

DETEKSI PERUBAHAN LUASAN MANGROVE MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT BERDASARKAN METODE OBIA DI TELUK VALENTINE PULAU BUANO SERAM BAGIAN BARAT

CHANGE DETECTION OF MANGROVE ECOSYSTEM USING LANDSAT IMAGERY BASED ON OBIA METHOD IN VALENTINE BAY, BOANO ISLAND WESTERN SERAM REGENCY

Saiful Alimudi¹, Setyo Budi Susilo², James P. Panjaitan²

¹Program Studi Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana,

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan,

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Korespondensi: ipoelsan88@gmail.com

ABSTRACT

Limited information and attention to the mangrove areas in the Valentine Bay makes this research is very important. Series Landsat 7 ETM + in 2003, and 2015 are used as recording data to map the mangrove and to see the changes in the region. This study aims to determine changes in mangrove ecosystem between 2003 and 2015, using Landsat imagery based on the OBIA method and to compare the accuracy between OBIA and pixel method. Object base analyst method or often called object-based classification is used to analyze the extent of mangrove cover changes. The results showed that by using an object-based classification, the mangrove forest cover very well detected at the level of 85-88% accuracy. The application of this analysis is were relatively stable in the period of observation, this region has changed from 2003 to 2015 by 1.2%, but the change is meant the addition of natural mangrove. Local government attention is needed to conserve the area and as an conservation area or a natural laboratory considering that the region is still very good and not overdone exploited by people around the region of Valentine Bay.

Keyword: Landsat, Mangrove, Object based classification (OBIA), Valentine Bay

ABSTRAK

Kurangnya informasi dan perhatian terhadap kawasan mangrove di Teluk Valentine menjadikan penelitian ini penting dilakukan. Seri Landsat 7 ETM + tahun 2003, dan 2015 digunakan sebagai data perekaman untuk memetakan mangrove dan melihat perubahan di wilayah ini. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan perubahan ekosistem mangrove antara tahun 2003 dan 2015, dengan menggunakan citra *Landsat* berdasarkan metode OBIA dan membandingkan keakuratan metode OBIA dan piksel. Metode analisis basis objek atau sering disebut klasifikasi berbasis objek digunakan untuk menganalisis sejauh mana perubahan tutupan mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan klasifikasi berbasis objek, tutupan hutan bakau sangat baik terdeteksi dengan akurasi 85-88%. Penerapan analisis ini relatif stabil pada periode pengamatan, kawasan ini telah mengalami perubahan dari tahun 2003 ke 2015 sebesar 1.2%, namun perubahan tersebut dimaksudkan penambahan mangrove alami. Perhatian pemerintah daerah diperlukan untuk melestarikan kawasan sebagai kawasan konservasi atau laboratorium alam mengingat kawasannya masih sangat bagus dan tidak dieksploitasi secara berlebihan oleh masyarakat sekitar kawasan Teluk Valentine.

Kata kunci: Klasifikasi berbasis objek (OBIA), *Landsat*, Mangrove, Teluk Valentine

PENDAHULUAN

Latar belakang

Penggunaan citra *Landsat* untuk pemetaan lahan sudah menjadi alternatif bagi penggunaan penelitian dengan citra resolusi menengah. Penerapannya hingga saat ini sering digunakan, salah satunya untuk pemetaan kawasan ekosistem mangrove (Kuenzer *et al.* 2011). Citra *Landsat* merupakan citra yang termasuk dalam kategori penginderaan jauh beresolusi. sedangkan Roy *et al.* (2014) menyatakan bahwa kendati demikian hasil dari beberapa penelitian menyebutkan bahwa nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) yang diperoleh dalam memetakan mangrove cukup baik diantaranya (Long & Giri 2011) mencapai 96.6%, Alatorre *et al.* (2011) sebesar 84% dan Kirui *et al.* (2013) sebesar 87.5%.

