

ANALISIS NERACA SPASIAL HUTAN MANGROVE DI WILAYAH PROBOLINGGO

(Mangrove Change Spatial Balance Analysis in Probolinggo Area)

Doddy M. Yuwono, Anggoro Cahyo, Sri Hartini dan Suprajaka

Badan Informasi Geospasial

Jl Raya Jakarta - Bogor Km. 46 Cibinong, 16911

E-mail: doddy.mendro@big.go.id

Diterima (received): 18 Desember 2014; Direvisi (revised): 27 Maret 2015; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 1 April 2015

ABSTRAK

Mangrove Pulau Jawa telah mengalami degradasi yang cukup signifikan dalam kurun waktu 20 tahun terakhir. Permasalahan tersebut diperparah dengan terbatasnya ketersediaan data spasial yang memadai untuk mengetahui besar maupun laju perubahan/penurunan luas hutan mangrove. Analisa neraca spasial digunakan untuk mengetahui perubahan lahan mangrove. Ketersediaan data spasial yang terbatas dan bersumber dari beragam data citra, menjadi masalah dalam penyediaan data geospasial untuk analisa neraca karena terdapat perbedaan karakter pada data citra yang digunakan. Penelitian ini mendemonstrasikan dan mengkaji bagaimana penggunaan sumber citra dengan perbedaan karakteristik spasial dan spektral untuk analisa neraca spasial perubahan lahan mangrove dengan mengambil lokasi kasus sebagian area mangrove di Probolinggo Jawa Timur. Penelitian ini memberikan indikasi bahwa ketidakpastian dalam data spasial perlu diperhitungkan dalam analisis atau pemetaan neraca spasial. Citra SPOT 4 liputan tahun 2006/2007 digunakan sebagai data awal atau data aktif yang menunjukkan kondisi awal sumber daya mangrove, sedangkan citra GeoEye dan Quickbird tahun 2010/2011 digunakan sebagai data akhir/pasif. Metode yang digunakan adalah interpretasi citra dengan metode gabungan antara klasifikasi digital unsupervised dan interpretasi visual, serta dilengkapi dengan kerja lapangan dan generalisasi data spasial. Proses penyusunan neraca dengan membandingkan antara data aktif dan pasif. Penyesuaian model data vektor atau generalisasi dilakukan untuk mendapatkan perbandingan yang sama antara dua layer vektor hasil klasifikasi yang bersumber dari dua data citra yang berbeda. Metode generalisasi yang diterapkan adalah aggregate polygon, smoothing polygon, dan simplify polygon. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa luasan sebagian area mangrove di Kota Probolinggo mengalami penurunan sebesar 0,52 km² atau 38,8%, dan penurunan area mangrove di Kabupaten Probolinggo sebesar 0,41 km² atau 16,7%. Pemetaan neraca menggunakan dua sumber citra dengan karakteristik spasial dan spektral yang berbeda, dapat menghasilkan kualitas pemetaan yang kurang dapat diandalkan (26,35 m) dibandingkan dimensi piksel citra (20 m) yang digunakan sebagai input analisis.

Kata kunci: mangrove, neraca spasial, generalisasi

ABSTRACT

Mangrove forest in Java Island has been significantly degrading and experiencing deforestation in the last 20 years. Limited spatial data and information is one of the difficulties in analyzing mangrove forest change and deforestation rate. Spatial balance derived from various digital satellite image data is used to analyse mangrove forest change. However, differences in imageries characters and specifications are the main obstacle for spatial balance analysis. This research demonstrate and evaluate how difference spatial and spectral characteristics of imageries used for spatial balance anlysis and mapping. This research tries to indicate, not an exact calculation, a spatial uncertainties occurred in spatial balance mapping and analyses. Location of the research took place in a specific mangrove forest area covered by SPOT, GeoEye, and Quickbird imageries in Probolinggo Region Jawa Timur. SPOT imagery 2006/2007 showed initial state of mangrove forest while GeoEye and Quickbird imageries showed the present state. Hybrid classification was used as primary method in this research. Furthermore, field work and spatial generalization completed the whole methodology. Spatial balance analysis was conducted based on comparison of two generalized spatial data derived from the satellite imageries. Spatial generalization used for cartographic refinement was: aggregate polygon, smoothing polygon, and simplify polygon. The result showed that mangrove forest in Probolinggo City was deforested around 0.52 km² or around 38.8%. While, mangrove area deforestation in Probolinggo Regency was of 0.41 km² or around 16.7%. Spatial balance analysis using two difference spatial and spectral characterization resulting a poor quality (26.35 m) comparing to image pixel dimension (20 m) used as an input for analysis.

