEGETASI

Hernandi K, Bangun Muljo Sukojo, Ety Parwati

Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: bangunms@gmail.com

Abstrak

Ekosistem mangrove adalah salah satu obyek yang bisa diidentifikasi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Letak geografis ekosistem mangrove yang berada pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang khas jika dibandingkan obyek vegetasi darat lainnya. Efek perekaman tersebut sangat erat kaitannya dengan karakteristik spektral ekosistem mangrove, hingga dalam identifikasi memerlukan suatu transformasi tersendiri. Pada umumnya untuk deteksi vegetasi digunakan transformasi indeks vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran dan luasan vegetasi hutan mangrove; dan menentukan tingkat kerapatan atau kesehatan vegetasi mangrove menggunakan indeks vegetasi NDVI dan EVI dari citra Landsat dan SPOT di daerah Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. Ekosistem mangrove sebagai salah satu ekosistem penting di kawasan pesisir pantai terus mengalami tekanan di seluruh dunia.

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berada di Segara Anakan yang terletak di Kabupaten Cilacap, Propinsi Jawa Tengah, tepatnya pada 7°30' - 7°44' LS dan 109°03' - 109°42' BT. Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang diterapkan terhadap citra satelit, untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan. Metode analisa indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian kali adalah NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan EVI (Enhanced Vegetation Index).

Luas tutupan lahan yang didapatkan dari citra Landsat 5 TM tahun 2000 sebesar 50,214.87 ha dan citra SPOT-4 tahun 2008 sebesar 29,774.16 ha. Sedangkan luasan mangrove yang pada tahun 2001 sebesar 5722.74 ha sedangkan pada tahun 2008 sebesar 5453.32 ha. Sehingga bisa disimpulkan terjadi pengurangan luasan mangrove sebesar 269.42 ha.

Kata Kunci — Mangrove, Penginderaan jauh, NDVI, EVI.

1. PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove sebagai salah satu ekosistem penting di kawasan pesisir pantai terus mengalami tekanan di seluruh dunia. FAO (2003) mencatat bahwa luas mangrove dunia pada tahun 1980 mencapai 19,8 juta ha, turun menjadi 16,4 juta ha pada tahun 1990, dan mencapai 14,6 juta ha pada tahun 2000. Sedangkan di Indonesia, luas mangrove mencapai 4,25 juta ha pada tahun 1980, turun menjadi 3,53 juta ha pada tahun 1990, dan tersisa 2,93 juta hektar pada tahun 2000. Apabila tidak diimbangi dengan kebijakan pengelolaan yang tepat, fenomena degradasi mangrove akan terus terjadi seiring dengan meningkatnya kebutuhan ruang untuk pembangunan sarana dan prasarana ekonomi. Ancaman degradasi mangrove akan semakin besar potensi terjadinya pada daerah yang dekat dengan pusat kegiatan ekonomi. Ekosistem mangrove adalah salah satu obyek yang bisa

diidentifikasi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Letak geografis ekosistem mangrove yang berada pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang khas jika dibandingkan obyek vegetasi darat lainnya. Efek perekaman tersebut sangat erat kaitannya dengan karakteristik spektral ekosistem mangrove, hingga dalam identifikasi memerlukan suatu transformasi tersendiri. Pada umumnya untuk deteksi vegetasi digunakan transformasi indeks vegetasi. [1]

Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang diterapkan terhadap citra satelit, untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan. Atau lebih praktis, indeks vegetasi adalah merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus untuk menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan aspek-aspek yang berkaitan

dengan vegetasi. Metode analisa indeks vegetasi ada beberapa macam antara lain NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan EVI (Enhanced Vegetation Index) (Danoedoro, 1996). [1] Dalam penelitian ini index vegetasi digunakan untuk membagi tutupan lahan mangrove menjadi tiga kelas yaitu mangrove jarang, mangrove sedang dan mangrove rapat.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran dan luasan vegetasi hutan mangrove, dan menentukan tingkat kerapatan atau kesehatan vegetasi mangrove menggunakan indeks vegetasi NDVI dan EVI dari citra Landsat dan SPOT di daerah Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. [1]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berada di Segara Anakan yang terletak di Kabupaten Cilacap, Propinsi Jawa Tengah, tepatnya pada 7°30' - 7°44' LS dan 109°03' - 109°42' BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth, 2013)