Pengembangan metode terhadap perubahan tutupan lahan telah banyak dilakukan, namun hingga sampai saat ini masih belum diperoleh metode universal untuk menjawab berbagai permasalahan yang terjadi pada kawasan mangrove maupun daerah penelitian lainnya. Beberapa metode diantaranya metode berbasis piksel yang telah banyak digunakan oleh para peneliti seperti, klasifikasi terbimbing dan tidak terbimbing Helmi *et al.* (2013) metode berbasis *image differencing* Coppin *et al.* (2004) dan vektor analysis He *et al.* (2011). Kendati demikian penerapan metode tersebut masih saja belum dapat dijadikan acuan utama dalam penentuan perubahan penutupan lahan suatu lokasi. Selain menggunakan metode berbasis piksel di atas, dalam pengembangan penginderaan jauh juga terdapat metode lain yang sedang berkembang yaitu metode klasifikasi berbasis objek (OBIA).

Metode OBIA merupakan salah satu metode baru dalam klasifikasi citra Navulur. (2007). Metode klasifikasi ini menggunakan proses segmentasi dan penggunaan sistem hirarki (Blaschke, 2010). Perbedaan yang terdapat pada metode ini adalah dasar proses analisis citra berupa objek citra atau segmen, tidak pada piksel tunggal. Penerapan klasifikasi ini terbukti dapat meningkatkan akurasi pada pemetaan mangrove dan perubahan skala temporal (Jhonnerie, 2014).

Penelitian lainnya seperti Heumann (2011) menggabungkan teknik klasifikasi berbasis objek dan algoritma *Support*

Vektor Machine (SVM) dengan akurasi keseluruhan 94%, Taşdemir *et al.* (2012) menggabungkan teknik *Self Organizing Maps* (SOM) dan klasifikasi berbasis objek, akurasi keseluruhan yang diperoleh lebih dari 90% dan Zhang *et al.* (2013) menggabungkan teknik klasifikasi berbasis piksel dengan klasifikasi berbasis objek (*pixel and object base hybrid analysis*) dan akurasi yang dicapainya 91.9%. Tahapan yang digunakan dalam metode OBIA adalah proses segmentasi citra (*pixel level*) menjadi segmen/objek (*objek level*) yang homogen sesuai dengan parameternya.

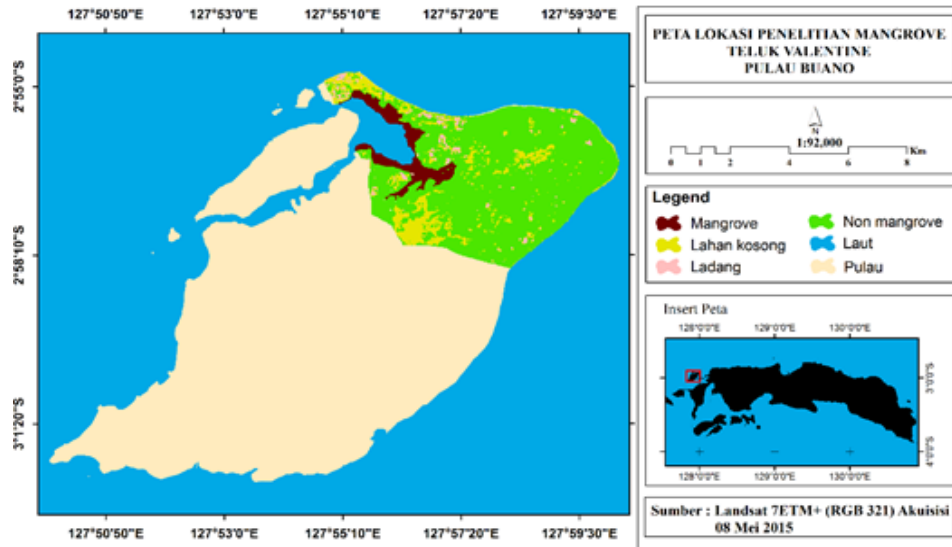
Berdasarkan penjelasan di atas, penggunaan metode OBIA ini perlu di uji pada kawasan mangrove untuk mengetahui perubahan luasan secara temporal. Penggunaan metode OBIA diharapkan mampu meningkatkan hasil akurasi. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kawasan hutan mangrove menggunakan metode OBIA di Teluk Valentine Pulau Buano Seram Bagian Barat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di wilayah Teluk Valentine Pulau Buano Seram Bagian Barat pada bulan Mei-Juni 2016. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada 2055' 18.1"- 2055'19.7" LS dan 127055' 38.9"- 127055' 52.7" BT (Gambar 1).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra *Landsat 7ETM+*, tahun 2003 dan 2015 Level 1T (Tabel 1) yang diakusisi 20 Mei 2003 dan 8 Mei 2015 dengan sistem proyeksi koordinat UTM zona 52N-WGS84, *Path/Row* 109/62. Karakteristik citra *Landsat 7ETM+* terdiri dari saluran multispektral (*blue, green, red, NIR, Mid1, Mid2*) dengan resolusi spasial 30 meter dan untuk Thermal-IR resolusi spasialnya 60 m, sedangkan pankromatik dengan resolusi sebesar 15 m yang diperoleh dari *United State Geological Survey* (USGS) *Global Visualization View* (GloVis) pada halaman web <http://glovis.usgs.gov/>.

