

STUDI KERAPATAN DAN PERUBAHAN TUTUPAN MANGROVE MENGUNAKAN CITRA SATELIT DI PULAU SEBATIK KALIMANTAN UTARA

STUDY OF DENSITY AND CHANGE OF MANGROVE COVER USING SATELLITE IMAGERY IN SEBATIK ISLAND NORTH BORNEO

Hendrawan^{1*}, Jonson L. Gaol², dan Setyo Budi Susilo²

¹Program Studi Teknologi Kelautan Pascasarjana, FPIK-IPB, Bogor

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

*E-mail: hendrawan_27@ymail.com

ABSTRACT

Mangrove forest is a susceptible ecosystem which needs continuous monitoring to detect various threats such as human activities and natural disasters. Remote sensing and geographical information system (GIS) are very effective tools to be used in monitoring mangrove ecosystem due to they can reach large areas and periodically. Application of remote sensing technology to monitor mangrove ecosystem in Sebatik Island had never been conducted before. This research is important to be carried out to reveal changes in condition of mangrove forest in Sebatik Island. Aims of this research were analyzing the correlation between Normalized Different Vegetation Index (NDVI) values and its canopy cover percentages, calculated the accuracy of land cover classification with different spatial resolution, and measuring the changes of mangrove covers from 2005 to 2016. Land cover classification in this research used supervised classification with Maximum Likelihood algorithm. The NDVI was used as mangrove density indicator and vegetation condition. Field data measurement was taken to count canopy cover. The accuracy of Landsat images classification was about 83% and the SPOT 6 images around of 90%. Mangrove forest in Sebatik Island had increased from 2005 to 2016 as high as 31.27%. The correlation between NDVI and canopy percent cover were categorized as high with their coefficient correlation $r=0.82$ (Landsat 8) and 0.85 (SPOT 6).

Keyword: *density, landsat, mangrove, NDVI, SPOT 6, Sebatik Island*

ABSTRAK

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang rentan sehingga membutuhkan pemantauan terus menerus untuk mendeteksi berbagai ancaman seperti aktivitas manusia dan bencana alam. Penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) merupakan alat yang sangat efektif untuk digunakan dalam pemantauan ekosistem mangrove karena dapat menjangkau daerah yang luas dan dapat dilakukan sekala berkala. Penerapan teknologi penginderaan jauh untuk memantau ekosistem mangrove di Pulau Sebatik belum pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini penting untuk mengetahui perubahan kondisi hutan mangrove di Pulau Sebatik. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis korelasi antara nilai *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI) dan persentase tutupan kanopi mangrove, menghitung akurasi klasifikasi tutupan lahan dengan resolusi spasial yang berbeda, dan mengukur perubahan sebaran mangrove dari tahun 2005 sampai 2016. Klasifikasi tutupan lahan dalam penelitian ini menggunakan klasifikasi terbimbing dengan algoritma *Maximum Likelihood*. NDVI digunakan sebagai indikator kerapatan tutupan mangrove. Pengukuran data lapangan diambil untuk menghitung tutupan kanopi. Penilaian akurasi klasifikasi citra Landsat sekitar 83% dan citra SPOT 6 sekitar 90%. Mangrove di Pulau Sebatik mengalami peningkatan dari tahun 2005 sampai 2016 sebesar 31,27%. Korelasi antara NDVI dan tutupan kanopi dikategorikan tinggi dengan koefisien korelasi $r = 0,82$ (Landsat 8) dan $0,85$ (SPOT 6).

Kata Kunci: kerapatan, landsat, mangrove, NDVI, SPOT 6, Pulau Sebatik

I. PENDAHULUAN

Mangrove merupakan jenis pohon kayu yang tumbuh di wilayah pesisir antara darat dan laut yang hanya ada pada daerah tropis dan sub-tropis (Barati *et al.*, 2011). Sebagai suatu ekosistem khas wilayah pesisir, ekosistem mangrove memiliki banyak fungsi dan manfaat dalam menunjang keberlangsungan ekosistem lain yang terkait didalamnya. Hutan mangrove berperan penting dalam menstabilkan garis pantai dan membantu mengurangi dampak bencana alam seperti tsunami dan angin topan (Nurdin *et al.*, 2015). Hutan mangrove sebagai penyerap karbon dan dapat menghasilkan bahan organik penyuplai makanan bagi organisme melalui dekomposisi serasah (Giesen *et al.*, 2007; Setiawan, 2013). Senyawa aktif pada mangrove dapat digunakan sebagai bahan antibakteri (Sahoo *et al.*, 2012; Hendrawan *et al.*, 2015). Meskipun memiliki banyak fungsi dan manfaat, ekosistem mangrove sangat rentan terhadap gangguan baik secara alami maupun antropogenik. Oleh karena itu diperlukan suatu metode dan teknologi yang tepat dalam melakukan pemantauan terhadap ekosistem mangrove.

