



DEPIK

Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan

Journal homepage: www.jurnal.unsyiah.ac.id/depik



Perubahan sebaran dan kerapatan hutan mangrove di Pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran menggunakan citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6

Changes in distribution and density of mangrove forests in Coastal Waters of Bama, Baluran National Park using SPOT 4 and SPOT 6 satellite imagery

Andhika Rahmatullah Laksmana Fudloly^{1,*}, Mochammad Arif Zainul Fuad¹, Anang Dwi Purwanto²

¹Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jalan Veteran, Malang 65145, Indonesia

²Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jalan Kalisari No.8, Jakarta 13710, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:

Mangrove
NDVI
SPOT 4
SPOT 6
Baluran National Park

Kata kunci:

Mangrove
NDVI
SPOT 4
SPOT 6
Taman Nasional Baluran

DOI: 10.13170/depik.9.2.14494

ABSTRACT

The condition of mangrove forests in the Baluran National Park area is always changing. Mapping changes of mangrove area and density is needed to find out areas that need attention for mangrove conservation. The study aimed to determine the distribution and the density of mangrove forests in coastal waters of Bama, Baluran National Park. The image data used were SPOT 4 acquisition in 2007 and SPOT 6 acquisition in 2017 as well as field data that have been collected on 23-25 January 2019. The method of separating mangrove and non-mangrove objects used supervised classification, whereas for estimating the density of mangrove using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) algorithm. The results showed the distribution of mangrove forests in coastal waters of Bama, Baluran National Park from 2007-2017 decreased in area by 8.9 ha. In contrast, the condition of mangrove density increased significantly, where the changes in mangrove density were dominated in the high-density class. The results of the accuracy tests using the method confusion matrix obtained an overall accuracy of 88%, while the accuracy-test with the kappa method obtained an accuracy of 87.76%. The resulting accuracy value indicates a high level of accuracy (more than 85%) and according to the specified requirements.

ABSTRAK

Kondisi luasan hutan mangrove di kawasan Taman Nasional Baluran terus mengalami perubahan. Pemetaan perubahan luasan dan kerapatan mangrove sangat diperlukan untuk mengetahui area yang membutuhkan perhatian untuk pelestarian mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran dan kerapatan hutan mangrove di pesisir pantai Bama, Taman Nasional Baluran. Data yang digunakan dalam penelitian adalah citra SPOT 4 akuisisi tahun 2007 dan citra SPOT 6 akuisisi tahun 2017 dan data hasil survei lapangan yang telah dilakukan pada tanggal 23 - 25 Januari 2019. Metode pemisahan obyek mangrove dan non mangrove menggunakan klasifikasi terbimbing (supervised), sedangkan untuk pendugaan tingkat kerapatan mangrove menggunakan algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Hasil penelitian menunjukkan sebaran hutan mangrove di pesisir pantai Bama, Taman Nasional Baluran dari tahun 2007-2017 mengalami penurunan luasan sebesar 8,9 ha, sedangkan kondisi tingkat kerapatan mangrove mengalami peningkatan yang cukup signifikan dimana perubahan kerapatan mangrove didominasi pada kelas kerapatan rapat. Hasil uji akurasi menggunakan metode matriks kesalahan (confusion matrix) memperoleh overall accuracy sebesar 88%, sedangkan uji akurasi dengan metode kappa diperoleh tingkat akurasi sebesar 87,76%. Nilai akurasi yang dihasilkan menunjukkan tingkat ketelitian yang cukup tinggi (lebih dari 85%) dan telah memenuhi syarat yang ditetapkan.

Pendahuluan

Mangrove adalah kumpulan spesies pohon yang beragam secara taksonomi yang mampu beradaptasi

baik secara morfologi, biokimia, fisiologis dan reproduktif sehingga memungkinkan mereka hidup dan berkembang dalam lingkungan asin dan hipoksia

* Corresponding author.

Email address: andhikarstn@gmail.com

(Pastor-Guzman *et al.*, 2018). Hutan mangrove merupakan salah satu sumber daya alam wilayah pesisir yang memiliki manfaat baik dari sisi ekologi maupun sosial ekonomi masyarakat pesisir. Mangrove berfungsi sebagai pencegah sedimentasi yang datang dari daerah daratan ke lautan, sebagai kawasan penyangga, dan melindungi garis pantai agar terhindar dari erosi atau abrasi. Keanekaragaman jenis flora dan fauna serta keunikan ekosistem mangrove dapat dilestarikan dan dikembangkan sebagai potensi wisata (*ecotourism*) (Sambah dan mahmudi, 2014). Keberadaan hutan mangrove memiliki fungsi yang sangat penting bagi makhluk hidup di sekitarnya sehingga perlu dilakukan pemetaan hutan mangrove sebagai upaya untuk mendukung kegiatan monitoring, inventarisasi dan konservasi mangrove dalam skala lokal maupun nasional.