Keywords: mangrove, spatial balance, generalization

PENDAHULUAN

Mangrove di Pulau Jawa telah mengalami degradasi yang cukup signifikan dalam kurun waktu 20 tahun terakhir (FAO, 2010). Sebagai bagian dari ekosistem pesisir yang memiliki jasa lingkungan yang beragam, hutan mangrove cenderung kurang mendapat perhatian. Konversi lahan mangrove menjadi area yang dianggap lebih menguntungkan secara ekonomi (Cater & Cater, 2007) seperti tambak dan area komersial tak terhindarkan terlebih semenjak diberikannya kewenangan daerah terhadap pengelolaan sumber daya alam (Zhengyun *et al.*, 2003). Kondisi ini berlangsung hingga saat ini sehingga menimbulkan konflik antar kepentingan baik di daerah maupun pusat.

Hutan mangrove juga merupakan sub-ekosistem kunci dalam ekosistem pesisir dan laut. Perannya sebagai habitat dan area pemijahan ikan semestinya tidak lepas dari pengelolaan pesisir dan laut. Dalam penyusunan dan pelaksanaan zonasi wilayah pesisir dan pulau kecil, hutan mangrove dapat dijadikan indikator efektifitas pengelolaan wilayah zonasi (Yuwono, 2011). Untuk itu, informasi geospasial mangrove dibutuhkan dalam rencana zonasi wilayah pesisir dan pulau kecil khususnya pada wilayah yang memiliki habitat mangrove. Akan tetapi, pada kenyataannya informasi geospasial yang akurat dan *real-time* dengan tingkat informasi yang sama tidak mudah untuk didapatkan.

Informasi geospasial yang dibutuhkan dalam rencana zonasi dan penilaian efektifitas pengelolaan adalah informasi geospasial yang dapat dibandingkan (*comparable*) dan akurat dapat dipertanggungjawabkan. Informasi yang dapat dibandingkan artinya dalam menilai efektifitas digunakan analisis spasial perubahan (neraca spasial) sehingga terlihat perbedaan dalam kurun waktu pengelolaan. Informasi yang akurat dapat dipertanggungjawabkan artinya dihasilkan informasi tingkat ketelitian spasial baik geometri maupun tematik.

Ketersediaan data spasial untuk analisis neraca spasial saat ini sangat beragam dan tidak dapat diperbandingkan. Sebagai contoh informasi geospasial mangrove yang diperoleh dari analisis citra Landsat dibandingkan dengan citra SPOT. Kondisi ini yang sering dihadapi dalam penyusunan analisis neraca untuk penentuan efektifitas pengelolaan wilayah. Perbedaan karakteristik citra seringkali digunakan untuk analisis neraca spasial karena terbatasnya data pada lokasi dengan spesifikasi yang sama. Hal ini tak dapat dihindarkan dalam analisis neraca. Penelitian ini mengkaji bagaimana penggunaan sumber citra dengan perbedaan karakteristik spasial dan spektral untuk neraca spasial perubahan lahan mangrove dengan mengambil lokasi kasus di Probolinggo Jawa Timur.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada wilayah administrasi Kabupaten dan Kota Probolinggo, Jawa Timur (**Gambar 1**). Waktu penelitian dilakukan pada bulan April hingga Desember 2012. Lokasi penelitian yang berada di wilayah Kabupaten dan Kota Probolinggo tersebut terbagi menjadi dua wilayah pengelolaan. Wilayah yang pertama adalah kawasan dengan penggunaan lahan homogen dan wilayah yang kedua adalah wilayah 'tanpa' pengelolaan dimana terdapat budidaya tambak. Pada kawasan penggunaan lahan yang homogen, cenderung tidak mengalami banyak perubahan karena kondisi hutan mangrove dijaga. Berbeda dengan kawasan penggunaan lahan campuran lebih berpotensi untuk berubah luasannya. Terlebih, di wilayah tersebut didominasi oleh lahan tambak masyarakat.

Data yang digunakan dalam kegiatan ini terdiri dari data citra penginderaan jauh yaitu Citra SPOT (**Gambar 2**) dan Citra GeoEye (**Gambar 3**), peta, serta data sekunder pendukung seperti data sosial ekonomi penduduk. Data-data tersebut diperoleh selama tahap persiapan dan juga pada saat kerja lapangan dari instansi terkait. Secara lengkap data yang digunakan dalam kegiatan ini disajikan pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Kota dan Kabupaten Probolinggo Jawa Timur



Gambar 2. Cakupan citra SPOT wilayah penelitian.



Gambar 3. Cakupan citra GeoEye wilayah penelitian

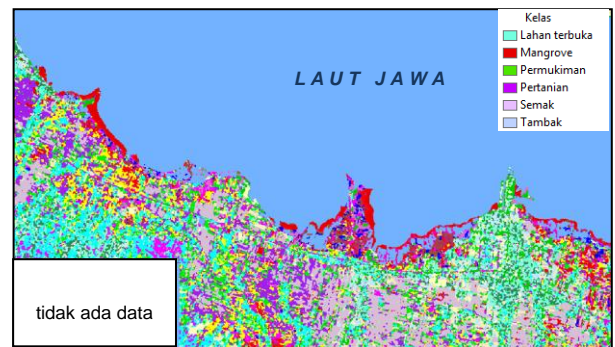
Tabel 1. Data yang digunakan dalam kegiatan.