Wilayah pesisir Pulau Sebatik Kabupaten Nunukan merupakan salah satu wilayah yang memiliki ekosistem mangrove. Keberadaan penduduk di wilayah ini, menyebabkan interaksi antara penduduk dengan ekosistem mangrove diantaranya: pemanfaatan kayu untuk bahan bangunan, konversi lahan untuk area pelabuhan dan konversi lahan menjadi tambak (Ardiansyah *et al.*, 2012). Mangrove merupakan ekosistem yang rentan sehingga memerlukan pemantauan yang terus menerus untuk mendeteksi berbagai ancaman seperti kegiatan manusia dan bencana alam. Pemantauan mangrove diperlukan untuk mengukur tingkat pertumbuhan dan mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan (Monsef and Smith, 2017). Penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk memantau ekosistem mangrove di

Pulau Sebatik belum pernah dilakukan sebelumnya.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk memetakan dan mengetahui kondisi suatu wilayah menggunakan metode klasifikasi. Klasifikasi dirancang untuk menurunkan informasi tematik dengan cara mengelompokkan fenomena berdasarkan kriteria. Informasi tematik dari hasil klasifikasi citra perlu dinilai akurasi isi informasinya sehingga diperlukan uji akurasi untuk menentukan apakah data tersebut dapat digunakan atau tidak (Danoedoro, 2012). Salah satu yang mempengaruhi akurasi dari hasil klasifikasi adalah resolusi spasial citra yang digunakan. Citra beresolusi spasial tinggi berdampak pada peningkatan *overall* akurasi dalam mengkaji klasifikasi tutupan lahan (Akar *et al.*, 2016). Hal tersebut dibuktikan oleh penelitian Chen *et al.* (2014) menyatakan bahwa metode klasifikasi *maximum likelihood* pada citra satelit dengan resolusi spasial 30 m memperoleh *overall* akurasi sebesar 63,1%, Chima *et al.* (2017) yang menggunakan citra SPOT 5 dengan resolusi 10 m memperoleh *overall* akurasi 86% dan Song dan Qigang, (2016) yang menggunakan citra SPOT 6 dengan resolusi 6 m memperoleh *overall* akurasi 77,85%.

Penginderaan jauh merupakan sumber data penting untuk memperkirakan tutupan vegetasi pada wilayah yang luas (Barati *et al.*, 2011). Penginderaan jauh dapat dimanfaatkan dalam pemantauan vegetasi mangrove yang didasarkan atas dua sifat penting yaitu mangrove mempunyai zat hijau daun (klorofil) dan mangrove tumbuh di daerah pesisir (Waas dan Nababan, 2010). Sifat optik klorofil sangat khas yaitu bahwa klorofil menyerap spektrum sinar merah dan memantulkan kuat spektrum infra merah dekat (Pranata *et al.*, 2016). Identifikasi kerapatan vegetasi dapat dilakukan dengan cara interpretasi citra secara digital menggunakan indeks vegetasi. Indeks vegetasi merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk

menganalisa keadaan vegetasi dengan cara mengukur tingkat kehijauan (*greenness*) kanopi vegetasi, sifat komposit dari klorofil daun, luas daun, struktur dan tutupan kanopi vegetasi di suatu wilayah (Huete *et al.*, 2011). Indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis hubungan nilai NDVI dengan nilai tutupan kanopi mangrove di Pulau Sebatik, menganalisis akurasi klasifikasi tutupan lahan dari sensor satelit dengan resolusi spasial yang berbeda, dan menganalisis spasial dan temporal perubahan luas tutupan mangrove.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Pulau Sebatik Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara. Lokasi tersebut dipilih karena wilayah ini memiliki jenis mangrove yang cukup beragam (Ardiansyah *et al.*, 2012)

selain itu Pulau Sebatik memiliki letak geografis yang strategis karena berbatasan langsung dengan negara Malaysia. Pengumpulan data lapangan (*in situ*) dilaksanakan pada bulan Desember 2016. Penentuan stasiun pengamatan lapangan menggunakan metode sampling acak sederhana (*Simple Random Sampling*) dengan membuat 30 titik plot pada citra NDVI yang sudah diklasifikasi. Titik plot ditentukan berdasarkan kriteria persentase tutupan kanopi mangrove dan berdasarkan informasi masyarakat setempat dengan mempertimbangan kondisi lingkungan. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Data

Penelitian ini menggunakan beberapa citra satelit, yang terdiri dari Landsat 5 TM dan citra Landsat 8 OLI serta citra SPOT 6 dan data lapangan (*in situ*). Citra satelit diunduh dari laman *USGS science for a changing world* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) dan citra SPOT 6 yang didapatkan dari stasiun Bumi LAPAN Kota Pare-Pare. Data satelit penginderaan jauh disajikan pada Table 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Tabel 1. Data satelit penginderaan jauh.

Satelit	Resolusi Spasial	Path dan Row	Akuisisi
Landsat 5 TM	30 m	117 dan 57	28 May 2005
Landsat 8 OLI	30 m	117 dan 57	15 September 2016
SPOT 6	6 m	302 dan 341	6 Juni 2016

Tabel 2. Kriteria kondisi hutan mangrove.