Monitoring terkait kondisi ekosistem mangrove dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Danoedoro (2012) menyebutkan keakurasian informasi yang diperoleh dari pengolahan citra satelit salah satu faktornya ditentukan oleh resolusi dari citra yang digunakan. Salah satu perkembangan dari teknologi penginderaan jauh resolusi menengah dan tinggi saat ini adalah peluncuran satelit SPOT 4 dan SPOT 6. Satelit SPOT-4 diluncurkan pada 24 Maret 1998. Satelit SPOT-4 memiliki sensor *High-Resolution Visible and Infrared sensor* (HRVIR) yang terbagi dua, yaitu: kanal *panchromatic* dengan resolusi spasial 10 meter serta kanal multispektral dengan resolusi spasial 20 meter (Suwargana, 2013). Satelit SPOT-6 diluncurkan pada 9 September 2012 di Pusat Antariksa Satish Dhawan, India. Resolusi spasial yang dimiliki yaitu 1,5 m kanal *panchromatic* dan 6 m kanal multispektral. Satelit SPOT 6 memiliki keunggulan kanal spektral warna biru yang dapat mempertegas batas tepi pantai, sedimentasi laut dan mendeteksi terumbu karang yang sulit dideteksi oleh kanal multispektral lainnya. SPOT 6 merupakan generasi satelit mempunyai resolusi spasial tertinggi saat ini dari seri satelit SPOT (Wirandha *et al.*, 2015).

Mangrove merupakan salah satu target konservasi utama di kawasan Taman Nasional Baluran. Konservasi mangrove di kawasan Taman Nasional Baluran merupakan langkah untuk optimalisasi potensi dan pengelolaan wilayah pesisir agar kelestariannya tetap terjaga dengan baik. Kondisi sebaran hutan mangrove di kawasan Taman Nasional Baluran terus mengalami perubahan. Pemetaan perubahan sebaran dan kepadatan mangrove perlu dilakukan untuk mengetahui area mana saja yang

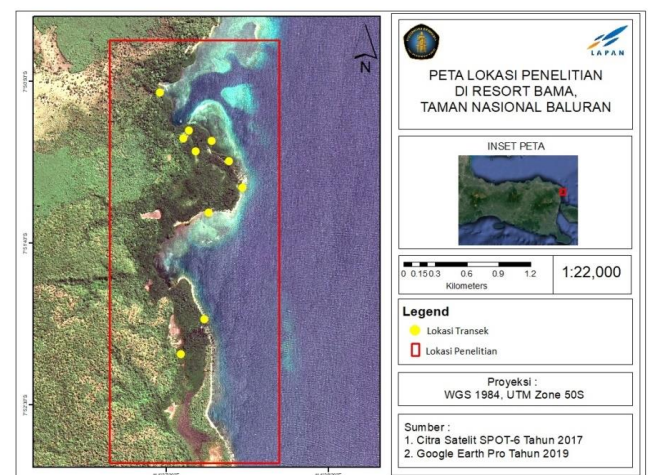
membutuhkan perhatian untuk pelestarian mangrove.

Penelitian mengenai sebaran dan kepadatan hutan mangrove di Pesisir Pantai Bama belum banyak dilakukan, sehingga data pembandingan ini masih sangat sedikit. Penelitian ini dilakukan untuk melihat perubahan sebaran dan kepadatan hutan mangrove di Bama, Taman Nasional Baluran, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Penggunaan teknologi penginderaan jauh resolusi menengah dan tinggi, seperti citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6 dibutuhkan untuk mendeteksi perubahan sebaran dan kepadatan hutan mangrove tersebut secara maksimal.

Bahan dan Metode

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di pesisir pantai Bama, Taman Nasional Baluran, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 23–25 Januari 2019. Lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1 dimana secara geografis berada pada koordinat antara $07^{\circ} 50' 40,65''$ – $07^{\circ} 52' 27,88''$ LS dan $114^{\circ} 27' 38,10''$ – $114^{\circ} 27' 37,22''$ BT. Lokasi pengambilan data lapangan dilakukan pada 10 stasiun.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Pengolahan data citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6

Penelitian ini menggunakan citra satelit SPOT 4 untuk tahun 2007 dan SPOT 6 untuk tahun 2017 yang diperoleh dari Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN. Pengolahan citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6 untuk mendeteksi distribusi sebaran dan tingkat kepadatan hutan mangrove yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ENVI 5.1 dan Arc GIS 10.3.

1. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik bertujuan untuk memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai sebesar pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya yang

biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama dan juga untuk menghilangkan atau memperkecil kesalahan radiometrik akibat aspek eksternal berupa gangguan atmosfer (Silitonga et al., 2018).

2. Koreksi Geometrik

Januar et al. (2016) menyebutkan koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi. Transformasi geometrik yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi piksel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran obyek dipermukaan bumi yang terekam sensor.

3. Penajaman Citra dan Komposit Citra

Penajaman citra digunakan untuk mempertajam kenampakan objek secara keseluruhan, menghaluskan noise atau gangguan (Silitonga et al., 2018). Penyusunan komposit warna diperlukan untuk mempermudah interpretasi citra inderaja. Susunan komposit warna dari kanal citra inderaja minimal terdapat kanal Inframerah dekat untuk mempertajam penampakan unsur vegetasi. Komposit yang digunakan untuk mengidentifikasi vegetasi mangrove pada SPOT 4 adalah RGB 143 (Suwargana, 2008), sedangkan pada SPOT 6 adalah RGB 321 (*natural color*) karena komposit ini mampu menonjolkan objek vegetasi mangrove lebih optimal (Rudiastuti et al., 2017).