Pengumpulan data lapangan berasal dari pengamatan langsung di kawasan mangrove pada lokasi penelitian dengan menggunakan GPS yang difokuskan terhadap penutupan lahan di sekitar lokasi. Pengamatan penutupan lahan dilakukan dari pasang terendah hingga menuju kawasan perbatasan mangrove di darat. Skema penutupan lahan mengacu pada standarisasi nasional (2011) yang terdiri dari 5 kelas penutupan lahan (Tabel 2).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tabel 1. Seri citra *Landsat* yang digunakan

No	Seri Landsat	Akuisi
1	<i>Landsat 7 ETM+</i>	20 Mei 2003
2	<i>Landsat 7 ETM+</i>	8 Mei 2015

Tabel 2. Skema dan deskripsi penutupan lahan

No	Kelas penutupan lahan	Deskripsi
1	Badan Air	Semua kenampakan perairan
2	Bukan Mangrove	Lahan yang ditumbuhi berbagai jenis vegetasi alamiah heterogen dengan tingkat kerapatan jarang hingga rapat dan didominasi oleh vegetasi rendah
3	Ladang	Area yang digunakan untuk kegiatan pertanian dengan jenis tanaman semusim di lahan kering
4	Lahan terbuka	Lahan tanpa penutup lahan yang baik yang bersifat alamiah, semi-alamiah maupun artifisial
5	Mangrove	Merupakan tumbuhan baik secara individu maupun komunitas di daerah yang dipengaruhi pasang surut dijumpai di sepanjang garis pantai terlindung hingga menyebar ke pinggiran sungai pada daerah tropis dan subtropis

Pengolahan citra

Pengolahan citra *Landsat 7ETM+* diawali dengan koreksi atmosferik menggunakan perangkat lunak ENVI 5.1 dengan menggunakan modul FLAASH Felde *et al.* (2003). Selanjutnya citra terkoreksi atmosferik digunakan sebagai input dalam klasifikasi OBIA menggunakan perangkat lunak *eCognition 9.1*. Proses

awal pengolahan klasifikasi OBIA adalah penggunaan segmentasi terhadap *input image layer (IIL)*. Pada penelitian ini IIL yang digunakan adalah saluran multispektral citra *Landsat 7ETM+* (*blue, green, red, NIR, Mid1, Mid2*). Selanjutnya IIL citra *Landsat* dilakukan proses *rule set* dalam *process tree* untuk setiap segmen agar menjadi kelas-kelas pada setiap level.

