

ANALISIS PENENTUAN EKOSISTEM LAUT PULAU-PULAU KECIL DENGAN MENGGUNAKAN DATA SATELIT RESOLUSI TINGGI STUDY KASUS : PULAU BOKOR

Muchlisin Arief

Peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN

ABSTRACT

Extraction of information or identification of object specially the object under sea surface such as: coral reef can be done by some a ways such as: the superposition band spectral (RGB image), and then it can be analyzed visually or can be analyzed digitally (classification).

This paper explained the multispatial analysing methode, it mean to analyse the image with difference spatial resolution. This analysis based on digital image (as spectral analysis and lyzengga classification) using Landsat-5 image 1996 (spasial resolutian 30 m) and visual analysis using pansharpen SPOT-5 image (spatial resolution 2.5 m) and pansharpen QuickBird image (resolution spasial 0.6 m). Based on the calculation, the area of Bokor island decreasing about 27% in 10 years, the area forest and grass decreasing about 50,6% and 38% respectively in 7 years (1996 -2003) and decreasing about 10,5% and 4 % respectively in 3 years (2003 -2006). But the area mangrove increasing 70,7% in 7 years and decreasing 31 % in 3 last years.

ABSTRAK

Ekstraksi informasi citra atau identifikasi objek yang berada di bawah permukaan air laut khususnya terumbu karang dapat dilakukan baik dengan berbagai cara antara lain: Cara superposisi antar band spektral yang biasanya disebut komposisi R (*red*) G (*green*) B (*blue*) kemudian dinalisis secara visual atau dengan cara digital biasanya klasifikasi.

Dalam paper ini diterangkan metode analisis multispatial yaitu analisis dengan menggunakan data resolusi yang berbeda. Analisis yang didasarkan pada pendekatan digital (analisa spektral dan klasifikasi Lyzengga) dengan menggunakan Landsat-5 tahun 1996 (resolusi 30 meter) dan analisis visual dengan menggunakan SPOT-5 pansharpen tahun 2003 (resolusi 2.5 meter) dan pansharpen QuickBird *image* tahun 2006 (resolusi 0.6 meter). Hasil yang diperoleh adalah Pulau Bokor mengalami penurunan luas sebesar 27% dalam kurun waktu 10 tahun. Hutan dan pasir mengalami penurunan luas sebesar 50,6% dan 38 % dalam kurun waktu 7 tahun (1996-2003), dalam kurun waktu 2003-2006 hutan dan pasir mengalami penurunan sebesar 10,5% dan 4%. Sedangkan untuk mangrove mengalami penambahan luas sebesar 70,7% dalam kurun waktu 7 tahun, akan tetapi kemudian mengalami penurunan sebesar 31 % dalam kurun waktu 3 tahun

Kata kunci: *Resolusi spektral, Terumbu karang, SPOT, QuickBird, Mangrove, Pasir laut*

1 PENDAHULUAN

Berbagai penelitian dan kajian secara sistematis mengenai teknologi satelit khususnya untuk mengamati fenomena oseanografi secara berkala yang dikaitkan dengan potensi sumber daya kelautan memberikan hasil yang

layak untuk diterapkan di wilayah perairan Indonesia.

Pesatnya perkembangan teknologi penginderaan jauh satelit khususnya dengan bertambah baiknya resolusi baik resolusi spasial maupun spektral, maka saat ini kemajuan teknologi informasi sangat pesat perkembangannya, sehingga

kini data satelit telah digunakan dalam berbagai bidang/domain ilmu pengetahuan di antaranya: pertahanan, kelautan, perikanan, dan sebagainya.

Dengan bertambah baiknya resolusi spasial data penginderaan jauh, maka dimungkinkan untuk mengekstraksi objek-objek yang relatif lebih rinci dalam ukurannya. Begitu pula dengan bertambah baiknya resolusi spektral dari data satelit penginderaan jauh (antara lain data satelit Landsat dan QuickBird), maka memungkinkan data satelit dapat digunakan untuk mengekstraksi informasi atau objek didasarkan pada nilai spektral dari objek tertentu. Nilai spektral dari setiap objek yang di observasi biasanya berbeda. Khusus untuk objek yang berada di bawah permukaan laut (seperti terumbu karang, padang lamun, dan sebagainya), nilai spektral dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: sifat fisik objek, dimensi objek, kejernihan atau kekeruhan air, kedalaman air dan sebagainya.