4. Pemotongan (*Cropping*)

Pemotongan atau *cropping* area citra satelit bertujuan untuk meringankan serta memudahkan analisis pada proses selanjutnya. Daerah yang tidak masuk dalam *area of interest* (AOI) akan dihilangkan pada proses berikutnya (Aryastana et al., 2016).

5. Klasifikasi Terbimbing

Li et al. (2014) menyebutkan algoritma klasifikasi berbasis piksel terbagi menjadi dua kelompok yaitu klasifikasi tak terbimbing dan klasifikasi terbimbing. Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dilakukan dengan membuat kawasan uji untuk mangrove dan objek lainnya yang harus dipisahkan pada klasifikasi dan menggunakan karakteristik spektral masing-masing area untuk klasifikasi citra (Prameswari et al., 2015).

Perumal dan Bhaskaran (2010) menyebutkan terdapat berbagai macam algoritma klasifikasi terbimbing seperti *minimum distance*, *parallelepiped*, *maximum likelihood*, *mahalanobis distance*, dan lain-lain. Algoritma klasifikasi citra yang digunakan yaitu *maximum likelihood*. Klasifikasi ini mengelompokkan nilai piksel berdasarkan probabilitas suatu nilai piksel terhadap kelas tertentu dalam sampel piksel. Apabila

nilai probabilitas nilai piksel berada di bawah nilai threshold yang ditentukan maka piksel tersebut tidak terkelaskan. Lain halnya apabila dalam klasifikasi tidak memasukkan nilai threshold maka semua piksel dapat terkelaskan sesuai sampel piksel yang ada (LAPAN, 2015).

6. NDVI

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan metode standar yang digunakan untuk membandingkan tingkat kehijauan vegetasi yang diperoleh dari citra satelit. Formula standar untuk menghitung nilai NDVI terdapat dalam Persamaan, $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ (Irawan dan Malau, 2016). Pada SPOT 4 menggunakan Band 4 (NIR) dan Band 3 (Red), sedangkan pada SPOT 6 menggunakan Band 5 (NIR) dan Band 4 (Red). Kerapatan mangrove dilihat dari nilai kelas NDVI tersebut diklasifikasi ulang. Perhitungan interval kelas kerapatan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$KL = \frac{xt - xr}{k}$$

Dimana KL adalah kelas interval, xt adalah nilai tertinggi, xr adalah nilai terendah dan k adalah jumlah kelas yang diinginkan (Sturges, 1926).

Survei lapangan (*ground check*)

Survei lapangan bertujuan untuk menguji kesesuaian hasil interpretasi citra dengan kondisi aktual di lapangan. Pengambilan data lapang dilakukan dengan pelacakan titik menggunakan alat GPS. Penentuan titik stasiun berdasarkan hasil pengolahan kerapatan mangrove pada citra. Pengambilan data lapangan menggunakan transek kuadran berukuran 10x10 m dan untuk masing-masing lokasi transek dilakukan identifikasi jenis, jumlah individu, dan lingkaran batang setiap pohon. Metode perhitungan kerapatan mangrove di lapangan menggunakan rumus-rumus analisis data yang mengacu pada (KKP, 2013) sebagai berikut:

$$Di = \frac{ni}{A}$$

Keterangan =

Di = Kerapatan

ni = Jumlah total tegakan

A = total pengambilan area (transek) (ha)

KKP (2013) melakukan pengklasifikasian kerapatan mangrove yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria baku kerapatan mangrove

Kerapatan pohon	Σ pohon/ha
Mangrove sangat jarang	< 110
Mangrove jarang	110 ≤ KP < 330
Mangrove sedang	330 ≤ KP < 660
Mangrove rapat	660 ≤ KP < 880
Mangrove Sangat Rapat	≥ 880

Uji akurasi

Uji akurasi digunakan untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi area contoh sehingga dapat ditentukan besarnya persentase ketelitian pemetaan (Sampurno dan Thoriq, 2016). Data yang dibutuhkan untuk bisa melaksanakan uji tersebut terbagi dalam 2 data yaitu data hasil klasifikasi yang akan diuji akurasi dan data lapangan sebagai pembandingan. Akurasi ketelitian pemetaan dilakukan dengan membuat matrik kontingensi atau matrik kesalahan (*confusion matrix*) seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel perhitungan matrik kesalahan

Hasil Klasifikasi	Data Referensi			Total Baris	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X _{kk}	.....	.....	X+k	X _{kk} /X+k
B	.....	X _{kk}	.....	.....	.....
C	.....	.....	X _{kk}	.....	.....
Total	X _{k+}	.....	.....	N	
Kolom					
Akurasi Pengguna	X _{kk} /X _{k+}	.....	.....		