Terdapat objek yang umumnya memengaruhi reflektansi permukaan

mangrove, yaitu vegetasi, air dan tanah Kuenzer *et al.* (2011), dari masing-masing objek tersebut dapat diklasifikasi melalui transformasi spektral yang telah berkembang seperti: indeks vegetasi (*normalized different vegetation index/NDVI*), Rouse *et al.* (1974), indeks lahan terbuka (*normalized different bareness index/NDBI*) Zha *et al.* (2003) dan indeks air (*normalized different water index/NDWI*) (Xu, 2006).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Blaschke (2010) dengan mengelompokkan citra satelit *Landsat* menjadi tutupan lahan dengan menggunakan metode berbasis objek serta penggunaan algoritma klasifikasi *super vektor machine* (SVM) Heuman (2011). Dalam penelitiannya pengolahan metode berbasis objek menggunakan perangkat lunak *eCognition Developer*, dimana fungsi dari aplikasi ini adalah untuk membuat segmentasi berdasarkan klasifikasi berbasis objek dari citra yang digunakan Blaschke (2010). Segmentasi yang digunakan adalah algoritma *multiresolution segmentation* (MSR) pada setiap layer input sebanyak 9 band, namun hanya digunakan 6 band layer saja dalam proses segmentasi yaitu: biru, hijau, merah, inframerah dekat, inframerah menengah dan inframerah jauh. Masing-masing IIL menggunakan bobot yang sama yaitu 1. Skala yang digunakan sebagai pembangkit objek sangat tergantung dari *user* (pengguna), di sini peneliti menggunakan 0.9 untuk mendapatkan detil objek lapangan. Selain itu untuk pembangun homogenitas objek digunakan kriteria yang berasal dari bentuk (*shape*) dan kekompakan (*compactness*) yang dinyatakan dengan kontribusi optimum sehingga diperoleh segmentasi objek yang sesuai. Hingga kini belum ditetapkan penggunaan teoritis yang baku terhadap penggunaan segmentasi terbaik sehingga pengguna harus mencari sendiri untuk menentukan parameter segmentasi terbaik pada setiap level melalui *try and error* (Blaschke & Hay 2001; Burnett & Blaschke 2003).

Penerapan teknik OBIA pada aplikasi *eCognition Developer* dilakukan dengan cara membangun pohon proses (*process tree*). Aturan pohon proses memiliki lebih dari satu *parent* dan setiap *parent* dapat memiliki *child*. Fungsi algoritma *parent* dapat mengeksekusi algoritma *child* yang dimiliki, hal ini dimaksudkan agar proses klasifikasi dapat dirunut secara sistematis dan mempermudah dalam proses *try and error* guna mencari kombinasi parameter

terbaik .

Umumnya klasifikasi berbasis objek pada aplikasi *eCognition* terdiri dari beberapa tahapan diantaranya: (i) segmentasi penerapan algoritma berfungsi menghasilkan objek berdasarkan kemiripan yang dibangun oleh berbagai parameter segmentasi yang terdapat pada citra yang digunakan (ii) penentuan objek sampel berdasarkan titik pengamatan, dimana titik pengamatan sebelumnya ditentukan dengan penggunaan ArcGis (iii) penerapan algoritma sesuai yang diinginkan diantaranya (SVM, KNN, *Random tree*) oleh pengguna untuk mengeksekusi sampel terhadap objek dan penerapannya untuk seluruh objek segmentasi, dalam proses ini pengguna dapat menggunakan algoritma sesuai kebutuhan. Hasil klasifikasi dapat diekspor ke dalam format *shapfile* dan selanjutnya digunakan oleh sistem informasi geografis (SIG). Data hasil ekspor berupa data vektor (*shapfile*) yang dapat diedit dengan mudah, mengingat setiap objek telah diubah menjadi data vektor penutupan lahan.