Penelitian ini dilakukan di wilayah kota Batam yang merupakan bagian dari kepulauan Batam. Kepulauan Batam memiliki 329 pulau yang terdiri dari pulau-pulau besar maupun pulau kecil, bernama dan beberapa pulau belum bernama dan terletak antara 0°.55'-1°.55' Lintang Utara dan 103°.45'-104°.10' Bujur Timur. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Indonesia No. 41 tahun 2000, pulau kecil merupakan pulau yang mempunyai luasan kurang atau sama dengan 10.000 km².

Kepulauan Batam memiliki perairan dangkal yang biasanya menjadi tempat tumbuh terumbu karang. Secara geografis Batam menarik untuk dipilih sebagai representasi pulau-pulau kecil di Indonesia dengan ekosistem terumbu karang. Pulau kecil adalah sebuah ekosistem tersendiri yang di sekitarnya terdapat ekosistem lain yaitu berupa ekosistem alami dan buatan. Menurut Dahuri (1998), ekosistem alami mencakup terumbu karang, mangrove, padang lamun, pantai berbatu, pantai berpasir, pantai berlumpur, formasi *pescaprea*,

formasi *baringtonia*, estuari, lagun, dan delta. Sementara itu, ekosistem buatan antara lain mencakup kawasan pariwisata, kawasan budidaya, dan kawasan permukiman.

Terumbu karang (*coral reefs*) adalah bentuk lahan submarin perairan laut dangkal yang banyak dijumpai pada pantai-pantai di daerah tropis. Bentuk lahan ini dibangun oleh organisme karang (*coral*) dan alga penghasil kapur (*calcareous algae*) (Guilcher, 1988). Pada umumnya, terumbu tumbuh pada kedalaman 25 meter atau kurang (kurang dari 100ft). Sedangkan mangrove merupakan tumbuhan tropika yang mampu tumbuh pada daerah pasang surut.

Perairan Indonesia mempunyai terumbu karang yang terbesar di dunia. Dimana fungsi terumbu karang merupakan rumah bagi lebih dari 76% jenis karang dan 50% jenis ikan karang dan otomatis merupakan penyedia makanan bagi jutaan binatang laut lainnya. Terumbu karang di kawasan ini telah ada sejak jutaan tahun, dan sampai saat ini mampu bertahan terhadap dampak dari pemucatan karang secara luas terkait dengan kecenderungan peningkatan pemanasan global (CCMA. Com). Meskipun mampu bertahan, lebih dari 80% terumbu karang mengalami ancaman akibat aktivitas manusia seperti menangkap ikan secara berlebihan dan dengan cara-cara merusak serta pembangunan di wilayah pesisir. Dalam beberapa tahun belakangan ini, berbagai langkah utama telah dilakukan untuk melindungi terumbu karang dan sumber daya perikanan tersebut.

Data penginderaan jauh satelit dengan berbagai spesifikasi resolusi dapat menampilkan objek-objek di permukaan bumi secara spesifik. Hal ini sangat baik untuk kajian pulau-pulau kecil dan ekosistem laut yang beragam. Pemanfaatan data ini untuk deskripsi karakteristik fisik pulau kecil dan terumbu karang akan sangat efisien karena wilayah Indonesia cukup luas. Sistem informasi geografis (SIG) saat ini dikenal sebagai alat yang dapat mempercepat proses pengolahan data.

Pada penelitian ini, digunakan 3 jenis data satelit yaitu: Landsat, SPOT dan QuickBird pansharpen. Dimana peran citra satelit Landsat dan SPOT yang mempunyai keunggulan dalam resolusi spasial dan spektral, sedangkan citra satelit QuickBird mempunyai keunggulan dalam resolusi spasialnya, membantu penyediaan kemampuannya untuk menggambarkan kondisi spasial dan karakter ekosistem. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi keberadaan terumbu karang dan mangrove serta penutupan lahan lain yang terdapat di Pulau Bokor kota Batam

2 STUDI PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah teknik dan seni yang menggunakan gelombang elektromagnetik sedemikian rupa sehingga dapat dibangun suatu relasi antara sifat-sifat fisik objek dengan *flux* yang diterima oleh sensor. Gelombang elektromagnetik yang datang dari objek tersebut, baik yang dipantulkan, diemisikan, maupun dihambur-balikkan.