Kriteria	Penutupan (%)	Kerapatan (Σ pohon/ha)	
Baik	Lebat Sedang	> 75 % 50 – 75 %	>1500 1000-1500
Rusak	Jarang	< 50 %	<1000

Pengambilan data lapangan dilakukan pada bulan Desember 2016. Data lapangan yang diperlukan dibagi menjadi 2 jenis yaitu, data untuk uji akurasi klasifikasi citra berupa titik koordinat dan data mangrove. Data mangrove meliputi jenis mangrove, merujuk pada buku Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia (Noor *et al.*, 2012) dan data presentutupan kanopi mangrove (LIPI, 2014). Pengambilan sampel persen tutupan mangrove dilakukan dengan membuat plot transek. Ukuran plot disesuaikan dengan resolusi spasial citra satelit yang digunakan yaitu, 30 x 30 m untuk citra Landsat dan 6 x 6 m untuk citra SPOT 6.

Persentase tutupan kanopi mangrove diukur dengan menggunakan metode *hemispherical photography*. Metode ini menggunakan kamera dengan lensa *wide angle* dengan sudut pandang 170° pada satu titik pengambilan foto (Korhonen *et al.*, 2006). Foto hasil pemotretan dianalisis menggunakan perangkat lunak *ImageJ*. Analisis ini bertujuan untuk memisahkan piksel langit dan tutupan kanopi mangrove, sehingga persentase jumlah piksel tutupan kanopi mangrove dapat dihitung dalam analisis gambar biner (Chianucci *et al.*, 2014). Foto hasil pengukuran lapangan kemudian diubah menjadi format 8 bit sehingga format nilainya menjadi 0 sampai 255. Foto yang sudah diubah menjadi format 8 bit kemudian dipisahkan antara tutupan kanopi dan langit menggunakan *tools threshold* pada perangkat

lunak ImageJ. Nilai 0 merupakan piksel langit dan nilai 255 merupakan piksel tutupan kanopi mangrove, persentase tutupan kanopi dihitung menggunakan rumus (LIPI, 2014):

$$\% \text{ Tutupan Mangrove} = \frac{P225}{\Sigma P} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: P255 adalah jumlah piksel yang bernilai 255, dan ΣP adalah jumlah seluruh piksel.

Hasil analisis persentase tutupan kanopi mangrove digunakan untuk menggambarkan status kondisi hutan mangrove di Pulau Sebatik berdasarkan Keputusan menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004. Kriteria kondisi hutan mangrove disajikan pada Table 2.

2.3. Pengolahan Citra

Sebelum citra dilakukan pengolahan, terlebih dahulu dilakukan *preprocessing*. *Preprocessing* citra dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kualitas data citra. *Preprocessing* citra yang dilakukan pada penelitian ini yaitu koreksi atmosferik. Setelah dilakukan proses *preprocessing* kemudian dilakukan pengolahan citra. Pengolahan citra terdiri dari (1) komposit citra, (2) klasifikasi citra, dan (3) transformasi NDVI.

2.3.1. Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik menggunakan metode *dark pixel correction*. Prinsip metode

ini adalah memperbaiki nilai radiometrik (*picel value*) pada citra akibat gangguan radiometrik. Obyek berawan gelap seharusnya memiliki nilai piksel 0, apabila obyek tersebut tidak berniali 0 maka nilai tersebut adalah bias (Ardiansyah, 2015).

2.3.2. Komposit Citra

Penyusunan komposit citra diperlukan untuk mempermudah intepretasi citra inderaja. Susunan komposit warna dari kanal citra penginderaan jauh minimal terdapat kanal Inframerah dekat untuk mempertajam penampakan unsur vegetasi. Komposit citra satelit dilakukan pada citra Landsat 5 RGB 453 tahun 2005, citra Landsat 8 RGB 564 tahun 2016 dan citra SPOT 6 RGB 432. Komposit tersebut merupakan komposit *false color* untuk visualisasi vegetasi. Vegetasi mangrove berwarna merah kecoklatan yang sangat kontras dengan objek lain disekitarnya (LAPAN, 2015). Karakteristik obyek vegetasi dapat dikenali berdasarkan unsur-unsur interpretasi seperti warna, bentuk, ukuran, pola, tekstur, bayangan, letak dan asosiasi kenampakan obyek (Sampurno dan Thoriq, 2016).

2.3.2. Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan suatu proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan suatu piksel dalam beberapa kelas berdasarkan suatu kriteria atau kategori obyek. Setiap piksel yang terdapat dalam setiap kelas diasumsikan memiliki karakteristik yang homogen (Prahasta, 2008). Tujuan proses klasifikasi adalah untuk mengekstrak pola-pola spektral yang terdapat didalam citra.

Klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan metode klasifikasi *maximum likelihood*. Metode klasifikasi *maximum likelihood* adalah metode yang paling populer dalam klasifikasi data citra penginderaan jauh (Jia *et al.*, 2011). Pengkelas kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) mengevaluasi secara kuantitatif

varian maupun korelasi pola tanggapan kategori spektral ketika mengklasifikasi piksel yang tidak dikenal (Prahasta, 2008).