Pengolahan citra

Pengujian akurasi digunakan terhadap seluruh peta hasil perolehan klasifikasi untuk mengetahui hasil dari teknik klasifikasi yang digunakan. Tahapan ini umum dilakukan pada data penginderaan jauh hasil klasifikasi berupa matrik kesalahan (*error matrix*) dengan perhitungan *overall accuracy* (OA), *procedure accuracy* (PA), *user accuracy* (UA) dan *statistic Kappa* (Congalton & Green 2009).

$$Kappa (K) = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_i + X_{+1}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_i + X_{+1}} \times 100$$

$$Procedure\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+1}} \times 100$$

$$User\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_i X_{ii}}{N} \times 100$$

dimana :

- N = Jumlah semua piksel yang digunakan untuk pengamatan
- r = Jumlah baris atau lajur pada matriks kesalahan (jumlah kelas)
- X_{ii} = Nilai diagonal dari matrik kontingensi baris ke- i dan kolom ke- i
- X_{+i} = Jumlah piksel dalam kolom ke- i
- X_{i+} = Jumlah piksel dalam baris ke- i

Perubahan mangrove

Perubahan luasan mangrove dapat diketahui melalui proses operasi secara spasial dengan menggunakan aplikasi sistem informasi geografis (ArcGIS Desktop versi 10.1). Data tutupan lahan merupakan data shapfile yang diubah menjadi ESRI raster grid berdasarkan nilai kelas tutupan lahan dan setiap kelas tutupan lahan memiliki kolom *value*, dan mempunyai nilai interger yang dimulai dari 1 hingga *i*, dimana *i* merupakan jumlah tutupan kelas lahan.

Terdapat beberapa kesalahan yang dideteksi terhadap perubahan luasan Giri *et al.* (2007); Ferreira *et al.* (2009) yaitu: (i) perbedaan dalam mendefinisikan kelas, (ii) kesalahan posisi (iii) kesalahan klasifikasi. Proses yang dilakukan untuk meminimalisasi kesalahan tersebut adalah dengan menggunakan skema klasifikasi dan mengurangi posisi kesalahan oleh data Landsat yang telah dikoreksi sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi mangrove yang dijumpai pada kawasan Teluk Valentine Pulau Buano terdiri dari 5 kelas pembangun yang merupakan spesies mangrove sejati (Tabel 3). Informasi pada tabel terlihat jelas bahwa famili *Rhizophoraceae* lebih mendominasi dan terdapat 5 jenis yang ditemukan pada daerah penelitian, meskipun jika dilihat dari keseluruhan kawasan pulau masih dapat diketahui jenis lainnya, namun keterbatasan biaya membuat peneliti lebih memfokuskan pengambilan data pada kawasan teluk yang dianggap merupakan daerah mangrove terpadat di Pulau Buano sebagai *region of interest* (ROI).

Klasifikasi tutupan lahan

Kelas tutupan lahan mangrove terdiri dari 5 kelas utama yaitu badan air, bukan mangrove, lahan terbuka, ladang dan mangrove yang telah dipetakan dengan baik. Hasil klasifikasi menunjukkan informasi bahwa mangrove tersebar pada kawasan Teluk Valentine Pulau Buano. Peningkatan sebaran kelas baik lahan terbuka, ladang dan juga mangrove mengalami perubahan yang signifikan jika dilihat dari hasil yang diperoleh pada periode tahun 2003-2015.

Hasil yang diperoleh, perubahan yang terjadi pada kawasan mangrove Teluk Valentine tidak mengalami kerusakan maupun perubahan alih fungsi lahan

lainnya, hal ini terlihat dengan bertambahnya luasan areal mangrove dari tahun ke tahun yang diakibatkan pertumbuhan secara alami. Terkait dengan pertumbuhan alami mangrove di kawasan tersebut masyarakat juga memberikan informasi tambahan tentang mengapa kawasan tersebut tetap baik dan tidak mengalami degradasi. Umumnya masyarakat sekitar hanya memanfaatkan kawasan ekosistem mangrove Teluk Valentine sebagai salah satu lokasi untuk menaruh alat tangkap bubu untuk kepiting bakau. Hal ini terlihat dari dijumpainya beberapa alat tangkap bubu di sekitar areal mangrove. Kendati demikian penuturan dari warga, penangkapan tersebut bersifat minor atau hanya sementara di sela aktifitas penangkapan di laut dan saat tertentu pada cuaca buruk.