Tahapan pengolahan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

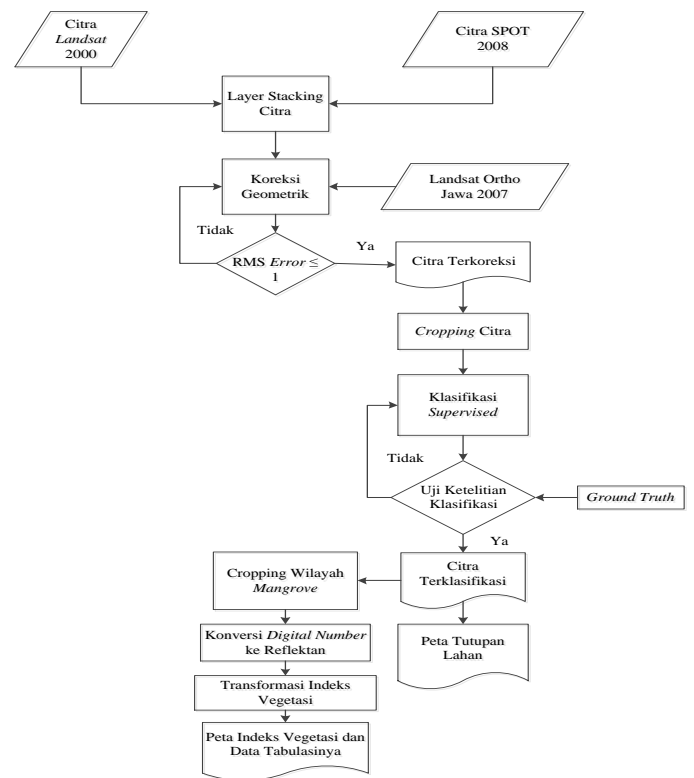


Diagram 1. Tahapan Pengolahan Citra

3. DIAGRAM ALIR PENGOLAHAN DATA

Algoritma yang sering digunakan dalam analisis penutup lahan vegetasi adalah dengan menggunakan indeks vegetasi. Indeks Vegetasi adalah pengukuran optis tingkat kehijauan (*greenness*) kanopi vegetasi, sifat komposit dari klorofil daun, luas daun, struktur dan tutupan kanopi vegetasi. [3] Indeks vegetasi telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian tentang vegetasi skala global. Indeks Vegetasi dapat secara efektif digunakan untuk pemetaan kekeringan, penggurunan (*desertifikasi*) dan penggundulan hutan. [2]

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Algoritma NDVI banyak digunakan untuk berbagai aplikasi terkait vegetasi. NDVI memiliki efektivitas untuk memprediksi sifat permukaan ketika kanopi vegetasi tidak terlalu rapat dan tidak terlalu jarang. Algoritma NDVI diuraikan sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{[(\frac{NIR}{RED}) - 1]}{[(\frac{NIR}{RED}) + 1]} \quad (1)$$

Yang ekuivalen dengan:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (2)$$

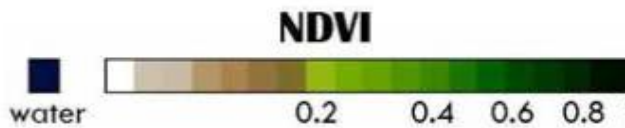
Dimana :

NIR = Nilai spektral saluran *Near Infrared*

RED = Nilai spektral saluran *Red*

Indeks vegetasi berbasis NDVI yang ditunjukkan pada persamaan (1), mempunyai nilai yang hanya berkisar antara -1 (non – vegetasi) hingga 1 (vegetasi).