No	Tipe	Spesifikasi	Sumber
1	SPOT4 2006/2007	Resolusi pan 10 m, ms 20 m, <i>pansharpen</i> resolusi 10 m	BIG
2	GeoEye 2010/2011	<i>Pansharpen</i> resolusi 1 m	Kementan
3	Quickbird 2010/2011	<i>Pansharpen</i> resolusi 0,6 m	Kementan
4	Peta RBI	Skala 1:25.000	BIG

Citra SPOT 4 liputan tahun 2006/2007 digunakan sebagai data awal atau data aktif yang menunjukkan kondisi awal sumber daya mangrove, sedangkan citra GeoEye dan Quickbird tahun 2010/2011 digunakan sebagai data akhir/pasiva. Alat yang digunakan adalah GPS *handheld receiver*, kamera digital, dan seperangkat komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak: *Envi*, *ArcGIS*, dan *Microsoft Office*.

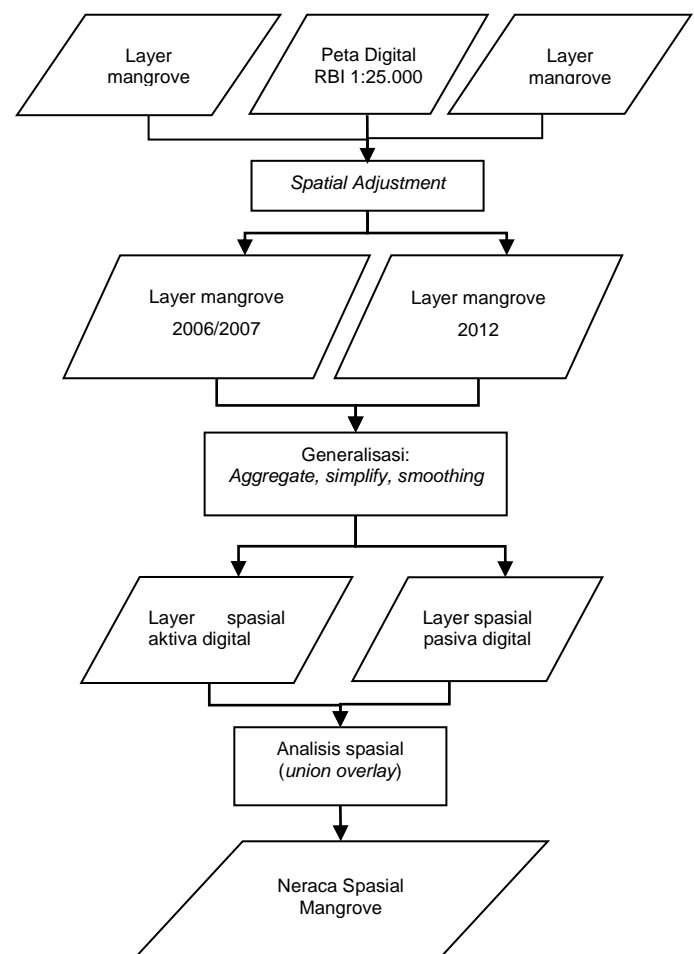
Metode Analisis Data

Metode yang digunakan untuk interpretasi ataupun klasifikasi citra adalah metode gabungan antara digital *unsupervised* dan interpretasi visual. Klasifikasi *unsupervised* digunakan untuk memilah pixel secara otomatis berdasarkan nilai statistik dalam citra (Jensen, 2005). Nilai pixel yang memiliki rona yang berbeda di tiap-tiap band/saluran akan memiliki kecenderungan menjadi kelas yang berbeda. Walaupun hal tersebut tidak mutlak terjadi, mengingat karakteristik spektral objek yang diwakili nilai pixel dapat memiliki kemiripan satu sama lain. Sebagaimana yang terjadi dalam pemisahan objek mangrove dengan sawah. Karakteristik nilai spektral kedua objek tersebut memiliki kemiripan, sehingga terklasifikasi menjadi objek yang sama. Oleh karena itu, teknik interpretasi atau klasifikasinya digabungkan dengan teknik interpretasi visual. Teknik ini mengoptimalkan penggunaan 9 unsur interpretasi yang disebutkan di atas, sehingga objek yang memiliki kemiripan dapat dibedakan (**Gambar 4**).



Gambar 4. Citra aktif hasil klasifikasi.