Hasil uji akurasi menunjukkan hasil yang memuaskan. Nilai akurasi keseluruhan (OA) untuk kedua hasil klasifikasi pada tahun 2003 dan 2015 berkisar 85-88 % dan nilai statistik Kappa berkisar antara 0.78-0.81 (Tabel 4). Hasil akurasi yang diperoleh memiliki rentang yang mirip dengan penelitian sebelumnya seperti Conchedda *et al.* (2008) yang memetakan mangrove dengan menggunakan teknik klasifikasi berbasis objek, menggunakan citra SPOT XS dengan 6 kelas penutup lahan, sebesar 85.7%. Son *et al.* (2014) memetakan mangrove menggunakan data Landsat dengan teknik klasifikasi berbasis objek, sebanyak lima kelas penutup lahan, dengan rentang akurasi yang diperoleh 82.3-84.2%. Hasil yang diperoleh terlihat jelas bahwa pemetaan mangrove menggunakan teknik klasifikasi berbasis objek (OBIA) merupakan salah satu alternatif yang menjanjikan.

Hasil yang diperoleh menunjukkan kelas mangrove dapat dipetakan dengan baik, hal tersebut dapat dilihat pada (Gambar 2). Selain itu tingginya nilai pada akurasi user dan produser yang dihasilkan oleh ke dua data, yaitu lebih besar dari 90% (Tabel 4). Tingginya nilai akurasi mengindikasikan bahwa teknik klasifikasi berbasis objek sangat baik untuk dijadikan sebagai alternatif dalam memetakan mangrove dan penutupan lahan yang ada di sekitarnya.

Kendati demikian masih ditemukan kesalahan dalam pemisahan kelas mangrove terhadap kelas lainnya. Terdapat beberapa kemungkinan untuk menjelaskannya yaitu penutupan lahan yang berada di sekitar kawasan mangrove dan menempati kawasan morfologi yang sama. Hal ini menyebabkan sulit untuk membedakan kemiripan

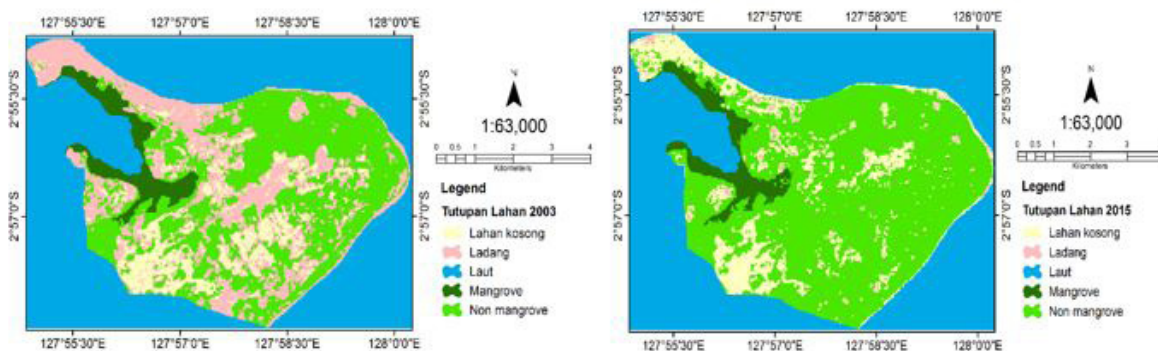
spektral saat pemilihan sampel objek untuk membangun kelas yang spesifik Conchedda *et al.* (2008).