Setelah NDVI diperoleh, langkah selanjutnya adalah membuat skala warna (*color map*) tingkat vegetasi agar diperoleh informasi lebih lanjut. NASA mengklasifikasikan tingkat kehijauan vegetasi NDVI menggunakan skala seperti berikut.



Gambar 2. Rentang Data NDVI (NASA dalam Sudiana, 2008)

Gambar 1 menunjukkan bahwa wilayah yang mempunyai nilai tingkat kehijauan vegetasi NDVI di bawah 0.2, maka wilayah tersebut sudah keluar dari kelompok vegetasi (karena bisa berupa wilayah perairan atau tanah bebatuan). Untuk wilayah yang mempunyai NDVI bernilai di atas 0.4, dapat disimpulkan wilayah tersebut merupakan kawasan yang ditutupi hutan yang lebat dan subur (Sudiana, 2008).

EVI (Enhanced Vegetation Index)

Algoritma EVI diformulasi untuk meningkatkan algoritma NDVI dan ditujukan untuk pengolahan index vegetasi pada citra SPOT. Algoritma ini mirip dengan algoritma NDVI dengan penambahan formulasi untuk koreksi efek gangguan *radiometric* dari atmosfer dan dari dalam kanopi (Horning, 2010). Formula EVI dirumuskan pada persamaan (Sudiana, 2008) :

$$EVI = G * \frac{NIR-RED}{L+NIR+C_1RED-C_2BLUES} \quad (3)$$

Dimana :

G = *Gain Factor*, G = 2.5

NIR = Nilai spektral saluran *Near Infrared*

RED = Nilai spektral saluran *Red*

L = Faktor kalibrasi efek kanopi dan tanah

BLUE = Nilai spektral saluran *Blue*

C₁ = *Atmospheric Aerosol Resistance*, C₁ = 6

C₂ = *Atmospheric Aerosol Resistance*, C₂ = 7.5

C. Transformasi Digital Number

Transformasi nilai digital number ke nilai spektral radian diperoleh dengan persamaan :[4]

Citra Landsat 5 TM

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{max} - L_{min})}{(Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min})} (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + L_{min} \quad (4)$$

Keterangan :

L_{λ} : *spectral radiances in watts / (meter squared * ster * μm)*

L_{max} : *max detected radiance level*

L_{min} : *min detected radiance level*

$Q_{cal\ max}$: *max pixel value (255)*

$Q_{cal\ min}$: *min pixel value (1)*

Q_{cal} : *digital number*

Citra SPOT – 4

$$L_{\lambda} = DN / (G_{\lambda} * A_{\lambda}) \quad (5)$$

Transformasi nilai Spektral Radian ke Reflektan diperoleh dengan persamaan :

$$\rho = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{E_{sun\lambda} \cos\theta} \quad (6)$$

Keterangan:

ρ : *unitless planetary reflectances*

L_{λ} : *spectral radiance at the sensor's aperture*

d^2 : *earth-sun distance in astronomical units*

$E_{sun\lambda}$: *mean solar exoatmosphere irradiances*

θ : *solar zenith angle*

Tabel 1. TM Solar Exoatmospheric Spectral Irradiances

Units : ESUN = W/(m ² . μm)		
Model :	Chance Spektrum	
Band	Landsat 4	Landsat 5
1	1957	1957

2	1825	1826
3	1557	1554
4	1033	1036
5	214.9	215.0
7	80.72	80.67

Tabel 2. SPOT Solar Spectral Irradiance

Band	Watts/(meter squared * μm)
1	1843
2	1568
3	1052
4	233

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan data dimaksudkan untuk mendapatkan citra Landsat dan SPOT yang memiliki kriteria untuk diolah, yaitu mencakup daerah penelitian dan bebas dari tutupan awan. Data citra Landsat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Landsat 5 TM Tahun 2000 dengan *path/row* 121/65 dengan tanggal perekaman 24 April 2000. Sedangkan untuk data citra SPOT yang digunakan adalah SPOT-4 Tahun 2008 K/J 289/365 dengan tanggal perekaman 24 April 2008.