2.3.3. Indeks Vegetasi NDVI

Indeks vegetasi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kerapatan, biomassa, dan tingkat kehijauan vegetasi. Nilai indeks vegetasi NDVI dihitung sebagai rasio antara band NIR (*Near Infrared Radiation*) dengan band merah (*red*) pada spektrum gelombang elektromagnetik (Waas dan Nababan, 2010). Persamaan indeks vegetasi NDVI mengikuti persamaan (Rouse *et al.*, 1974) sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{(NIR-red)}{(NIR+red)} \dots\dots\dots(1)$$

NDVI akan menghasilkan citra baru dengan rentang nilai -1 hingga +1. Vegetasi ditandai dengan nilai NDVI yang tinggi. Sebaliknya, badan air diwakili dengan nilai NDVI negatif karena penyerapan elektromagnetik oleh air (Pujiono *et al.*, 2013). Indeks vegetasi untuk tumbuhan hijau secara umum nilainya sekitar 0,1 sampai dengan 0,7 (Prahasta, 2008). Citra hasil transformasi NDVI kemudian dikelaskan menjadi 5 kelas yaitu badan air, non vegetasi, vegetasi jarang, vegetasi sedang, dan vegetasi lebat.

2.4. Uji Akurasi Klasifikasi Tutupan Lahan

Akurasi merupakan perbandingan antara data hasil klasifikasi dengan kondisi di lapangan. Uji akurasi pada penelitian ini menggunakan sebuah matrik kesalahan atau lebih dikenal dengan *Confusion Matriks* (Congalton dan Green, 2009). Persentase ketelitian suatu kelas diperoleh dari perbandingan jumlah piksel yang benar masuk pada *training area* dengan jumlah piksel pada *training area* suatu kelas. Hasil uji akurasi pada matrix kesalahan berupa perhitungan *overall accuracy* (OA), *produser accuracy* (PA), *user accuracy* (UA) dan *kappa coefisien*.

2.5. Analisis Hubungan antara NDVI dan Persentase Tutupan Kanopi

Analisis korelasi dimaksudkan untuk mengetahui derajat kerapatan hubungan antara variabel X yang berisi data persentase tutupan kanopi mangrove di lapangan dengan variabel Y yang berisi data nilai indeks vegetasi NDVI.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian di Pulau Sebatik ditemukan 12 jenis mangrove sejati yaitu: *Acrostichum speciosum*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Bruguiera perviflora*, *Ceriops decandra*, *Ceriops tagal*, *Lumnitzera littorea*, *Nypa fruticans*, *Rhizophora muncronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba*, dan *Xylocarpus granatum*.

Mangrove dominan yang ditemukan pada lokasi penelitian adalah jenis *Sonneratia alba* pada seaward zone kemudian *Rhizophora muncronata* dan *Rhizophora stylosa* pada mid zone dan *Nypa fruticans* pada landward zone. Hasil tersebut lebih sedikit dari yang ditemukan Ardiansyah *et al.*

(2012) secara keseluruhan ditemukan 19 spesies mangrove di kawasan pesisir Pulau Sebatik.

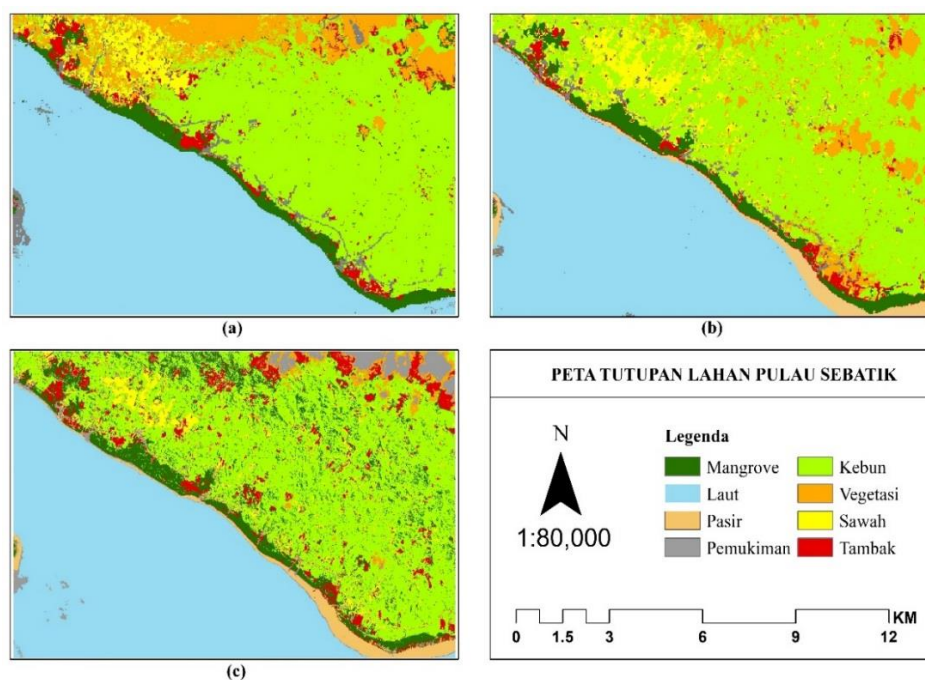
Hasil pengukuran persentase tutupan kanopi mangrove diperoleh rata-rata persen dari kriteria tutupan kanopi jarang, sedang, dan lebat. Hasil tersebut mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.201 Tahun 2004. Rata-rata persentase tutupan kanopi mangrove di Pulau Sebatik disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata persentase tutupan kanopi mangrove.