Klasifikasi multispektral *unsupervised* dilakukan menggunakan perangkat lunak *Envi*. Pemilihan metode klasifikasi ini didasarkan pada pertimbangan kemudahan operasional dan akurasi hasil klasifikasi yang cukup tinggi (Rozenstein & Karnieli, 2011) untuk pembagian kelas tutupan lahan sedikit. Penggunaan kontekstual *editing* berdasarkan interpretasi visual bertujuan merevisi hasil klasifikasi *unsupervised* yang keliru. Interpretasi visual didasarkan pada pengetahuan lokal interpreter dan didukung data lapangan. Proses pengolahan dan analisis data dituangkan dalam diagram alir pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Diagram alir penelitian.

Kerja lapangan

Kerja lapangan dilakukan pada bulan April dan Juni 2012. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data primer. Data lapangan meliputi data liputan lahan mangrove. Pengambilan data lapangan dilaksanakan dengan melakukan survei langsung ke lokasi yang telah ditentukan melalui metode *stratified random sampling* dengan pertimbangan kelas-kelas hasil interpretasi yang meragukan dan ketersebaran data *ground truthing* untuk validasi hasil interpretasi citra. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan GPS untuk menuju lokasi yang ditentukan dan mencatat lokasi pengambilan data, melihat secara visual kondisi keberadaan

sumber daya yang ada baik di wilayah mangrove dan mencatat dalam *data logger* atau *tally sheet*.

Model data vektor SIG

Penelitian ini menggunakan sumber data citra dengan resolusi spasial yang jauh berbeda untuk analisa spasial perubahan mangrove. Citra GeoEye dan Quickbird yang digunakan sebagai sumber data pasiva memiliki resolusi spasial 0,6 hingga 1 m (resolusi tinggi), sedangkan citra SPOT 4 memiliki resolusi spasial 20 m atau maksimal 10 m apabila sudah diubah menjadi citra *pansharp* (Gambar 6).



Gambar 6. Perbedaan karakteristik citra SPOT (aktif: atas) dan Geoeye (pasif: bawah) pada lokasi yang sama.

Sumber data citra dengan resolusi spasial yang jauh berbeda tidak ideal digunakan dalam analisa spasial perubahan lahan. Citra resolusi kasar lebih banyak memiliki mixel (*mixed pixel*) dalam satu nilai pixel. Satu pixel citra SPOT 4 dapat terdiri dari bermacam-macam objek. Bahkan dalam satu pixel yang terklasifikasi menjadi mangrove tidak menutup kemungkinan terdapat objek lain dalam pixel tersebut. Maka dari itu, digunakan asumsi dalam penelitian ini bahwa pixel mangrove dalam citra SPOT 4 merupakan pixel murni (*pure pixel*).

Metode *aggregate polygon* adalah metode penggabungan poligon yang berada dalam jarak yang ditentukan. Dalam kegiatan ini, jarak ditentukan berdasarkan resolusi spasial citra SPOT 4, yaitu 20 m. Asumsinya, geometri objek pada layer vektor yang bersumber dari citra resolusi

tinggi akan mirip atau sama dengan layer vektor dari citra SPOT 4. Proses ini akan menghasilkan poligon yang sebelumnya bukan mangrove akan terkelaskan menjadi mangrove.

Metode *simplify polygon* digunakan untuk menyederhanakan bentuk polygon dengan cara mengurangi jumlah *vertex* yang ada pada garis tepi polygon. Jumlah *vertex* yang ada pada layer vektor mangrove pasiva cukup banyak maka perlu penyederhanaan. Banyaknya jumlah *vertex* pada layer vektor pasiva dikarenakan proses digitasi menggunakan skala besar. Metode *simplify polygon* dimaksudkan untuk mendapatkan bentuk geometri polygon layer vektor pasiva sedemikian rupa sehingga sebangun dengan layer vektor aktif. Metode *smoothing polygon* merupakan metode untuk memperhalus bentuk garis tepi poligon dengan cara menambah *vertex* apabila

perlu. Metode generalisasi ini diterapkan baik untuk layer vektor aktif maupun untuk layer vektor pasif. Dalam menerapkan metode ini digunakan nilai toleransi sebesar 4 m. Asumsi yang digunakan adalah, dengan nilai toleransi tersebut, maka bentuk poligon layer vektor pasif dan aktif akan menemui bentuk yang sebangun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan menggunakan *confussion matrix* (Sutanto, 1986) terhadap hasil klasifikasi

citra pasif menggunakan 49 titik *ground truthing* yang diperoleh dari kerja lapangan. Kegiatan *ground truthing* ini hanya ditujukan untuk mengetahui 4 kelas liputan, yaitu: hutan mangrove, lahan terbuka, semak, dan tambak. Proses validasi data yang hanya dilakukan untuk 4 kelas liputan menyebabkan akurasi yang diperoleh cukup tinggi, yaitu 81,63%. Uji akurasi diterapkan terhadap citra pasif sebelum dilakukan generalisasi. Untuk citra aktif tidak dilakukan uji akurasi karena keterbatasan informasi untuk validasi lapangan. Selengkapnya, uji akurasi hasil interpretasi citra pasif dapat dilihat dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. *Confussion matrix* hasil klasifikasi Citra GeoEye dan Quickbird (pasif).