Untuk perhitungannya dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Akurasi keseluruhan} = \frac{\sum X_{kk}}{N} \times 100\%$$

$$\text{Kappa } (k) = \frac{N \sum X_{kk} - \sum X_{k+} \sum X_{+k}}{N^2 - \sum X_{k+} \sum X_{+k}} \times 100\%$$

Keterangan:

$\sum X_{kk}$ = Total sampel diagonal yang terlaksana

X_{k+} = Total kolom

X_{+k} = Total baris

N = Total sampel keseluruhan

Hubungan NDVI dan kerapatan mangrove

Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk mempelajari bentuk hubungan yang ada di antara variabel-variabel yang terlibat. Persamaan umum analisis regresi linear sederhana adalah sebagai berikut (Sarwono, 2006):

$$Y = a + bX$$

dimana:

Y = Variabel *dependent*

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

X = Variabel *independent*

Sarwono (2006) menyatakan analisis korelasi ini digunakan untuk mengetahui tingkat hubungan dua variabel, yaitu variabel independen dengan variabel dependen yang diteliti memiliki hubungan yang kuat atau lemah. Kuat atau tidaknya hubungan antara variabel yang terlibat ditunjukkan oleh besarnya koefisien korelasi. Untuk dapat menentukan penafsiran terhadap koefisien korelasi, maka dapat

berpedoman pada ketentuan yang tertera pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Tingkat korelasi yang digunakan untuk melihat hubungan antara NDVI dan kerapatan mangrove

Jenis Korelasi	Persentase Korelasi
Tidak ada	0
Sangat lemah	0–0,25
Cukup	0,25–0,50
Kuat	0,50–0,75
Sangat Kuat	0,75–0,99
Sempurna	1

Hasil

Sebaran hutan mangrove didapatkan dari hasil pengolahan data (*pre-processing* dan klasifikasi citra). Setelah mengetahui luas sebaran mangrove, selanjutnya dilakukan pengkelasan kerapatan mangrove. Pengkelasan kerapatan mangrove di pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran terbagi menjadi lima kelas. Pengkelasan kerapatan berdasarkan nilai NDVI, dimana pada tahun 2007 nilai NDVI yang didapatkan adalah -0,4674–0,9047, sedangkan pada tahun 2017 nilai NDVI yang didapatkan adalah -0,6419–0,8106. Nilai NDVI mempunyai rentang dari -1 sampai 1. Nilai di bawah nol menunjukkan nilai non-vegetasi (awan, air, dan tanah) dan nilai yang mewakili vegetasi berada di atas nol. Semakin tinggi nilai NDVI menunjukkan tingkat tutupan dan kerapatan vegetasi yang lebih baik (Pratama dan Isdianto, 2017). Tabel 4 merupakan rentang nilai NDVI berdasarkan citra SPOT 4 sebagai acuan dikarenakan nilai NDVI yang lebih tinggi dibandingkan citra SPOT 6.

Tabel 4. Nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Kelas	Nilai NDVI
Sangat Jarang	0–0,1809
Jarang	0,1809–0,3619
Sedang	0,3619–0,5428
Rapat	0,5428–0,7238
Sangat Rapat	0,7238–0,9047

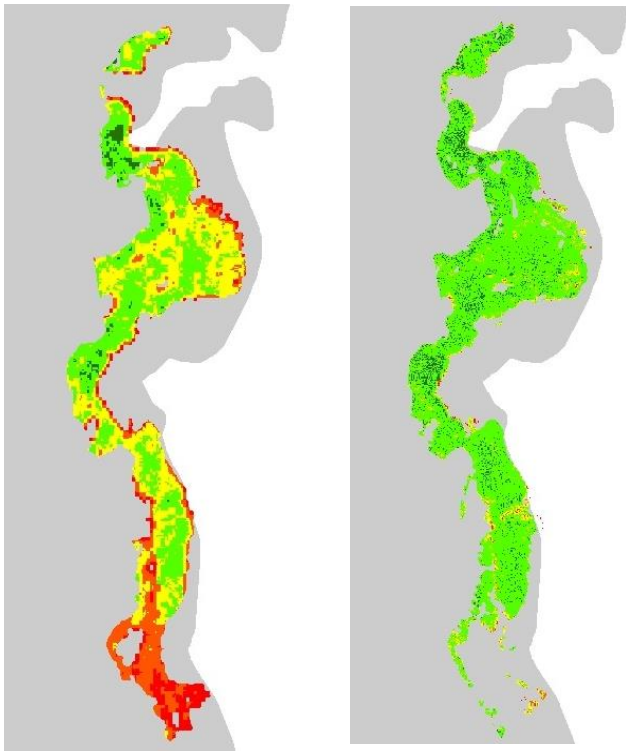
Tabel 5. Luas sebaran hutan mangrove untuk setiap tingkat kelas kerapatan pada tahun 2007 dan 2017

Kelas Kerapatan	Luas (ha)	
	2007	2017
Sangat Jarang	8,6	0,3
Jarang	17,5	0,8
Sedang	39,1	7,9
Rapat	41,4	80,5
Sangat Rapat	2,4	10,6
Total	109	100,1