Kriteria	Plot Citra Landsat 8 (%)	Plot Citra SPOT 6 (%)
Jarang	38.37	44.45
Sedang	63.56	59.16
Lebat	77.92	79.62

3.1. Klasifikasi Citra

Hasil klasifikasi citra multispektral adalah peta tematik tutupan lahan di Pulau Sebatik.



Gambar 2. Peta klasifikasi tutupan lahan Pulau Sebatik Citra Landsat (a) Tahun 2005 (b) Tahun 2016 (c) Citra SPOT 6 Tahun 2016.

Citra Landsat 8 dan citra SPOT 6 dikelaskan menjadi 8 kelas yaitu, mangrove, laut, pasir, pemukiman, kebun, vegetasi, sawah dan tambak. Sedangkan citra Landsat 5 dikelaskan menjadi 7 kelas karena tidak adanya kelas pasir pada citra tersebut. Kelas citra Landsat 5 yaitu, mangrove, laut, pemukiman, kebun, vegetasi, sawah dan tambak. Mangrove membentang di bagian selatan Pulau Sebatik. Peta klasifikasi tutupan lahan disajikan pada Gambar 2.

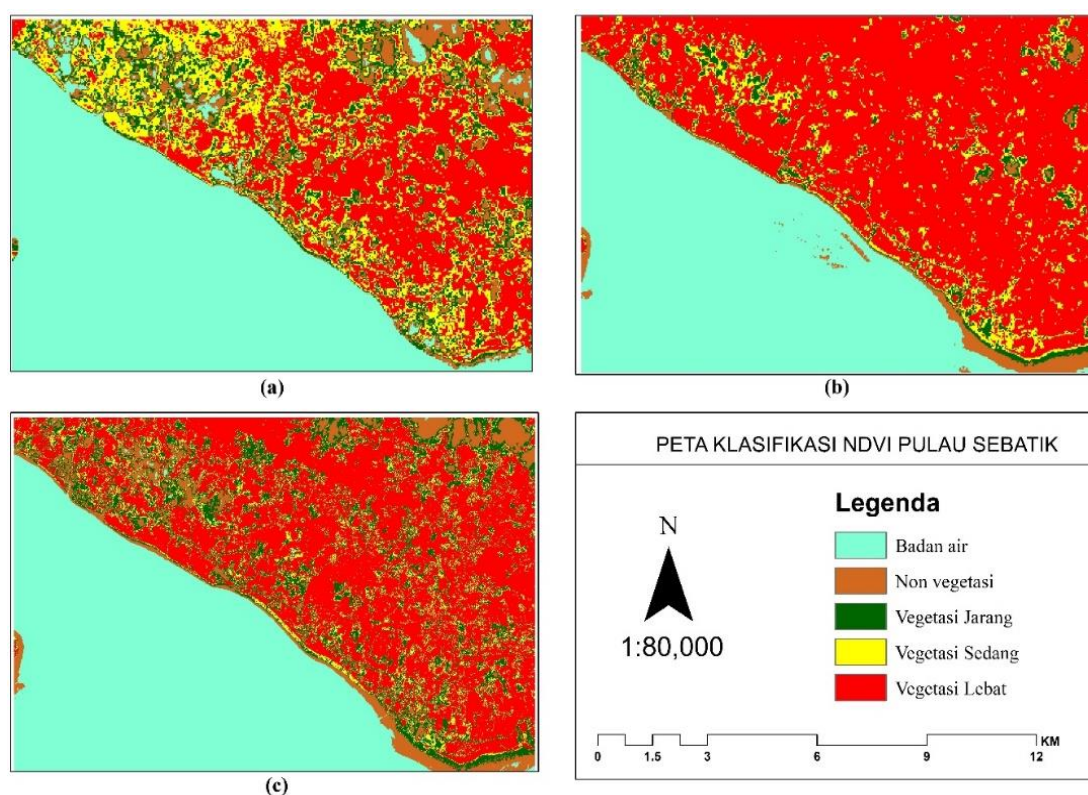
3.2. Akurasi Klasifikasi Citra

Akurasi klasifikasi tutupan lahan di daerah penelitian diperoleh *overall* akurasi pada citra Landsat 8 sebesar 83 % dengan *kappa coefisien* sebesar 0,75 dan *overall* akurasi citra SPOT 6 sebesar 90 % dengan *kappa coefisien* sebesar 0,89. Selain *overall* akurasi dan *kappa coefisien* dihitung juga *user* dan *produser* akurasi hasil klasifikasi pada kelas mangrove. *User* akurasi dan *produser* akurasi pada citra Landsat 8 masing-masing

96,30% dan 86%, sedangkan pada citra SPOT 6 *user* akurasi dan *produser* akurasi lebih tinggi masing-masing sebesar 96,67% dan 96%. Perbedaan resolusi spasial pada kedua citra mengakibatkan hasil uji akurasi dari citra SPOT 6 lebih tinggi dibandingkan citra Landsat 8. *Overall* akurasi lebih besar dari 70% artinya akurasi dari suatu klasifikasi dapat diterima (Purwadhi, 2001). Uji akurasi hanya dilakukan pada citra Landsat 8 dan citra SPOT 6 karena tanggal akuisisi citra tersebut berdekatan dengan waktu pengambilan data lapangan.