No	Kelas	Mangrove	Tambak	Semak	Lahan	Total	Komisi	Prod.
1	Mangrove	14	1	0	0	15	0.07	93.33
2	Tambak	1	9	0	2	12	0.25	75.00
3	Semak	0	1	8	2	11	0.82	88.89
4	Lahan terbuka	0	1	1	9	11	0.18	69.23
	Total	15	12	9	13	49		
	Omisi	0.07	0.25	0.11	0.31			
	User Akurasi	93.33	75.00	72.73	81.82		TOTAL	81.63%

Seluruh titik *ground truthing* tersebut dijadikan titik referensi dalam melakukan uji akurasi menggunakan *confussion matrix*. Nilai akurasi ini menunjukkan bahwa data hasil klasifikasi memiliki derajat kesepakatan yang cukup tinggi atau dapat diandalkan. Walau demikian, penggunaannya tetap memperhatikan aspek lain seperti geometri serta memperhatikan jumlah kecukupan titik *ground truthing* yang digunakan dalam uji akurasi.

Analisis Ketidakpastian

Analisis ketidakpastian spasial dan temporal dalam bagian ini dibahas secara deskriptif. Ketidakpastian (*uncertainty*) seringkali dihasilkan atau muncul dari hasil pra pengolahan, pengolahan, dan analisis data citra penginderaan jauh. Ketidakpastian spasial (*spatial uncertainty*) dihasilkan dari beberapa proses pengolahan seperti: koreksi geometri, pengaruh *resampling*, digitasi, konversi, skala, dan resolusi spasial sumber data citra (Comber *et al.*, 2012).

Unsur geometri menghasilkan ketidakpastian pada posisi citra terutama pada citra dengan kondisi topografi yang kasar. Kondisi ini sudah dapat dijelaskan dengan nilai *error* posisi yang disebutkan dengan RMSe. Adapun nilai pergeseran rerata posisi citra SPOT 4 yang digunakan dalam kegiatan ini terhadap Peta Rupa Bumi Indonesia adalah 6,35 m. Dengan pergeseran ini, berarti pergeseran area dalam penghitungan neraca spasial dapat berlipat.

Resolusi spasial citra yang digunakan juga turut menyebabkan ketidakpastian spasial. Pada pemetaan neraca mangrove Kabupaten/Kota

Probolinggo ini digunakan citra SPOT 4 *pansharpened*, yang memiliki resolusi spasial 10 m. Dalam luasan pixel 10 m x10 m sangat mungkin terjadi percampuran kelas tutupan atau habitat perairan laut dangkal, atau yang disebut *mixel (mixed element)*.

Faktor yang cukup berpengaruh terhadap ketelitian (*accuracy*) dan ketidaktepatan (*imprecision*) dari pemetaan (Berjawi *et al.*, 2014) dan analisa neraca dalam kegiatan ini adalah adanya generalisasi. Generalisasi dalam kegiatan pemetaan ini hanya ditujukan untuk menyamakan bentuk geometris poligon aktif dan pasif secara umum, dengan asumsi poligon tersebut memiliki ketelitian yang sama pada skala yang sama. Generalisasi mengakibatkan perubahan jumlah vertex dan garis tepi pada poligon yang didigitasi atau diturunkan langsung dari interpretasi citra satelit. Metode *aggregate polygon* dengan nilai toleransi atau jarak maksimal agregasi 20 m mengakibatkan banyak kesalahan informasi dalam radius jarak tersebut. Banyaknya informasi non mangrove yang diklasifikasikan menjadi mangrove membuat ketelitian informasi geospasial yang dihasilkan menurun kualitasnya. Terlebih lagi dengan ditambah penerapan metode *smoothing* dan *simplify* pada poligon baik aktif maupun pasif. Sehingga, total *error* posisi yang terjadi adalah $\pm 26,35$ m (hasil penjumlahan $20 + 6,35$ m).

Selanjutnya dalam pemetaan neraca, aspek temporal menjadi bagian yang penting. Ketidakpastian yang disebabkan oleh perbedaan waktu pengambilan citra dan analisis neraca juga turut mempengaruhi kualitas data yang dihasilkan. Penggunaan dua data yang berbeda dalam analisis pun menyebabkan *error* dan ketidakpastian yang

berlipat. Selain kualitas data spasial, kualitas data atribut atau aspek tematik data juga terpengaruh.

Secara singkat, walaupun sudah dilakukan koreksi ataupun reklasifikasi menggunakan data lapangan (*ground truthing*), metode dan cara penentuan dan pengambilan sampel di lapangan pun masih dapat menimbulkan ketidakpastian. Mengingat area yang cukup luas, pengambilan data lapangan tidaklah mungkin di setiap poligon dalam area kajian. Terlebih untuk objek di wilayah pesisir dimana penggunaan metode pengambilan sampelnya tidak semudah objek-objek lain di wilayah perkotaan. Untuk penggunaan informasi per layer, ketelitian atau akurasi informasi geospasial tematik masih dapat dipertanggungjawabkan. Akan tetapi, perlu diutarakan disini bahwa ketelitian layer neraca tidak dapat dijadikan acuan analisis mengingat sudah banyaknya aspek generalisasi.