Tabel 6. Sebaran Mangrove dan Keadaan kerapatan Jenis Mangrove

Stasiun	Plot	Spesies	Ni	Rata-rata Diameter (cm)	Di (idn/m ²)	Rdi (%)	Klasifikasi Kerapatan
1	1	RA	8	13,30	0,08	30	Sangat Rapat
		RS	4	12,66	0,04	15	
	2	RA	13	13,06	0,13	48	Sangat Rapat
		RS	2	10,03	0,02	7	
2	3	-	-	-	-	-	-
		RA	5	12,10	0,05	9	
	1	RS	9	14,26	0,09	16	Sangat Rapat
		LR	1	21,97	0,01	2	
	2	RA	8	15,09	0,08	14	Sangat Rapat
		RS	12	14,15	0,12	21	
	3	RA	4	14,25	0,04	7	Sangat Rapat
		RS	18	15,57	0,18	32	
3	1	EA	4	13,22	0,04	14	Sangat Rapat
		SA	8	9,04	0,08	29	
	2	EA	3	12,85	0,03	11	Rapat
		SA	4	9,55	0,04	14	
	3	EA	7	12,33	0,07	25	Sangat Rapat
		SA	1	7,01	0,01	4	
	1	RS	1	13,06	0,01	4	Rapat
		RM	4	10,67	0,04	19	
4	2	CT	3	9,24	0,03	14	Sedang
		RM	1	10,51	0,01	5	
	3	CT	4	10,51	0,04	19	Sangat Rapat
		RM	2	9,71	0,02	10	
	1	LR	7	18,52	0,07	30	Rapat
		RA	1	13,38	0,01	4	
	2	LR	6	14,01	0,06	26	Sangat Rapat
		RA	4	13,54	0,04	17	
5	3	LR	5	15,92	0,05	22	Sedang
		LR	4	15,61	0,04	31	
	2	LR	6	13,00	0,06	46	Sedang
		LR	2	11,94	0,02	15	
	1	BG	1	18,15	0,01	8	Jarang
		BG	1	73,57	0,01	33	
	2	-	-	-	-	-	-
		BG	2	44,90	0,02	67	
6	1	BG	2	20,38	0,02	11	Jarang
		RA	1	10,51	0,01	5	
	2	BG	3	14,86	0,03	16	Sedang
		RA	1	10,51	0,01	5	
	3	RS	2	20,06	0,02	11	Sangat Rapat
		BG	4	17,44	0,04	21	
	1	RA	4	11,70	0,04	21	Sangat Rapat
		RS	2	11,15	0,02	11	
7	2	BG	1	23,57	0,01	9	Sangat Jarang
		BG	3	17,09	0,03	27	
	3	RA	5	12,55	0,05	45	Rapat
		RS	2	13,38	0,02	18	
	1	CT	8	18,19	0,08	15	Sangat Rapat
		AC	7	11,37	0,07	13	
	2	LR	2	22,45	0,02	4	Sangat Rapat
		CT	10	13,79	0,10	19	
8	3	AC	5	11,91	0,05	10	Sangat Rapat
		LR	7	20,20	0,07	13	
	1	CT	5	17,32	0,05	10	Sangat Rapat
		AC	2	12,10	0,02	4	
	2	LR	6	15,45	0,06	12	Sangat Rapat
		LR	6	15,45	0,06	12	

Keterangan: RA= Rhizophora apiculata, LR= Lumnitzeria racemosa, RS= Rhizophora stylosa, BG = Bruguiera gymnorrhiza, EA= Excoecaria agallocha, AC= Aegiceras corniculatum, SA = Sonneratia alba, Ni= Jumlah Tegakan, RM= Rhizophora mucronata, Di= Kerapatan Jenis, CT= Ceriops tagal, Rdi= Kerapatan Relatif Jenis.



Gambar 2. Kerapatan vegetasi mangrove menggunakan citra SPOT 4 dan SPOT 6 pada tahun 2007 (A) dan 2017 (B). (Keterangan: ■ = Kerapatan Sangat Jarang; ■ = Kerapatan Jarang; ■ = Kerapatan Sedang; ■ = Kerapatan tinggi; ■ = Kerapatan Sangat Tinggi; ■ = Non-Mangrove)

Tabel 5 menunjukkan luas sebaran mangrove di pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran pada tahun 2007 sebesar 109 ha, sedangkan pada tahun 2017 sebesar 100,1 ha. Luas sebaran mangrove mengalami penurunan sebesar 8,9 ha selama rentang waktu 10 tahun. Tabel 5 dan Gambar 2 menunjukan tingkat kerapatan hutan mangrove di pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran mengalami peningkatan. Hal ini dapat dilihat dari luasan kelas kerapatan jarang dan kerapatan sedang pada tahun 2007 menjadi dominasi kelas kerapatan rapat pada tahun 2017. Hasil dari pengamatan di lapangan ditemukan beberapa spesies mangrove, yaitu: *Rhizophora apiculata*, *R. stylosa*, *R. mucronata*, *Lumnitzera racemosa*, *Excoecaria agallocha*, *Sonneratia alba*, *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorhiza*, dan *Aegiceras corniculatum*. Distribusi mangrove di pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran didominasi oleh spesies *R. apiculata* dan *R. stylosa*. Berikut ini adalah gambaran setiap jenis mangrove yang ditemukan di lapangan (Gambar 3) dan keadaan kerapatan jenis mangrove berdasarkan stasiun lapang yang diamati (Tabel 6).



Gambar 3. Jenis mangrove yang ditemukan pada lokasi penelitian

Jumlah tegakan yang didapat pada setiap plot dengan ukuran (10x10 m) sangat beragam, antara 1–22 pohon setiap plotnya. Jumlah tegakan tertinggi terdapat pada Stasiun 2 sebanyak 57 pohon, sedangkan terendah pada Stasiun 7 sebanyak 3 pohon. Spesies tertinggi yang ditemukan adalah *R. apiculata* sebanyak 54 pohon dan terendah adalah *R. mucronata* sebanyak 7 pohon. Rata-rata diameter pohon yang diperoleh pada setiap plot sangat beragam. Rata-rata diameter terbesar terdapat pada Plot 1 di Stasiun 7 sebesar 73,57 cm dan terkecil pada Plot 1 di Stasiun 4 sebesar 9,96 cm. Rata-rata diameter terbesar pada tingkat stasiun terdapat pada Stasiun 7 sebesar 59,24 cm dan terkecil pada Stasiun 4 sebesar 10,23 cm.