Data penginderaan jauh satelit disifati dengan dua resolusi, yaitu resolusi spektral dan resolusi spasial. *Resolusi* spektral yaitu suatu sensor dengan banyaknya saluran yang dapat diserap oleh sensor tersebut.

Semakin banyak saluran yang dapat diserap maka resolusi spektralnya semakin tinggi. Resolusi spektral ini berkaitan langsung dengan kemampuan sensor untuk dapat mengidentifikasi objek. Resolusi spasial suatu sensor inderaja adalah ukuran kemampuan sensor tersebut untuk dapat membedakan dua objek yang berdekatan. Resolusi lain yang terkait dengan penginderaan jauh adalah resolusi temporal satelit yakni kemampuan sensor untuk mendeteksi daerah yang sama pada perolehan data berikutnya. Resolusi temporal berkaitan langsung dengan waktu pengulangan satelit melewati daerah yang sama.

Dalam penelitian ini digunakan 3 macam data satelit yaitu:

- Data LANDSAT 5 TM (*Thematic Mapper*). Instrumen TM merupakan *scanning radiometer* yang menyajikan sembilan saluran *multispectral scanning radiometer*, yang dirancang untuk mendeteksi radius bumi dengan cakupan 185 km melalui gerakan *cross-track scanning* sepanjang lintasan satelit, dan resolusi temporalnya 16 hari. Kanal spektral yang digunakan sistem Landsat 5 disajikan pada Tabel 2-1. Reflektansi pada air dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama kedalaman dan kekeruhan air (kandungan bahan organik dan anorganik). Sementara itu, pada panjang gelombang lebih besar dari 0.75 μm , air dalam dan jernih pada umumnya tidak lagi memantulkan sinar (Lillesand dan Kiefer, 1987). Dengan demikian, reflektansi pada air berlumpur (keruh) akan lebih besar dibandingkan dengan air yang jernih dan dalam. Peningkatan reflektansi ini akan terjadi apabila di dalam air terjadi peningkatan konsentrasi klorofil.
- SPOT-5 (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) merupakan satelit yg diperlengkapi dengan sensor HRG (*High Resolution Geometric*) yang mempunyai ketelitian geometri tinggi yaitu 5 meter dan dapat menghasilkan citra dengan resolusi spasial untuk sensor panchromatic 2,5 meter dan sensor multispektral 5 meter, dan 10 meter untuk sensor pankromatik dan multi-spektral. Resolusi 2,5 meter merupakan keunggulan SPOT-5 dengan luas liputan 60 km x 60 km. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Pansharpen dengan resolusi 2.3 meter.
- Data QuickBird adalah citra observasi bumi komersial resolusi tinggi milik *Digital Globe* dengan ketinggian orbit 450 km, inklinasi 97,2°, dengan orbit yang melintas ekuator pada pukul 10.30 waktu setempat dengan periode ulang 1 sampai 3,5 hari tergantung posisi lintang. Jumlah kanal ada lima dengan karakteristik disajikan pada Tabel 2-2. Penelitian ini menggunakan data citra Quickbird pansharpen, dengan resolusi 0,6 meter.

Tabel 2-1: KARAKTERISTIK DATA LANDSAT-5 TM

Kanal	Panjang gelombang (μm)	Resolusi spasial (m)	Karakteristik
1	0,45 – 0,515	30	Biru. Penetrasi maksimum pada air berguna untuk pemetaan batimetri pada air dangkal.
2	0,525– 0,605	30	Hijau. Sesuai untuk mengindera puncak pantulan vegetasi
3	0,63–0,69	30	Merah. Sesuai untuk membedakan absorpsi klorofil dan tipe vegetasi.
4	0,75 – 0,90	30	Inframerah dekat. Untuk menentukan kandungan biomas, tipe vegetasi, pemetaan garis pantai
5	1,55 – 1,75	30	Infra-merah tengah I. Menunjukkan kandungan kelembaban tanah dan kekontrasan tipe vegetasi.
6	10,4 – 12,5	60	Infra merah termal. Untuk mendeteksi gejala alam yang berhubungan dengan panas.
7	2,09 – 2,35	30	Infra-merah tengah II. Rasio antara kanal 5 dan 7 untuk pemetaan perubahan batuan secara hidrotermal dan sensitif terhadap kandungan kelembaban vegetasi.