Neraca Mangrove

Proses penyusunan neraca menggunakan metode *union overlay* (Turmudi dkk., 2005). Proses analisis neraca menghasilkan 4 kelas perubahan dengan luasan masing-masing. Berdasarkan hasil interpretasi dan kerja lapangan, perhitungan neraca sumber daya mangrove Kota Probolinggo dapat dilihat dalam **Tabel 3** di bawah ini.

Tabel 3. Neraca sumber daya mangrove Kota Probolinggo.

No	Kelas	Neraca (Luas dalam km ²)		
		Aktiva	Pasiva	Perubahan
1	Lahan terbuka	0,01	0,16	0,15
2	Mangrove	1,34	0,82	-0,52
3	Tambak	0,08	0,09	-0,01
4	Semak	-	0,39	0,39

Sumber : Analisis data, 2012

Menurut **Tabel 3** di atas, tampak bahwa di wilayah Kota Probolinggo terdapat peningkatan luas tambak. Bahkan, hampir semua kelas liputan lahan mengalami peningkatan luas, kecuali lahan hutan mangrove. Lahan tambak justru mengalami peningkatan dimana sebelumnya, pada kolom aktiva, tidak terdapat lahan tambak di area lahan hutan mangrove. Dapat dimungkinkan lahan tambak ini berkembang dari lahan lain yang sudah ada, seperti lahan terbuka atau lahan semak. Lahan semak mengalami peningkatan luas terbesar sekitar 0,39 km². Lahan hutan mangrove di wilayah Kota Probolinggo mengalami penurunan luasan cukup signifikan, seluas 0,52 km². Dari hasil pengamatan lapangan, lahan terbuka yang terdapat di area pertambakan merupakan lahan tambak yang ditinggalkan atau dibiarkan tidak dibudidayakan lagi.

Apabila melihat pada **Tabel 4**, lahan tambak di wilayah Kabupaten Probolinggo justru mengalami penambahan luas cukup tinggi: 0,11 km². Sebagaimana terjadi di wilayah yang lain, lahan hutan mangrove mengalami penurunan yang cukup

signifikan: 0,41 km². Bila melihat perubahan lahan dalam **Tabel 4**, dapat diduga komposisi perubahan lahan terjadi dari perubahan lahan hutan mangrove menjadi tambak (perubahan terluas), selanjutnya lahan tambak yang tidak produktif akan ditinggalkan menjadi lahan terbuka (perubahan terluas kedua) dan pada akhirnya akan ditumbuhi semak (perubahan terluas ketiga).

Dari sekitar 0,52 km² lahan hutan mangrove Kota Probolinggo yang berubah menjadi lahan lain, sekitar 70% atau 0,39 km² berubah menjadi tambak (**Tabel 5**). Sekitar 0,16 km² terkonversi mejadi lahan terbuka, dan 0,08 km² berubah menjadi semak, sedangkan lahan hutan yang tidak mengalami konversi sekitar 0,72 km². Tersisa sekitar 0,01 km² lahan terbuka dan 0,09 km² lahan tambak yang terkonversi menjadi lahan hutan mangrove.

Tabel 4. Neraca sumber daya mangrove Kabupaten Probolinggo.

No.	Kelas	Neraca (Luas dalam km ²)		
		Aktiva	Pasiva	Perubahan
1	Lahan terbuka	0,12	0,26	0,14
2	Mangrove	2,46	2,05	-0,41
3	Tambak	0,09	0,20	0,11
4	Semak		0,17	0,17

Sumber : Analisis data, 2012

Tabel 5. Kelas perubahan sumber daya mangrove Kota Probolinggo.

No.	Kelas perubahan	ΔLuas (km ²)
1	Lahan terbuka - Mangrove	0,01
2	Mangrove - Lahan terbuka	0,16
3	Mangrove - Mangrove	0,72
4	Mangrove - Semak	0,08
5	Mangrove - Tambak	0,39
6	Tambak - Mangrove	0,09

Sumber : Analisis data, 2012

Tabel 6. Kelas perubahan sumber daya mangrove Kabupaten Probolinggo.