Analisa Tutupan Lahan

Luas tutupan lahan wilayah penelitian diperoleh dari hasil klasifikasi citra Landsat 5 TM tahun 2000 dan citra SPOT-4 tahun 2008. Luasan tersebut didapat dari software *ENVI 4.6.1*. Luas tutupan lahan adalah :

Tabel 3. Perbandingan Luas Tutupan Lahan

No	Kelas	Citra (Ha)	
		Landsat 5 TM (2000)	SPOT-4 (2008)
1	Lahan Terbuka	4510.62	3935.44
2	Mangrove	5722.74	5453.32
3	Pemukiman	2110.86	2830.40
4	Tambak	2168.37	2382.72
5	Tubuh Air	16456.41	3808.00
6	Vegetasi Lain	14863.05	11364.28

Pembagian kelas-kelas tersebut ditujukan untuk menyediakan informasi tutupan lahan dari wilayah penelitian yang dapat digunakan untuk mengetahui luasan dan sebaran mangrove di Segara Anakan.

Luas tutupan lahan untuk citra Landsat 5 TM tahun 2000 sebesar 50,214.87 ha dan pada citra SPOT-4 tahun 2008 sebesar 29,774.16 ha.

Analisa Indeks Vegetasi

Algoritma yang sering digunakan dalam analisis penutup lahan vegetasi adalah dengan menggunakan indeks vegetasi. Indeks Vegetasi adalah pengukuran optis tingkat kehijauan (*greenness*) kanopi vegetasi, sifat komposit dari klorofil daun, luas daun, struktur dan tutupan kanopi vegetasi (Huete, 2011).

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI memiliki efektivitas untuk memprediksi sifat permukaan ketika kanopi vegetasi tidak terlalu rapat dan tidak terlalu jarang (Liang, 2000). Algoritma NDVI diuraikan sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{[(\frac{NIR}{RED}) - 1]}{[(\frac{NIR}{RED}) + 1]}$$

Yang ekuivalen dengan:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Dimana :

NIR = Nilai spektral saluran Infra merah dekat

RED = Nilai spektral saluran Merah

EVI (Enhanced Vegetation Index)

Algoritma EVI diformulasi untuk meningkatkan algoritma NDVI dan ditujukan untuk pengolahan index vegetasi pada citra SPOT. Algoritma ini mirip dengan algoritma NDVI dengan penambahan formulasi untuk koreksi efek gangguan *radiometric* dari atmosfer dan dari dalam kanopi (Horning, 2010). Formula EVI dirumuskan pada persamaan (Sudiana, 2008) :

$$EVI = G * \frac{NIR - RED}{L + NIR + C_1 RED - C_2 BLUE}$$

Dimana :

G = Gain Factor, G = 2.5

NIR = Nilai spektral saluran Near Infrared

RED = Nilai spektral saluran Red

L = Faktor kalibrasi efek kanopi dan tanah

BLUE = Nilai spektral saluran Blue

$C_1 = \text{Atmospheric Aerosol Resistance}, C_1 = 6$
 $C_2 = \text{Atmospheric Aerosol Resistance}, C_2 = 7.5$

Algoritma EVI diatas hanya bisa digunakan untuk data citra Landsat TM tahun 2000. Sedangkan untuk data citra SPOT-4 tahun 2008 menggunakan algoritma EVI2 yang dirumuskan pada persamaan (Miura, 2008):

$$EVI2 = G \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + 2,4 \times \rho_{Red} + 1}$$

Dimana:

$G = \text{Gain Factor (2,5)}$
 ρ_{NIR} = Reflektans gelombang infra merah dekat
 ρ_{Red} = Reflektans gelombang merah
 Berikut tabel yang merupakan hasil perbandingan nilai NDVI dan EVI.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Indeks Vegetasi NDVI