Tabel 3. Komposisi spesies mangrove

Famili	Spesies
<i>Rhizophoraceae</i>	<i>Bruguiera gymnorhiza</i> <i>Rhizophora mucronata</i> <i>Rhizophora apiculata</i> <i>Ceriops decandra</i> <i>Ceriops tagal</i>

Tabel 4. Hasil uji akurasi 2 seri citra *Landsat*. UA, PA dan Kappa untuk akurasi kelas mangrove

Tahun	UA	PA	OA	Kappa
2003	96%	94%	85%	78%
2015	97%	93%	88%	83%



Gambar 2. Peta klasifikasi tutupan lahan pada lokasi penelitian menggunakan teknik klasifikasi berbasis objek (OBIA)

Perubahan mangrove

Sebaran terlihat pada tahun 2003 dan 2015, luasan mangrove di Teluk Valentine bertambah. Laju perubahan pada lokasi disebabkan oleh pertumbuhan secara alami. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa pada kawasan ini tidak mendapat tekanan yang berdampak pada perubahan lahan mangrove dan hanya pada waktu tertentu sering digunakan untuk aktivitas penangkapan kepiting bakau. Rentang perubahan yang terjadi di kawasan mangrove dari tahun 2003 hingga 2015 dapat dilihat dari estimasi perubahan lahan yang terdapat pada Tabel 5.

Pada Tabel terlihat perubahan yang dialami oleh tutupan lahan baik mangrove maupun tutupan lahan lainnya. Luas mangrove di Teluk Valentine tidak begitu

banyak berubah, terlihat dari perolehan data luasan mangrove mengalami penambahan dibandingkan pengurangan. Perubahan luasan lahan terlihat jelas pada ladang, hal tersebut dikarenakan pada tahun 2003 terdapat banyak lahan yang akan digarap menjadi kawasan perkebunan, namun seiring berjalannya waktu kondisi lahan berubah menjadi kawasan hutan (non mangrove) dan perkebunan kelapa diakibatkan kegiatan pertanian/perkebunan pada lokasi tersebut. Laju perubahan mangrove dari tahun 2003 ke 2015 sebesar 1.2% hal ini mengindikasikan bahwa kawasan tersebut tidak mengalami kerusakan yang diakibatkan baik oleh manusia maupun kondisi alam. Perubahan luasan badan air tidak banyak mengalami perubahan dan kawasan non mangrove mengalami penambahan sebesar 65%,

ladang mengalami pengurangan sebesar 92% dan lahan terbuka penambahan sebesar 1.7%. Peran pemerintah setempat sangat dibutuhkan agar kesadaran masyarakat

tentang pentingnya kawasan mangrove ini tetap terjaga dan lestari sehingga kelak masih dapat di dimanfaatkan secara baik bagi generasi selanjutnya.

Tabel 5. Estimasi luasan tutupan lahan (hektare)

Tahun	Badan air	Bukan mangrove	Ladang	Lahan terbuka	Mangrove
2003	3199.5	1703.4	1213.2	457.5	258.3
2015	3199.8	2808.8	89	465.7	261.4