Kerapatan mangrove yang didapat di pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran juga sangat beragam dan terdapat semua kategori, yaitu: sangat jarang, jarang, sedang, rapat, dan Sangat Rapat sebesar kerapatan setiap plotnya berkisar antara 0,01–0,22 ind/m². Contoh kategori kerapatan sangat jarang terdapat pada Plot 1 Stasiun 7 sebesar 0,01 ind/m², kerapatan jarang terdapat pada Plot 3 Stasiun 6 sebesar 0,03 ind/m², kerapatan sedang terdapat pada Plot 3 Stasiun 5 sebesar 0,05 ind/m², kerapatan rapat terdapat pada Plot 1 Stasiun 4 sebesar 0,07 ind/m², serta kerapatan Sangat Rapat terdapat pada Plot 3 Stasiun 3 sebesar 0,09 ind/m².

Kerapatan mangrove terbesar pada tingkat stasiun terdapat pada Stasiun 2 sebesar 0,57 ind/m², sedangkan terkecil pada Stasiun 7 sebesar 0,03 ind/m². Kerapatan yang tinggi di Stasiun 2 dikarenakan lokasinya yang terdapat pada zona

tengah yang membuat pertumbuhan mangrove tidak terganggu gelombang laut serta masih mendapatkan suplai air laut, sedangkan kerapatan yang rendah di Stasiun 7 dikarenakan lokasinya yang terdapat pada zona terbuka atau *seaward* yang langsung berhadapan dengan gelombang laut membuat pertumbuhan mangrove terganggu dikarenakan gelombang dan sampah yang berdatangan.

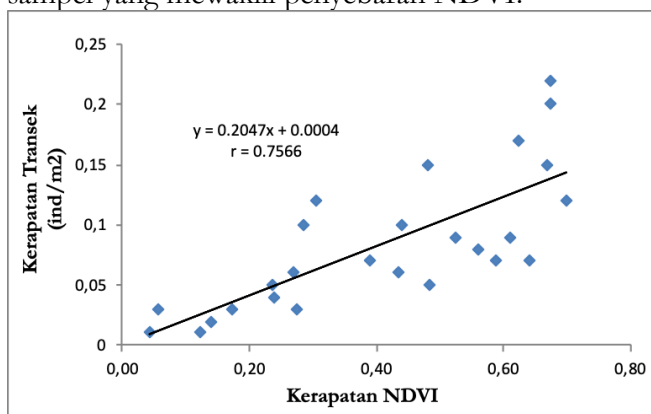
Tabel 7. Hasil uji akurasi antara citra satelit dan data lapangan

Citra Lapangan	Mangrove	Non- Mangrove	Badan Air	Total Baris	Akurasi Pembuat
Mangrove	31	-	2	33	94%
Non- Mangrove	1	8	-	9	89%
Badan Air	3	-	5	8	62%
Total	35	8	7	50	
Kolom					
Akurasi	88%	100%	71%		
Pengguna					

Akurasi Keseluruhan = 88%, Kappa = 87,76%

Hasil hasil uji akurasi dengan perhitungan matriks kesalahan (*confusion matrix*) (Tabel 7) di dapatkan *User's Accuracy* tertinggi pada non-mangrove sebesar 100% dan *Producer's Accuracy* tertinggi pada mangrove sebesar 94%, serta mendapatkan akurasi *overall* klasifikasi adalah 88% dan akurasi *kappa* sebesar 87,76%.

Validasi data dilakukan dengan mengorelasikan hasil pengolahan kerapatan pada citra menggunakan algoritma NDVI dengan kerapatan mangrove di lapangan (Gambar 4). Hal ini dilakukan untuk mengetahui persentase hasil pengolahan citra yang merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan. Penentuan analisis korelasi dilakukan dengan cara mengambil sampel secara acak sebanyak 28 titik sampel yang mewakili penyebaran NDVI.



Gambar 4. Grafik Korelasi Linear Antara Kerapatan NDVI dan Kerapatan Transek

Persamaan regresi linear sederhana yang dihasilkan pada penelitian ini adalah $y = 0,2047x + 0,0004$ (y = nilai indeks vegetasi; x = kerapatan mangrove). Nilai koefien korelasi (r) yang

didapatkan dari nilai NDVI dan nilai kerapatan transek sebesar 0,7566. Sehingga dapat dikatakan antara nilai hasil prediksi dan hasil pengukuran lapangan berkorelasi sebesar 76%.