3.3. Transformasi Citra

Rentang nilai NDVI adalah -1 sampai +1, dari rentang nilai tersebut awalnya dibagi menjadi 3 kelas. Pembagian kelas untuk menentukan batas antara badan air, non vegetasi, dan vegetasi. Batas tersebut dihasilkan dengan membandingkan hasil klasifikasi NDVI dengan citra komposit RGB *true color* dari setiap citra.



Gambar 3. Peta klasifikasi NDVI Pulau Sebatik citra Landsat (a) Tahun 2005 (b) Tahun 2016 (c) citra SPOT 6 Tahun 2016.

Tabel 3. Rentang nilai NDVI di Pulau Sebatik.

Kriteria	Rentang nilai NDVI	
	Citra Landsat	Citra SPOT 6
Badan air	-1 – 0	-1 – 0
Non vegetasi	0 – 0,37	0 – 0,37
Vegetasi jarang	0,37 – 0,61	0,37 – 0,71
Vegetasi sedang	0,61 – 0,76	0,71 – 0,80
Vegetasi lebat	0,76 – 1	0,80 – 1

Kelas vegetasi kemudian dikelaskan kembali berdasarkan pada data persentase tutupan kanopi mangrove di lapangan (Tabel 3). Total kelas pada citra hasil transformasi NDVI adalah 5 kelas, yaitu badan air, non vegetasi, vegetasi jarang, sedang, dan lebat. Rentang nilai NDVI pada lokasi penelitian disajikan pada Tabel 3 dan peta klasifikasi NDVI disajikan pada Gambar 3.

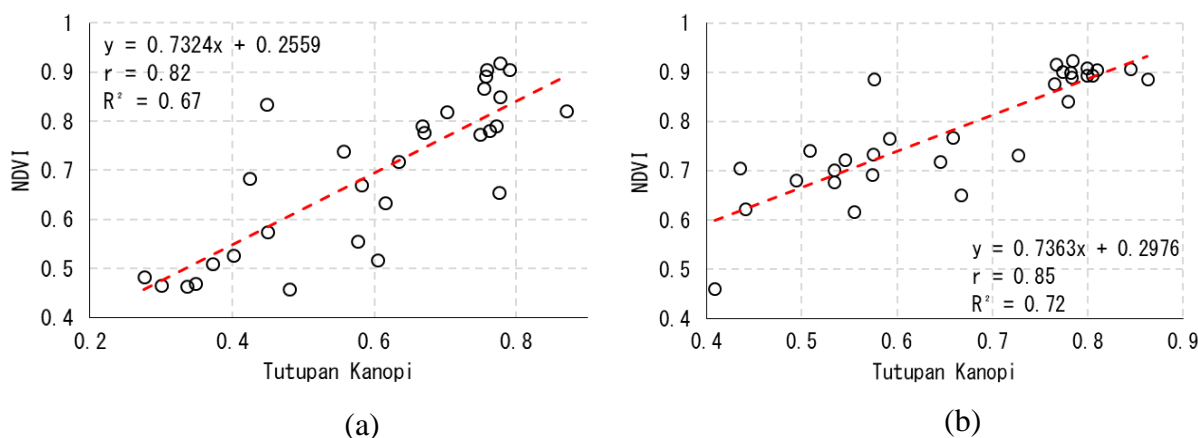
Rentang tersebut sesuai dengan rentang NDVI dari NASA, yaitu badan air (-1 – 0), lahan terbuka atau non vegetasi (0 – 0,2) dan vegetasi (> 0,2). Vegetasi pada Gambar 3 merupakan segala jenis tetumbuhan yang ada pada scene citra.

3.4. Hubungan antara NDVI dan Persentase Tutupan Kanopi

Hasil koefisien korelasi (r) antara persentase tutupan kanopi dan NDVI pada citra Landsat 8 sebesar $r = 0,82$ dan pada citra SPOT 6 sebesar $r = 0,85$. Apabila ditinjau dari

kriteria hubungan korelasi, maka korelasi persentase tutupan kanopi dengan NDVI termasuk korelasi kuat. Koefisien korelasi bertanda positif artinya nilai NDVI dipengaruhi oleh tutupan kanopi. Koefisien determinasi (R^2) menandakan adanya keterikatan antara tutupan kanopi dan NDVI sebesar 0,67 dan 0,72. Grafik hubungan korelasi disajikan pada Gambar 4. Semakin lebat tutupan kanopi semakin tinggi nilai NDVI.

Hasil analisis korelasi sejalan dengan yang dilakukan Green *et al.* (1998) yang menggunakan metode *Leaf Area Index* (LAI) pada pengambilan data lapangan dan NDVI dari citra SPOT XS mendapatkan koefisien determinasi $R^2 = 0,74$. Umarhadi dan Syarif (2017) membandingkan akurasi pemetaan kerapatan kanopi mangrove menggunakan indeks vegetasi pada citra Sentinel 2-A dengan besar hubungan $r = 0,81$, yang artinya tutupan kanopi berkorelasi dengan NDVI.