No	Kelas	Digital Number	
		Landsat 5 TM	SPOT-4
1	Mangrove Jarang	0.237 – 0.402	0.080 – 0.090
2	Mangrove Sedang	0.402 – 0.567	0.090 – 0.101
3	Mangrove Rapat	0.567 – 0.732	0.101 – 0.111

Tabel 5. Perbandingan Luasan Indeks Vegetasi NDVI

No	Kelas	Luasan Berdasarkan Indeks Vegetasi (ha)	
		Landsat 5 TM	SPOT-4
1	Mangrove Jarang	7.47	120.16
2	Mangrove Sedang	1600.38	5420.80
3	Mangrove Rapat	4114.89	566.88

Tabel 6. Tabel Perbandingan Nilai Indeks Vegetasi EVI

No	Kelas	Digital Number	
		Landsat 5 TM	SPOT-4
1	Mangrove Jarang	(-)0.003 – 0.210	0.080 – 0.090
2	Mangrove Sedang	0.210 – 0.425	0.090 – 0.101
3	Mangrove Rapat	0.425 – 0.639	0.101 – 0.111

Tabel 7. Tabel Perbandingan Luasan Indeks Vegetasi EVI

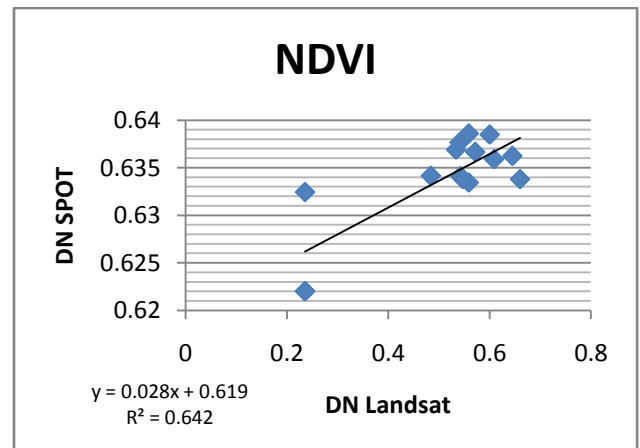
No	Kelas	Luasan Berdasarkan Indeks Vegetasi (ha)	
		Landsat 5 TM	SPOT-4
1	Mangrove Jarang	13.59	29.64
2	Mangrove Sedang	3163.23	4880.84
3	Mangrove Rapat	2545.83	543.36

Regresi dan Korelasi Linear

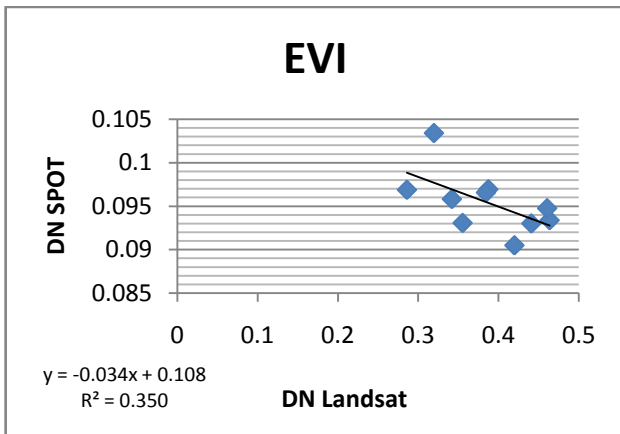
Korelasi antara citra Landsat dan SPOT dilakukan dengan melakukan perbandingan nilai piksel kedua citra tersebut berdasarkan NDVI dan EVI. Pemilihan citra Landsat dan SPOT dilaksanakan berdasarkan tanggal yang sama yaitu 24 April 2000 untuk citra Landsat dan 24 April 2008 untuk citra SPOT.