Pembahasan

Kondisi sebaran mangrove di pesisir Pantai Bama menunjukkan adanya penurunan luasan mangrove. Hasil klasifikasi citra yang ditampilkan pada Gambar 2 menunjukkan perubahan luasan mangrove terlihat jelas pada bagian bawah dari lokasi penelitian dimana terjadi perubahan tutupan lahan dari mangrove menjadi non-mangrove. Hasil pengecekan kondisi di lapangan menunjukkan kondisi mangrove pada lokasi tersebut sudah mati akibat perubahan lingkungan di sekitarnya (Gambar 5). Penyebab lainnya adalah posisi mangrove yang relatif tersembunyi dan berbatasan dengan daratan di sekelilingnya mengakibatkan sedikitnya pasokan air laut dan tingkat salinitas relatif sangat rendah. Kenampakan mangrove yang mati terlihat jelas dengan kondisi kanopi/tutupan vegetasi yang sudah hilang. Citra satelit SPOT 6 hasil akuisisi tahun 2017 juga mampu mengonfirmasi hal tersebut dimana objek yang terekam jelas pada sensor didominasi oleh objek non-mangrove berupa perairan. Danoedoro (2009) menjelaskan dalam proses identifikasi mangrove dengan pendekatan spasial didasarkan pada kenampakan dari tekstur kanopi dan lokasi. Hal ini dipertegas oleh Lo (1996) dimana karakteristik daun yang berwarna hijau menyerap spektrum merah dan biru dan memantulkan spektrum hijau.

Kondisi kerapatan mangrove dalam periode 10 tahun (2007–2017) mengalami peningkatan kerapatan yang cukup signifikan terutama pada bagian tengah dari lokasi kajian. Hal ini dikarenakan keberadaan mangrove pada daerah tersebut relatif lebih terjaga sehingga hutan mangrove dapat tumbuh dengan baik tanpa adanya gangguan dari ekosistem di sekitarnya terutama oleh masyarakat sekitar. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari penduduk setempat bahwasannya di daerah tersebut juga pernah dilakukan program rehabilitasi dan penanaman mangrove.



Gambar 5. Kondisi mangrove mati yang dikategorikan sebagai obyek non-mangrove

Hasil perhitungan akurasi dari klasifikasi citra menunjukkan tingkat akurasi yang memadai. Nilai akurasi keseluruhan dianggap terlalu di atas estimasi sehingga jarang digunakan sebagai indikator yang baik dalam mengukur kesuksesan klasifikasi karena hanya menggunakan *pixel* yang terletak pada diagonal suatu matrik kontingensi, sedangkan nilai akurasi kappa dianjurkan untuk digunakan dikarenakan akurasi kappa menggunakan semua elemen dalam matriks. *United States Geological Survey* (USGS) telah menetapkan tingkat ketelitian klasifikasi atau interpretasi minimum dengan menggunakan penginderaan jauh, yaitu lebih dari 85% (Sampurno dan Thoriq, 2016). Nilai akurasi yang didapatkan dari penelitian ini memberikan ketelitian yang cukup tinggi (lebih dari 85%) dan memenuhi syarat yang ditetapkan oleh USGS sehingga hasil klasifikasi citra SPOT 6 dapat digunakan dalam menghitung sebaran dan kerapatan hutan mangrove. Hasil ini tidak jauh berbeda dari penelitian yang sama menggunakan SPOT 6 di Pulau Sebatik, Kalimantan Utara yang mendapatkan hasil akurasi keseluruhan sebesar 90% dan akurasi *kappa* sebesar 89% (Hendrawan et al., 2018).

Hasil analisis korelasi (*r*) apabila ditinjau dari tingkat hubungan korelasi, hasil penelitian termasuk korelasi sangat kuat (0,75–1,00) (Sarwono, 2006). Hasil ini tidak jauh berbeda dari penelitian yang sama menggunakan Quickbird di Pulau Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah yang mendapatkan nilai *r* sebesar 0,73 (Wijaya et al., 2005). Perbandingan untuk hubungan NDVI dengan kerapatan mangrove dari penelitian sejenis lainnya ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Hubungan NDVI dengan Kerapatan Mangrove dari Penelitian Sejenis

Sumber Data	Citra	Metode Kerapatan	Koefisien determinasi (R^2)	Koefisien korelasi (R)
Penelitian ini	SPOT 6	Transek	0,5725	0,76
Kawamuna et al. (2017)	Sentinel 2	Transek	0,8301	0,91
Hendrawan et al. (2018)	SPOT 6	Tajuk	0,72	0,85
Wijaya et al. (2005)	Quickbird	Transek	0,5402	0,73
Saefurrahman et al. (2008)	Formosat 2	Transek	0,8204	0,9

Persamaan regresi linear sederhana yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan nilai koefisien regresi bernilai positif. Hal ini menunjukkan kerapatan NDVI dengan kerapatan transek berbanding lurus dimana semakin besar kerapatan transek mangrove maka semakin besar juga nilai NDVI dan sebaliknya. Hal ini dapat dimaklumi karena pengukuran menggunakan pendekatan

penginderaan jauh sudah tentu memiliki keterbatasan terutama dalam hal tingkat akurasi dibandingkan dengan pengukuran langsung di lapangan.

Kesimpulan

Distribusi sebaran hutan mangrove di lokasi tersebut pada periode 2007–2017 mengalami penurunan sebesar 8,9 ha, sedangkan kondisi tingkat kerapatan mangrove mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Indikasi peningkatan kerapatan hutan mangrove dalam periode 10 tahun (2007–2017) terlihat dari perubahan sebaran kelas kerapatan sedang dan kerapatan rapat menjadi kelas kerapatan rapat yang cukup dominan. Hasil uji akurasi dengan perhitungan matriks kesalahan (*confusion matrix*) didapatkan akurasi keseluruhan sebesar 88%, sedangkan akurasi *kappa* adalah 87,76%. Nilai akurasi tersebut memberikan ketelitian yang cukup tinggi (lebih dari 85%) dan memenuhi syarat yang ditetapkan sehingga hasil klasifikasi citra dapat digunakan dalam usaha pengawasan kondisi hutan mangrove di pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang telah memberikan data citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Balai Taman Nasional Baluran yang telah mengizinkan melakukan pengambilan data di lapangan.