Sumber : EROS Data Center (1995)

Tabel 2-2: KARAKTERISTIK KANAL CITRA QUICKBIRD

Kanal	Panjang gelombang (μm)	Resolusi spasial (m)	Daerah spektrum
1	0,450 – 0,520	2,44	Biru
2	0,520 – 0,600	2,44	Hijau
3	0,630 – 0,690	2,44	Merah
4	0,760 – 0,900	2,44	Inframerah dekat
5	0,450 – 0,900	0,61	Pankromatik

Sumber: <http://www.Digitalglobe.com>

Dalam menganalisis nilai spektral, diperlukan juga teknologi GIS (*Geographic Information System*) yang merupakan suatu perangkat *software* untuk mengoreksi, menyimpan, menggali kembali, mentransformasi, dan menyajikan data spasial dari aspek-aspek permukaan bumi. Dalam GIS tidak hanya data yang berbeda yang dapat diintegrasikan, prosedur yang berbeda juga dapat dipadukan. Dengan demikian, pemakai menjadi lebih banyak memperoleh informasi baru dan dapat menganalisisnya sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

2.2 Algoritma Lyzengga

Algoritma lyzengga digunakan untuk klasifikasi daerah perairan dangkal.

$$Y = [\ln(TM1)] - \left[\left(\frac{k_i}{k_j} \right) (\ln(TM2)) \right] \quad (2-1)$$

dengan :

Y : Hasil klasifikasi algoritma Lyzengga,
 TM1 : kanal 1 citra Landsat; TM2 : kanal 2 citra Landsat.

Koefisien k_i dan k_j diperoleh dengan cara :

- Mengukur secara in-situ dengan menerapkan model pengurangan eksponensial,
- Menghitung slope k_i/k_j .

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{a^2 + 1} \quad (2-2)$$

$$a = \frac{[Var_{TM1} - Var_{TM2}]}{2 \times (Co var_{TM1TM2})} \quad (2-3)$$

Algoritma pada persamaan 2-2 diubah dari tanda negatif (-) menjadi positif (+) untuk dapat mengenali variasi terumbu karang secara tegas, yaitu menjadi:

$$Y = [\ln(TM1)] + \left[\left(\frac{k_i}{k_j} \right) (\ln(TM2)) \right]. \quad (2-4)$$

3 METODOLOGI

Metodologi dalam menganalisis ekosistem laut dapat dilihat pada Gambar 3-1.

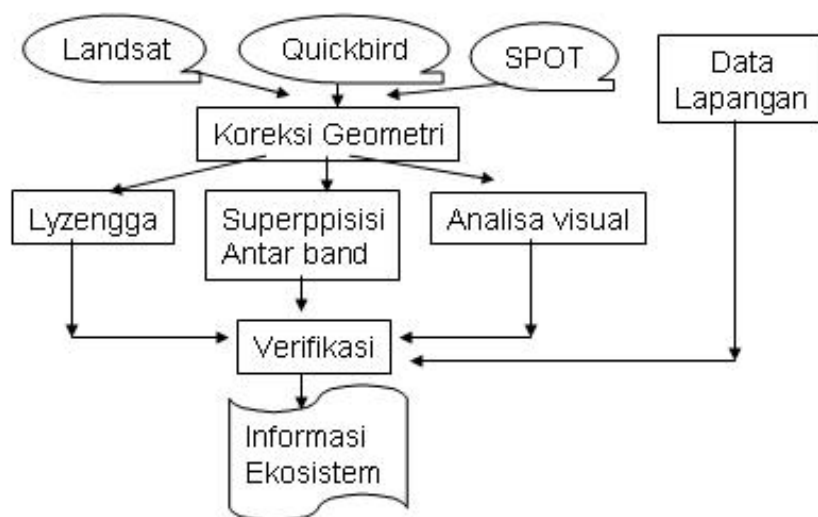
Gambar 3-1 memperlihatkan bahwa citra yang digunakan terlebih dahulu dilakukan koreksi geometrik yang merupakan proses, dimana posisi citra disesuaikan dengan posisi dengan arah utara selatan (d disesuaikan dengan peta), sesuai dengan posisi dan lokasinya, sehingga baik citra Landsat, SPOT maupun QuickBird mempunyai posisi dan proyeksi yang sama. Kemudian citra yang terkoreksi dilakukan analisa. Dalam menganalisis keberadaan ekosistem laut pada citra digunakan dua pendekatan analisa, yaitu : i) analisa visual yang dilakukan secara manual (menganalisa warna objek pada layar monitor) dan analisa digital.