Tabel 8. Koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) pada NDVI dan EVI

NDVI		EVI	
R^2	R	R^2	R
0.642	0.8012	0.350	0.5916



Gambar 3. Korelasi NDVI antara Landsat dan SPOT



Gambar 4. Korelasi EVI antara Landsat dan SPOT

Indeks Ekologi Mangrove

Indeks ekologi mangrove mencakup keanekaragaman, keseragaman, dan dominasi jenis mangrove di komunitas Sungai Sapuregel (Tabel 4.13) dan indeks ekologi mangrove berdasarkan letak Sungai Sapuregel.

Secara umum, dilihat dari keanekaragaman jenis mangrove di Segara Anakan telah terjadi penurunan keberadaan jenis mangrove akibat kegiatan pemanfaatan yang terus menerus. Jenis tumbuhan yang mulai langka adalah Tinjan putih (*Bruguiera cylindryca*) dan tinjan hijau (*Bruguiera parviflora*). Diperkirakan jenis gedangan (*Aegiceras corniculatum*) akan semakin dominan karena jenis ini sedikit ditebang (kurang disukai) oleh masyarakat.

Tabel 9. Indeks Ekologi Mangrove berdasarkan Letak Sungai Sapuregel

Indeks	Barat	Timur
Keanekaragaman	2.29	2.59
Keseragaman	0.66	0.72
Dominasi	0.28	0.22
Jumlah Jenis	11	12

Dampak Kegiatan Manusia Terhadap Ekosistem Mangrove

Kegiatan manusia baik sengaja maupun tidak sengaja telah menimbulkan dampak terhadap ekosistem mangrove. Dapat disebutkan di sini beberapa aktivitas manusia terhadap ekosistem mangrove beserta dampaknya. Dampak dari aktivitas manusia terhadap ekosistem mangrove, menyebabkan luasan hutan mangrove turun cukup mengkhawatirkan. Luas hutan mangrove di Indonesia turun dari 5.21 juta hektar antara

tahun 1982-1987, menjadi 3.24 juta hektar, dan makin menyusut menjadi 2.5 juta hektar pada tahun 1993 (Widigdo, 2000). Bergantung cara pengukurannya, memang angka-angka di atas tidak sama antar peneliti. Khazali (1999), menyebut angka 3.5 juta hektar, sedangkan Lawrence (1998), menyebut kisaran antara 3.24-3.73 juta hektar.

Kerapatan Mangrove Berdasarkan Data Lapangan Hasil survey lapangan yang diplotkan pada citra satelit menunjukkan dari 16 titik sampel yang berkerapatan jarang (3 titik), sedang (8 titik), dan rapat (5 titik) lebih lengkapnya lihat pada tabel 5.

Tabel 10. Kerapatan Mangrove Berdasarkan Data Lapangan

NO. TITIK SAMPEL	KOORDINAT		LANDSAT		SPOT		RATA-RATA KERAPATAN MANGROVE
	X	Y	NDVI	EVI	NDVI	EVI	
1	27467 4	914639 3	S	S	S	S	S
2	27264 4	914613 6	S	S	S	S	S
3	27224 8	914672 8	R	R	S	R	S
4	26603 1	914663 4	S	S	S	S	S
5	26591 4	914666 5	R	S	S	S	S
6	26675 8	914884 3	R	R	S	R	R
7	26340 5	915199 3	S	S	J	S	S
8	26265 0	915193 3	J	S	J	J	J
9	25994 1	915070 7	J	J	J	S	J
10	26492 6	914791 2	R	R	S	S	R
11	26504 2	914787 3	R	R	S	R	R
12	26822 4	914716 5	R	R	R	S	R
13	27493 1	914648 6	S	S	S	S	S
14	27554 2	914788 4	R	S	S	S	S
15	27530 9	914754 8	R	S	R	R	R
16	27605 4	914578 1	S	J	J	J	J

Keterangan Tabel :

- J : Mangrove dengan kerapatan jarang
- S : Mangrove dengan kerapatan sedang
- R : Mangrove dengan kerapatan rapat

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian ini antara lain :

Luas tutupan lahan yang didapatkan dari citra Landsat 5 TM tahun 2000 sebesar 50,214.87 ha dan citra SPOT-4 tahun 2008 sebesar 29,774.16 ha. Sedangkan luasan *mangrove* yang didapat dari Peta Sebaran *Mangrove* Segara Anakan tahun 2000 sebesar 5722.74 ha, sedangkan pada tahun 2008 sebesar 5453.32 ha. Sehingga bisa disimpulkan terjadi pengurangan luasan *mangrove* sebesar 269.42 ha.