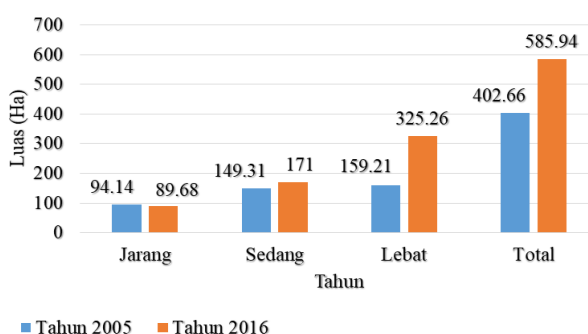
Gambar 4. Grafik hubungan persen tutupan kanopi dengan NDVI (a) Citra Landsat 8 (b) Citra SPOT 6.

Alatorre *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa NDVI mangrove berkorelasi dengan biomassa, tutupan kanopi dan indeks luas daun (LAI). Mayuftia *et al.* (2013) menyatakan bahwa NDVI dapat digunakan untuk mengukur persentase tutupan kanopi mangrove tetapi tidak dapat digunakan untuk mengukur kerapatan pohon mangrove. Besarnya hubungan persentase tutupan kanopi dan nilai NDVI disebabkan citra satelit merekam data pantulan elektromagnetik obyek di muka bumi (Ardiansyah, 2015).

3.5. Perubahan Mangrove di Pulau Sebatik

Perhitungan perubahan luas dan kerapatan mangrove di Pulau Sebatik menggunakan citra Landsat 5 tahun 2005 dan Landsat 8 tahun 2016. Luas mangrove dihitung dari hasil klasifikasi tutupan lahan pada Gambar 2. Kerapatan mangrove didapatkan dari hasil *overlay* kelas mangrove hasil klasifikasi tutupan lahan dengan citra hasil klasifikasi NDVI pada Gambar 3.

Total luas mangrove di Pulau Sebatik antara tahun 2005 sampai tahun 2016 mengalami peningkatan sebesar 45,51 %. Luas area mangrove jarang berkurang 4,73 %, sedangkan luas area mangrove sedang dan mangrove lebat meningkat masing-masing sebesar 14,52 % dan 104,3 %.



Gambar 5. Diagram luas mangrove di Pulau Sebatik.

Hal tersebut membuktikan bahwa terjadi pertumbuhan mangrove khususnya mangrove sedang dan lebat. Pengamatan di

lapangan mengungkapkan bahwa meningkatnya luas mangrove karena mangrove tumbuh pada daerah tambak yang sudah tidak aktif. Diagram perubahan luas mangrove disajikan pada Gambar 5.

IV. KESIMPULAN

Koefisien korelasi antara persentase tutupan kanopi dan NDVI pada citra Landsat 8 sebesar $r = 0,82$ dan pada citra SPOT 6 sebesar $r = 0,85$. Hubungan tutupan kanopi dan NDVI memiliki hubungan yang positif dan berkorelasi kuat. Akurasi klasifikasi tutupan lahan pada daerah penelitian sebesar 83% untuk citra Landsat 8 dan 90% untuk citra SPOT 6. Berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan, luas total mangrove di Pulau Sebatik antara tahun 2005 dan 2016 mengalami peningkatan sebesar 45,51%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kalimantan Utara yang telah memberikan fasilitas selama penelitian di lapangan dan Kepala stasiun Bumi LAPAN Pare-Pare yang telah memberikan data citra SPOT 6.

DAFTAR PUSTAKA

- Akar, A., E. Gökalp, Ö. Akar, and V. Yılmaz. 2016. Improving classification accuracy of spectrally similar land covers in the rangeland and plateau areas with a combination of WorldView-2 and UAV images. *Geocarto International*, 4(5):1010-6049. doi: 10.1080/10106049.2016.1178816.
- Alatorre, L.C., R. Sánchez-Andrés, S. Cirujano, S. Beguería, and S. Sánchez-Carrillo. 2011. Identification of mangrove areas by remote sensing: The ROC curve technique applied to the northwestern Mexico coastal zone using Landsat imagery. *Remote*