Analisa visual dilakukan dengan cara mengamati perubahan warna dari citra R (*red*) G (*green*) B (*blue*) pada layar monitor. Dalam hal ini akan nampak bahwa setiap objek akan diwakili oleh warna tertentu dan setiap perubahan objek akan diikuti oleh perubahan nilai spektral yang secara otomatis warnanya berubah. Dengan demikian identifikasi objek akan mudah dilakukan dengan menganalisis nilai tingkat keabuan/ spektral atau perubahan warnanya.

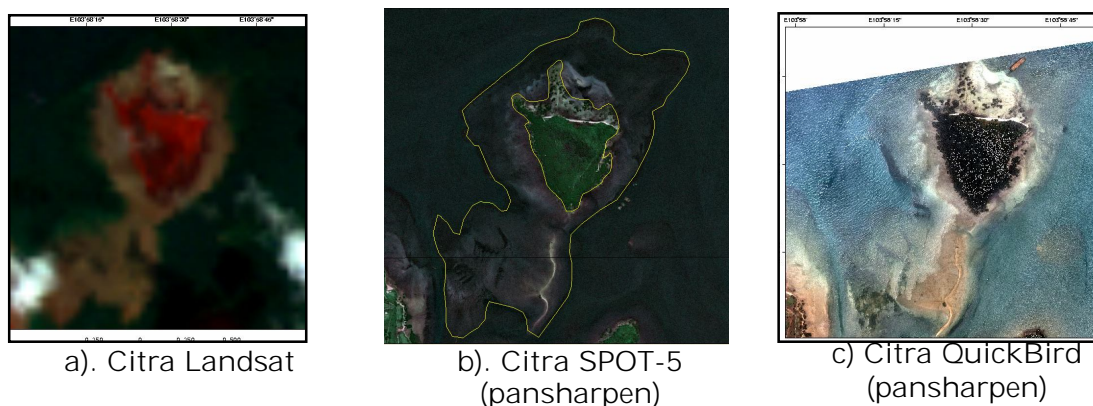
Pada penelitian ini, citra Landsat yang digunakan pada penelitian ini adalah P/R 125/59 daerah Pulau Bokor hasil akuisisi tanggal 5 Mei 1996. Data citra SPOT-5 daerah pulau Bokor akuisisi tanggal 7 April 2003. Data citra QuickBird *pasharpen* Pulau Bokor diambil pada tanggal 25 Mei 2006. Sedangkan peta pendukung yang digunakan dalam analisis ini antara lain adalah Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 lembar Nebe 2207-611; Peta Pelayaran laut skala 1:100.000 lembar 11 serta Peta Geologi skala 1:250.000.

Hasil dari superposisi citra Landsat dan citra pansharpen dari SPOT dan QuickBird untuk P. Bokor dapat dilihat pada Gambar 3-2.

Pada Gambar 3-2 (a) adalah Pulau Bokor dilihat dengan citra Landsat. Dimana pada citra tersebut sangat sulit membedakan beberapa objek yang ukurannya relatif kecil (ukuran objek lebih kecil atau sama dengan ukuran pixel), akan tetapi pada citra SPOT-5 Gambar 3-2.(b) dan QuickBird Gambar 3-2.(c) dengan mudah serta jelas membedakan beberapa objek (seperti karang, pasir dan sebagainya).