No	Kelas perubahan	ΔLuas (km ²)
1	Lahan terbuka - Mangrove	0,12
2	Mangrove - Lahan terbuka	0,26
3	Mangrove - Mangrove	1,83
4	Mangrove - Semak	0,17
5	Mangrove - Tambak	0,20
6	Tambak - Mangrove	0,09

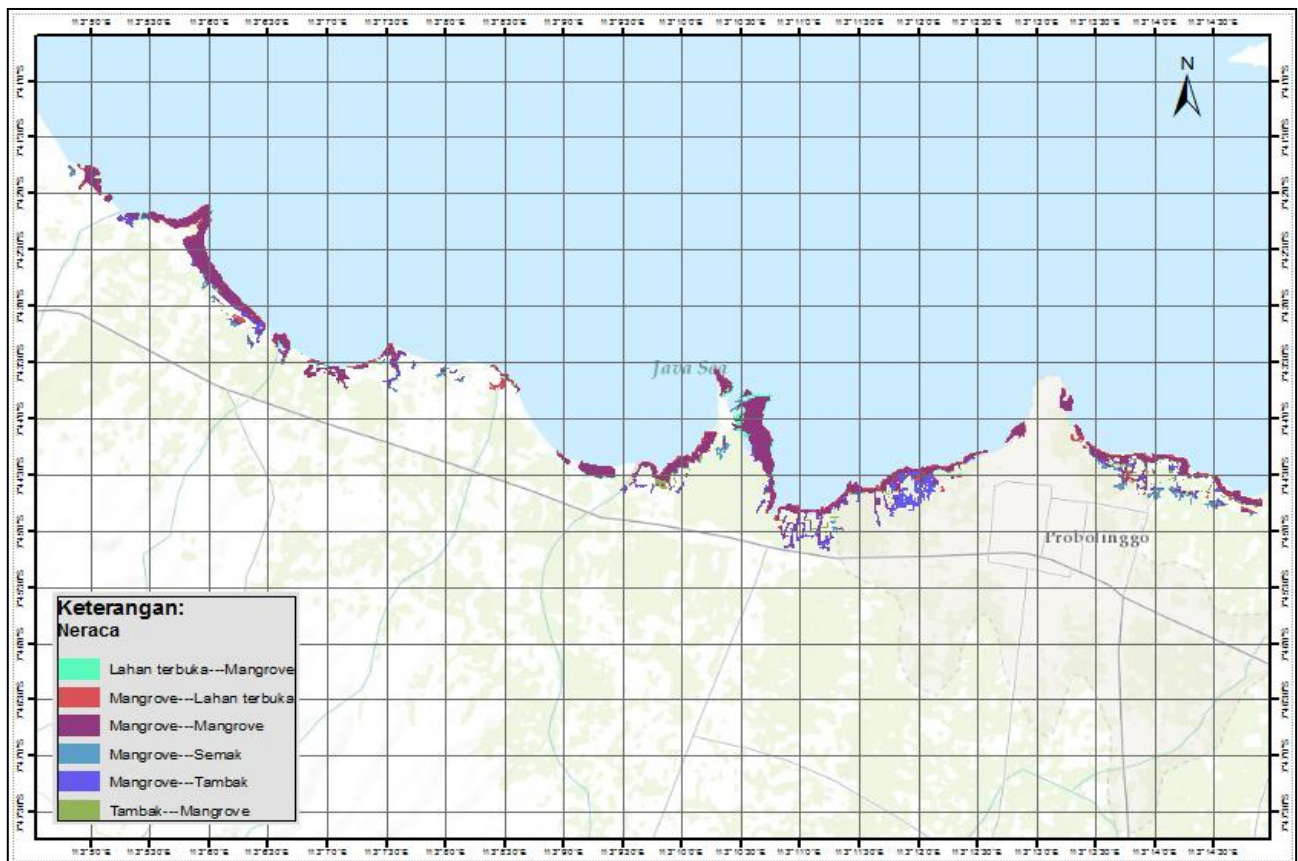
Sumber : Analisis data, 2012

Berbeda dari Kota Probolinggo, **Tabel 6** menunjukkan bahwa total penurunan 0,41 km² lahan hutan mangrove di Kabupaten Probolinggo justru terbesar terkonversi menjadi lahan terbuka (0,26 km²). Selanjutnya, lahan hutan mangrove menjadi tambak mengalami perubahan luasan sekitar 0,20 km², sedangkan lahan hutan mangrove yang tercadangkan adalah sekitar 1,83 km². Deskripsi spasial perubahan hutan mangrove neraca spasial) tersebut dapat dilihat dalam **Gambar 7**.

Lahan di wilayah Kabupaten Probolinggo yang dikonversi menjadi lahan hutan mangrove terluas berasal dari lahan terbuka ($0,12 \text{ km}^2$), sedangkan lahan tambak yang dikonversi menjadi hutan mangrove mencapai sekitar $0,09 \text{ km}^2$. Area yang dikonversi menjadi hutan mangrove terdapat di pematang lahan tambak dan di tengah-tengah tambak. Berdasarkan pengamatan pada citra satelit, area ini masih terdistribusi secara tidak merata di seluruh wilayah lahan tambak Kabupaten Probolinggo.