KESIMPULAN

Kesimpulan

Hasil klasifikasi metode berbasis objek (OBIA) dengan menggunakan citra Landsat 7 ETM+ di kawasan Teluk Valentine Pulau Buano dapat memetakan kawasan hutan mangrove dengan baik yaitu OA 85-88% serta UA dan PA yang melebihi 90%. Hasil perbandingan akurasi antara metode OBIA dan piksel terlihat bahwa penggunaan metode OBIA lebih baik dalam memetakan kawasan mangrove. OBIA 88% dan piksel 64%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatorre, LC, R. Sánchez-Andrés, S. Cirujano, S. Beguería, 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 Sens*, 3(8):1568-1583.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. Klasifikasi penutup lahan. Jakarta.
- Blaschke T. 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS J. Photogramm*, 65(1):2-16.
- Blaschke T, Hay GJ. 2001. Object-oriented Image Analysis and Scale-Space: Theory and Methods for Modeling and Evaluating Multiscale Landscape Structure, *Isprs A Photogramm* 34: 22-29.
- Burnett C, Blaschke T. 2003. A multi-scale Segmentation/object Relationship Modelling Methodology for Landscape Analysis, *Ecol Model* 168: 233-249.
- Conchedda G, Laurent D, and Philippe M. 2008. An object-based method for mapping and change analysis in mangrove ecosystem. *ISPRS J. Photogramm*, 63:578-589.
- Congalton RG, Green K. 2009. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Boca Raton (US): CRC Press.
- Coppin P, Jonckheere I, Nackaerts K, Muys B, and Lambin E. 2004. Review article. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Int. J Remote Sens*, 25(9):1565-1596.
- Felde GW, Anderson GP, Cooley TW, Matthew MW, Adler-Golden SM, Berk A, Lee J. 2003. Analysis of Hyperion Data with the FLAASH Atmospheric Correction Algorithm. 2003 IEEE IGARSS: *Learning from Earth's Shapes and Colours; Toulouse*.
- Ferreira, MA, Andrade F, Bandeira SO, Cardoso P, Mendes RN, and Paula J. 2009. Analysis of cover change (1995–2005) of Tanzania/ Mozambique transboundary mangroves using landsat imagery. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosys*, 19(S1):S38-S45.
- Giri, CP, Pengra B, Zhu Z, Singh A, and Tieszen LL. 2007. Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000. *Estuar Coast Shelf S*, 73(1-2):91-100.
- He C, Wei A, Shi P, Zhang Q, and Zhao Y. 2011. Detecting landuse/land-cover change in rural– urban fringe areas using extended change-vektor analysis. *Int. J. App. Earth Obs*, 13(4):572-585.
- Helmi M, Karyono A, dan Pribadi R. 2013. Analisis perubahan luas mangrove berdasarkan citra satelit IKONOS tahun 2004 dan 2010 di kecamatan Mlonggo, tahunan dan kedung kabupaten jepara jawa tengah. *J. Mar. Res*, 2(3):129-137.
- Heumann BW. 2011. Satellite remote sensing of mangrove forests: Recent advances and future opportunities. *Prog. Phys*.

- Geog*, 35(1):87-108.
- Jhonnerie RS, Siregar VP, Nababan B, Prasetyo LB, Wouthuyzen S. 2014. Deteksi perubahan utupan mangrove menggunakan citra landsat berdasarkan klasifikasi hibrida di sungai kembang, pulau bengkalis, provinsi riau. *Jurnal ilmu dan teknologi kelautan tropis*. Vol. 6(2): 491-506
- Kirui KB, Kairo JG, Bosire J, Viergever KM, Rudra S, Huxham M, and Briers RA. 2013. Mapping of mangrove forest land cover change along the Kenya coastline using Landsat imagery. *Ocean Coast Manage*, 83:19-24.
- Kuenzer C, Bluemel A, Gebhardt S, Quoc TV, and Dech S. 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems. *A review. Remote Sens*, 3(5):878-928.
- Long JB, and Giri C. 2011. Mapping the Philippines' mangrove forests using Landsat imagery sensors, 11(3):2972-2981.
- Navulur K. 2007. *Multispectral Image Analysis using the Object-oriented Paradigm*, Taylor & Francis Group, LLC.
- Rouse JW, Haas R, Schell J, and Deering D. 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with erts. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt, NASA.
- Roy DP, Wulder MA, Loveland TR, Allen RG, Anderson MC, Helder D, Irons JR, Johnson DM, and Kennedy R. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sens Environ*, 145(0): 154-172.
- Son N, Chen C, Chang N, Chen C, Chang L, and Thanh B. 2014. Mangrove mapping and change detection in Ca Mau Peninsula, Vietnam, using Landsat data and object-based image analysis. *IEEE J. Sel. Topics. Appl. Earth Observ*, 99:1-8.
- Taşdemir K, Milenov P, Tapsall B. 2012. A hybrid method combining SOM-based clustering and object-based analysis for identifying land in good agricultural condition. *Comput Electron Agr*. 83: 92-101.
- Xu H. 2006. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int. J. Remote Sens*, 27(14): 3025-3033.
- Zha Y, Gao J, and Ni S. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *Int.J. Remote Sens*, 24(3):583-594.
- Zhang X, Xiao P, and Feng X. 2013. Impervious surface extraction from high-resolution satellite image using pixel and object-based hybrid analysis. *Int. J. Remote Sens*, 34(12):4449-4465.