Gambar 3-1: Diagram alir analisa penentuan ekosistem laut



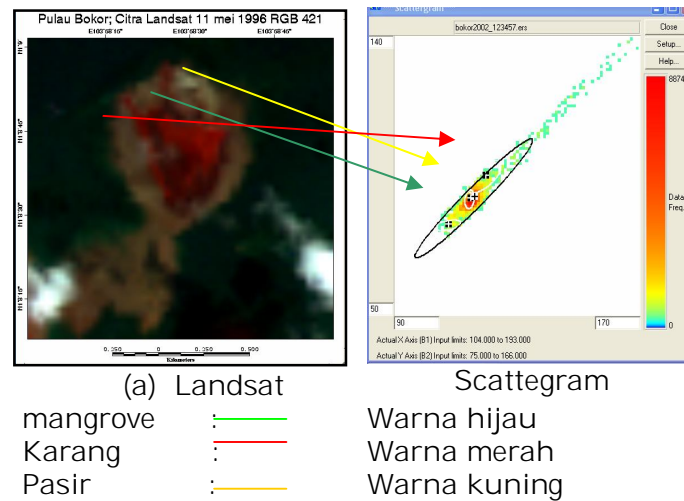
Gambar 3-2: Citra pulau Bokor

Analisa digital mengikutsertakan proses klasifikasi, yang terdiri atas analisis nilai spektral dari masing-masing data satelit Landsat berbarengan dengan proses algoritma Lyzengga, kemudian dilakukan analisa dan verifikasi dari ketiga proses di atas dengan data lapangan. Proses analisa ini dilakukan berulang-ulang. Bila tidak sesuai maka proses klasifikasi diulang kembali atau dikoreksi dan bila sesuai maka proses dilanjutkan ke pencetakan. Dari ketiga gambar di atas, maka dapat dihitung bahwa luas Pulau Bokor pada tahun 1996 adalah 30.88 ha, 23,42 ha pada tahun 2003 dan pada tahun 2006 adalah 22,56 ha. Berarti secara keseluruhan Pulau Bokor mengalami penurunan luas yang signifikan (27 % dalam kurun waktu 10 tahun). Hal ini diakibatkan mungkin oleh erosi air laut atau fenomena alam lainnya.

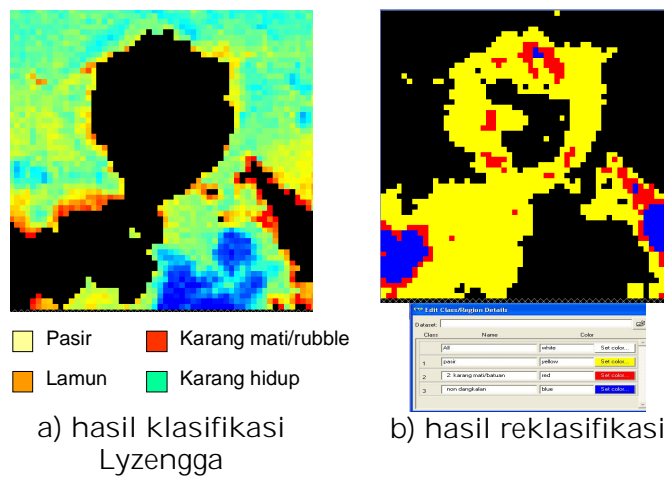
4 HASIL DAN ANALISIS

Sebagaimana diterangkan di atas, bahwa dalam penelitian ini dilakukan analisa spektral dengan cara komposisi band/kanal. Berdasarkan karakteristik band di atas, bahwa band yang paling dominan untuk mendeteksi objek di bawah permukaan air adalah band 1 dan band 2, sehingga komposisi bandnya (citra RGB) dapat dilakukan dengan mensuperposisikan band 421, band 521, band 721.

Hasil dari beberapa percobaan komposisi citra hasil yang cukup representatif untuk terumbu karang adalah komposisi band 421. Citra Landsat dan QuickBird memiliki kisaran panjang gelombang yang sama pada kanal 1 sampai 4. perbedaan citra pada Gambar 3-2 disebabkan oleh perbedaan resolusi spasial yaitu Landsat 30 meter dan QuickBird 2,4 meter.



Gambar 4-1: Grafik Scatogram berbagai objek data Citra Landsat Pulau Bokor

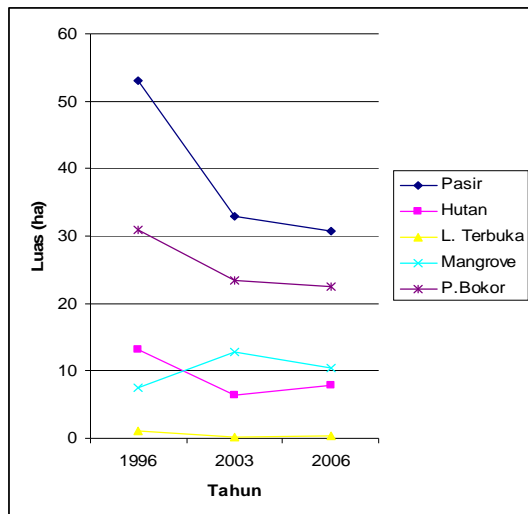


Gambar 4-2: (a) Citra hasil algoritma Lyzengga pada citra Landsat (b). Citra hasil reklasifikasi citra 4 (a) menjadi 3 kelas utama yaitu pasir (warna kuning), karang hidup (warna hijau) serta karang mati (warna merah)