Dalam membaca nilai perubahan atau neraca lahan perlu kehati-hatian. Banyak ketidakpastian

dalam informasi neraca tersebut. Sebagaimana disebutkan, ketidakpastian tersebut adalah ketidakpastian posisi dan semantik. Ketidakpastian posisi yang berimbas pada hasil perhitungan neraca bersumber pada *error* posisi yang terdiri dari: geometri citra, digitasi, dan generalisasi akibat perbedaan sumber data citra yang digunakan. Ketidakpastian semantik bersumber dari *error* akurasi hasil interpretasi. Dalam hal ini informasi akurasi semantik hanya diperoleh dari citra pasiva, sedangkan citra aktiva nol, atau tidak ada uji akurasi.



Gambar 7. Peta neraca spasial (lahan) hutan mangrove di Kabupaten dan Kota Probolinggo.

KESIMPULAN

Pemetaan neraca menggunakan dua sumber citra dengan karakteristik spasial dan spektral yang berbeda, dapat menghasilkan kualitas pemetaan yang kurang dapat diandalkan. Dalam pemetaan ini, terdapat perbedaan atau *error* antara layer aktiva dan pasiva sebesar 26,35 m. Hasil pemetaan dan analisis SIG menunjukkan bahwa hampir seluruh lahan mangrove di wilayah kajian mengalami penurunan dan penambahan luasan. Akan tetapi luas penurunan dan penambahan tersebut sangat kecil, terlebih bila mempertimbangkan *error* geometrik antara layer aktiva dan pasiva, serta terhadap peta RBI sebagai acuan. Kesalahan yang terjadi akibat adanya

ketidakpastian data spasial dapat dihitung berdasarkan *error* akurasi geometri pada saat koreksi maupun proses generalisasi. Secara matematis, hitungan kesalahan yang menyebabkan ketidakpastian data spasial berasal dari RMSe koreksi geometrik sebesar 6,35 m dan agregasi poligon sejauh 20 m. Walaupun dalam penelitian ini tidak dapat dihitung semua sumber ketidakpastian atau kesalahan spasial, setidaknya jumlah 26,35 m memberikan *awareness* dalam pemanfaatan data spasial khususnya untuk penyusunan neraca. Hitungan tersebut juga belum memasukkan nilai kesalahan interpretasi di tiap-tiap kelas. Kesalahan yang ditolerir sebaiknya tidak lebih dari dimensi piksel citra yang digunakan dalam analisis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Pusat Pemetaan Integrasi Tematik, Badan Informasi Geospasial, yang sudah memfasilitasi penelitian ini hingga terlaksana dengan baik. Bappeda Kabupaten dan Kota Probolinggo, serta para pejabat dan staf yang ikut memfasilitasi jalannya survei. Juga kepada tim yang terlibat pengukuran dan pengamatan di lapangan maupun kegiatan laboratorium, diantaranya Agus Mulya, Masduki, dan Kornelis S.

DAFTAR PUSTAKA

- Berjawi, B., Duchateau, F., Chesneau, É., Favetta, F., Seccia, G., Cunty, C., ... & Laurini, R. (2014). Uncertainty visualization of multi-providers cartographic integration. *Journal of Visual Languages & Computing*, 25(6), 995-1002.
- Cater, C. & Cater, E. (2007). *Marine Ecotourisme: Between the Devil and the Deep Blue Sea* Oxfordshire, Biddles Ltd, King's Lynn.
- Comber, A., Fisher, P., Brunsdon, C., & Khmag, A. (2012). Spatial analysis of remote sensing image classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*, 127, 237-246.
- FAO. (2010). *The State Of World Fisheries And Aquaculture 2010*. Rome: FAO
- Jensen, J. R., 2005. *Introductory Digital Image Processing*. 3rd edition. Prentice Hall
- Rozenstein, O., & Karnieli, A. (2011). Comparison of Methods for Land-Use Classification Incorporating Remote Sensing and GIS Inputs. *Applied Geography*, 31(2), 533-544.
- Sutanto. (1986). *Penginderaan Jauh* (Jilid 1), Gadjah Mada University Press.
- Turmudi, Airlangga, B., Setiapermana, D., Hari, N. C., Rudianto, Triswanto, E., Samekto, A., Indra, D., Aristin, T. A., Soleman, M. K., Nahib, I., Dewi, R. S., Hidayatullah, T. (2005). *Pedoman Penyusunan Neraca dan Valuasi Ekonomi Sumber Daya Alam Pesisir dan Laut*. Cibirong, Pusat Survei Sumber Daya Alam Laut: 63 halaman.
- Yuwono, D. M. (2011). *Assessment of Mangrove Forest Management Effectiveness: A Case Study in Saleh Bay, Sumbawa, Indonesia*. Master Thesis, University of Twente. Netherlands.
- Zhengyun, Z., Zhixian, S., Qiaoying, Z., & Aiying, S. (2003). The current status of world protection for mangrove forest. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 21(3), 261-269.