Referensi

- Aryastana, P., I.G.A.P. Eryani, K.W. Candrayana. 2016. Perubahan garis pantai dengan citra satelit di Kabupaten Gianyar. *PADURAKSA*, 5(2): 70-81.
- Danoedoro, P. 2009. Penginderaan jauh untuk inventarisasi mangrove: Potensi, keterbatasan dan kebutuhan data. *Proceedings Sinergi Survei dan Pemetaan Nasional dalam Mendukung Pengelolaan Mangrove Berkelanjutan* 2009, 98-113.
- Danoedoro, P. 2012. Pengantar penginderaan jauh digital. Andi, Yogyakarta.
- Hendrawan, J.L. Gaol, S.B. Susilo. 2018. Studi kerapatan dan perubahan tutupan mangrove menggunakan citra satelit di Pulau Sebatik Kalimantan Utara. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1): 99-109.
- Irawan, S., A.O. Malau. 2016. Analisis persebaran mangrove di Pulau Batam menggunakan teknologi penginderaan jauh. *Jurnal Integrasi*, 8(2): 80-87.
- Januar, D., A. Suprayogi, Y. Prasetyo. 2016. Analisis penggunaan NDVI dan BSI untuk identifikasi tutupan lahan pada citra LANDSAT 8 (Studi kasus: wilayah Kota Semarang, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 5: 135-144.
- Kawamuna, A., A. Suprayogi, A.P. Wijaya. 2017. Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada citra SENTINEL-2 (Studi kasus: Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi Undip*, 6 (01): 277-284.

- Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2013. Direktorat Jenderal Kelautan, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Jakarta.
- Li, M., S. Zang, B. Zhang, S. Li, C. Wu. 2014. A review of remote sensing image classification techniques: The role of spatiocontextual information. *European Journal of Remote Sensing*, 47: 389-411.
- Lo, C. P. 1996. *Penginderaan Jauh Terapan*. Jakarta.
- Pastor-Guzman, J., J. Dash, P.M. Atkinson. 2018. Remote sensing of mangrove forest phenology and its environmental drivers. *Remote Sensing of Environment*, 205: 71-84.
- Perumal, K., R. Bhaskaran. 2010. Supervised classification performance of multispectral images. *Jurnal of Computing*, 2(2): 124-129.
- Pratama, L.W., A. Isdianto. 2017. Pemetaan kerapatan hutan mangrove di Segeran Anakan, Cilacap, Jawa Tengah menggunakan citra LANDSAT 8 di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Jakarta. *Jurnal Floratek*, 12(1): 57-61.
- Prameswari, A.A.S.R., T. Hariyanto, F. Sidik. 2015. Analisis indeks vegetasi mangrove menggunakan citra satelit ALOS ANVIR-2. *GEOID*, 11(01): 40-45.
- Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh. 2015. *Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh LANDSAT 8 untuk Mangrove*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Jakarta.
- Rudiasuti, A.W., D.M. Yuwono, S. Hartini. 2017. Mangrove mapping using SPOT 6 at East Lombok, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 165: 1-9.
- Saefurahman, G. 2008. Distribusi, kerapatan dan perubahan luas vegetasi mangrove gugus Pulau Pari Kepulauan Seribu menggunakan citra FORMOSAT 2 dan LANDSAT 7/ETM+. Skripsi, Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sampurno, R.M., A. Thoriq. 2016. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra LANDSAT 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 10(2): 61-70.
- Sarwono, J. 2006. *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Silitonga, O., D. Purnama, E. Nofridiansyah. 2018. Pemetaan kerapatan vegetasi mangrove di sisi tenggara Pulau Enggano menggunakan data citra satelit. *Jurnal Enggano*, 3(1): 98-111.
- Sturges, H.A. 1926. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*, 21: 65-66.
- Suwargana, N. 2008. Analisis perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 5: 64-74.
- Suwargana, N. 2013. Resolusi spasial, temporal dan spectral pada citra satelit LANDSAT, SPOT dan IKONOS. *Jurnal Ilmiah WIDYA*, 1(2): 167-174.
- Sambah, A.B., N. Harahap, M. Mahmudi. 2014. Pemetaan sebaran hutan mangrove dan analisis pasial kesesuaian lahan budidaya tambak di pesisir Kecamatan Gending Kabupaten Probolinggo. *Journal of Enviromental Engineering & Sustainable Technology*, 1(2): 75-82.
- Wijaya, S.W. 2005. Aplikasi penginderaan jauh dengan citra satelit Quickbird untuk pemetaan mangrove di Pulau Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Skripsi, Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wirandha, F.S., Marwan, Nizammudin. 2015. Klasifikasi penggunaan lahan menggunakan citra satelit SPOT-6 di Kabupaten Aceh Barat Daya dan Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro tahun 2015*. 102-107.

How to cite this paper:

Fudloly, A.R.L., M.A.Z. Fuad, A.D. Purwanto. 2020. Perubahan sebaran dan kerapatan hutan mangrove di Pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran menggunakan citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 9(2): 184-192.