- Sensing*, 3(8):1568–1583. doi:10.3390/rs3081568.
- Ardiansyah. 2015. Pengolahan citra penginderaan jauh. PT. LABSIG INDERAJA ISLIM Jakarta. 269hlm.
- Ardiansyah, D.M. dan I. Buchori. 2014. Pemanfaatan citra satelit untuk penentuan lahan kritis mangrove Di Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Geoplanning*, 1(1):1–12.
- Ardiansyah, W.I., R. Pribadi, dan S. Nirwani. 2012. Struktur dan komposisi vegetasi mangrove di kawasan pesisir Pulau Sebatik, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. *J. Of Marine Research*, 1:203–215.
- Barati, S., B. Rayegani, M. Saati, A. Sharifi, dan M. Nasri. 2011. Comparison the accuracies of different spectral indices for estimation of vegetation cover fraction in sparse vegetated areas. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 14(1): 49–56.
- Chen, J., J. Chen, A. Liao, X. Cao, L. Chen, X. Chen, C. He, G. Han, S. Peng, M. Lu, W. Zhang, X. Tong, and J. Mills. 2014. Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach. *ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing*. 1-21. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.09.002>.
- Chianucci, F., U. Chiavetta, and A. Cutini. 2014. The estimation of canopy attributes from digital cover photography by two different image analysis methods. *IForest*, 7(4):255–259.
- Chima, C.I., N. Trodd, and M. Blackett. 2017. Assessment of Nigeriasat-1 satellite data for urban land use/land cover analysis using object-based image analysis in Abuja , Nigeria. *Geocarto International*, 6049(5): 1–19.
- Congalton, R.G. and K. Green. 2009. Thematic and positional accuracy assessment of digital remotely sensed data. Assessing The Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. New York (US). 179p.
- Giesen, W., S. Wulffraat, M. Zieren, and L. Scholten. 2007. Mangrove guidebook for southeast asia, FAO and Wetland Internasional. 189p.
- Green, E.P., C.D. Clark, P.J. Mumby, A.J. Edwards, and A.C. Ellis. 1998. Remote sensing techniques for mangrove mapping. *Interational J Remote sens*, 19(5):935-965. doi:10.1080/014311698215801
- Danoedoro, P. 2012. Pengantar penginderaan jauh digital. Andi Offset. Yogyakarta. 398hlm.
- Hendrawan, I. Zuraida, dan B.P. Pamungkas. 2015. Aktifitas antibakteri ekstrak metanol *Xylocarpus granatum* dari Pesisir Muara Badak. *J. Ilmu Perikanan Tropis*, 20(2):15–22.
- Huete, A., K. Didan, W.V. Leeuwen, T. Miura, and E. Glenn. 2011. MODIS vegetation indices. *Land remote sensing and global environmental change*, 26:579-602. doi: 10.1007/978-1-4419-6749-7_26.
- Jia, K., B. Wu, Y. Tian, Y. Zeng, and Q. Li. 2011. Vegetation classification method with biochemical composition estimated from remote sensing data. *International J. of Remote Sensing*, 32(24):9307–9325.
- Korhonen, L., K.T. Korhonen, M. Rautiainen, and P. Stenberg. 2006. estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. *Silva Fennica*, 40(4):577–588.
- Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2015. Pedoman pengolahan data penginderaan jauh landsat 8 untuk mangrove. Jakarta. ??hlm.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). 2014. Panduan monitoring status ekosistem mangrove. Jakarta. 35hlm.
- Monsef, H.A.E. and S.E. Smith. 2017. A new approach for estimating mangrove canopy cover using Landsat 8

- imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 135:183–194.
- Nisaa', R.M. dan N. Khakhim. 2017. Pemetaan kerusakan mangrove menggunakan citra Landsat OLI di Delta Mahakam, Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS*. Hlm.:67–77.
- Noor, Y.R., M. Khazali, dan I.N. Suryadiputra. 2012. Panduan pengenalan mangrove di indonesia, Bogor: PHKA /WI-IP. 227hlm.
- Nuridin, N., M. Akbar, and F. Patittingi. 2015. Dynamic of mangrove cover change with anthropogenic factors on small island, Spermonde Archipelago. *Proc. of SPIE*, 9638: 1–11.
- Prahasta, E. 2008. Remote sensing: praktis penginderaan jauh dan pengolahan citra digital dengan perangkat lunak er mapper. Informatika. Bandung. 406hlm.
- Pranata, R., A. Patendean, dan A. Yani. 2016. Analisis Sebaran dan kerapatan mangrove menggunakan citra landsat 8 di Kabupaten Maros. *J. Sains dan Pendidikan Fisika*, 12(1):88–95.
- Pujiono, E., D.A. Kwak, W.K. Lee, S.R. Kim, J.Y. Lee, S.H. Lee, T. Park, and M.I. Kim. 2013. RGB NDVI color composites for monitoring the change in mangrove area at the Maubesi Nature Reserve, Indonesia. *Forest Science and Technology*, 9(4):171–179.
- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Remote Sensing Center, Texas A&M University*, 20:309-317.
- Sahoo, G., N.S.S. Mulla, Z.A. Ansari, and C. Mohandass. 2012. Antibacterial Activity of Mangrove leaf extracts against human pathogens. *Indian J. of pharmaceutical sciences*, 74(4): 348–51.
- Sampurno, R.M. and A. Thoriq. 2016. Land cover classification using landsat 8 operational land imager (oli) data in Sumedang Ragency. *J. Teknotan*, 10(2): 61-70.
- Setiawan, H. 2013. Status Ekologi Hutan Mangrove pada Berbagai Tingkat Ketebalan. *J. Penelitian Kehutanan Wallacea*, 2(2):104–120.
- Song, W. and J. Qigang. 2016. The Study of Land Use Classification Based on SPOT6 High Resolution Data. *Matec Web of Conferences*, 18007:6–11.
- Umarhadi, D. and A. Syarif. 2017. Regression model accuracy comparison on mangrove canopy density mapping. *Intern Confer on Scien and Techn*, 2(7):1-10.
- Purwadhi, S.H. 2001. Interpretasi citra digital. Grasindo Penerbit PT. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.
- Waas, H.J. dan B. Nababan. 2010. Pemetaan dan analisis index vegetasi mangrove di pulau Saparua, Maluku Tengah. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1): 50–58.
- Diterima* : 24 November 2017
Direview : 19 Desember 2017
Disetujui : 23 Maret 2018