Sebaran vegetasi *mangrove* di Segara Anakan berada di sebelah utara Pulau Nusa Kambangan, menyebar mulai timur sampai ke barat tepatnya perbatasan antara Jawa tengah dan Jawa Barat. Hasil dari transformasi nilai indeks vegetasi *mangrove* pada citra Landsat tahun 2000 untuk NDVI kelas *mangrove* rapat dengan *digital number* (0.567 – 0.732) memiliki luas paling besar yaitu 4114.89 ha, sedangkan untuk EVI kelas *mangrove* sedang dengan *digital number* (0.210 – 0.425) memiliki luas palig besar yaitu 3163.23 ha.

Saran

Pada citra SPOT-4 tahun 2008 untuk NDVI kelas *mangrove* sedang dengan nilai *digital number* (0.624 – 0.638) memiliki luas paling besar yaitu 4147.28 ha, sedangkan untuk EVI kelas *mangrove* sedang dengan *digital number* (0.090 – 0.101) memiliki luas paling besar yaitu 4880.84 ha.

Kelas *mangrove* rapat di wilayah Segara Anakan yang didapatkan dari indeks vegetasi NDVI untuk citra Landsat tahun 2000 mempunyai *digital number* (0.567 – 0.732), sedangkan untuk citra SPOT-4 tahun 2008 mempunyai *digital number* (0.638 – 0.652). Selanjutnya dari indeks vegetasi EVI kelas *mangrove* rapat untuk citra Landsat tahun 2000 mempunyai *digital number* (0.425 – 0.639), sedangkan untuk citra SPOT-4 tahun 2008 mempunyai *digital number* (0.101 – 0.111).

Adapun saran dari penelitian ini antara lain :

Kendala dalam proses pengerjaan penelitian ini adalah membedakan vegetasi mangrove dengan vegetasi lainnya (hutan atau sawah) dikarenakan terbatasnya band pada citra yang digunakan dan banyaknya awan yang terdapat pada citra. Oleh sebab itu untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan citra yang lebih baik.

Dari penelitian ini didapatkan bahwa terjadi pengurangan luasan mangrove. Disarankan agar diadakan pengelolaan dan pengawasan secara berkala oleh pemerintah setempat terhadap hutan mangrove di lokasi Segara Anakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro. P, 1996. Pengolahan Citra Digital, Teori dan Aplikasinya dalam Penginderaan Jauh. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Horning, N., Robinson, J.A., Sterling, E.J., Turner, W., Spector, S., 2010. Remote Sensing for Ecology and Conservation. Oxford University Press, New York.
- Huete, A., Didan, K., Leeuwen, W.V., Miura, T., Glenn, E., 2011. MODIS Vegetation Indices. Land Remote Sensing and Global Environmental Change. Springer. New York
- Maryantika, N. 2011. Analisa Perubahan Vegetasi Ditinjau Dari Tingkat Ketinggian Dan Kemiringan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat Dan Spot 4 (Studi Kasus Kabupaten Pasuruan). Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sudiana, D. dan E. Diasmara. 2008. Analisis Indeks Vegetasi menggunakan Data Satelit NOAA/AVHRR dan TERRA/AQUA-MODIS. Depok : Universitas Indonesia.
- Sutanto, 1994. Penginderaan Jauh. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Thoha, A.S. 2008. Karakteristik Citra Satelit. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Widasmara, D. 2002. Pendugaan Jenis dan Kondisi Ekosistem Mangrove Menggunakan Foto Udara Berwarna Pankromatik Skala 1:20000 di Sungai Sapuragel, Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.