Untuk mengetahui hubungan nilai spektral dari objek dapat dilakukan dengan mengamati tingkat distribusi spektral dalam dua dimensi (scatogram) secara berurutan untuk citra Landsat (Gambar 4-1). Berdasarkan hasil pengamatan, Kisaran nilai digital di perairan dangkal untuk kanal 1, 2, 3, 4, 5, 6, adalah berturut-turut : 72-130, 32-75, 32-104, 18-115, 2-130, 2-31. dengan demikian agak susah menentukan objek yang berada di bawah permukaan laut, Hal ini disebabkan perairan di Batam sangat keruh akibat pencemaran yang diakibatkan antara lain oleh limbah transportasi laut dan aktivitas manusia lainnya.

Gambar 4-2 adalah citra hasil proses algoritma Lyzengga data citra

Landsat. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa kenampakan terumbu karang pada citra dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas (mangrove, karang mati, pasir dan karang hidup, sedangkan padang lamun tidak terkelaskan). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa di samping resolusi spektral, resolusi spasial lebih memegang peranan penting dalam mengidentifikasi objek. Sedangkan berdasarkan kenampakan pada citra QuickBird terlihat kelas yang lebih beragam yaitu dengan adanya kelas kekeruhan/sedimen dan laut dangkal. Hasil perhitungan luas pulau, serta penutup lahan dan lainnya dapat dilihat pada Gambar 4-3.



Gambar 4-3: Luas penutupan lahan di Pulau Bokor dihitung dari Landsat, SPOT, QuickBird

Pada gambar 4-3 dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh adalah luas Pulau Bokor mengalami penurunan luas sebesar 7,46 ha (24%) dalam kurun waktu 7 tahun (dari tahun 1996 sampai dengan tahun 2003) dan 0,86 ha (3%) dalam kurun waktu 3 tahun (dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2006) atau 27% dalam kurun waktu 10 tahun. Sedangkan penutup lahan di Pulau Bokor seperti hutan mengalami penurunan seluas 6,65 ha (50,6 %) dalam kurun waktu 7 tahun dan penambahan luas hutan sebesar 1,378 ha (10,5 %) dalam kurun waktu 3 tahun. Pasir berkurang 20,123 ha (38%) dalam waktu 7 tahun dan 2,087 ha (4 %) dalam kurun waktu 3 tahun dan luas mangrove bertambah seluas 5,3 ha (70,7 %) selama 7 tahun dan juga berkurang 2,4 ha (31%) selama kurun waktu 3 tahun, sedangkan untuk lahan terbuka perubahan luasnya relatif sangat kecil (signifikan).

Hasil perhitungan luas pulau antara citra Landsat, SPOT, dan QuickBird di Pulau Bokor terdapat perbedaan (lihat Gambar 4-3), yaitu semakin tinggi resolusi spasial semakin sempit luas pulau. Salah satu sumber perbedaan adalah dari *mixed pixel*, dimana jumlahnya semakin banyak pada citra resolusi lebih rendah. Perbedaan perhitungan luas dari citra Landsat, SPOT, dan QuickBird menunjukkan bahwa resolusi spasial

sangat berpengaruh terhadap tingkat akurasi karena adanya perubahan yang diakibatkan oleh faktor alam atau manusia, karena data yang digunakan berbeda tahunnya.

5 KESIMPULAN

Nilai spektral terumbu karang kanal 1 lebih rendah dibandingkan kanal 2, tetapi keduanya memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan kanal lain. Berdasarkan nilai spektral ini maka citra komposit RGB menggunakan kombinasi kanal 1 atau kanal 2 seperti 542 atau 541, menampilkan terumbu karang dengan jelas. Namun, kenampakan terumbu karang akan lebih tajam menggunakan kanal 1 dan kanal 2 seperti komposit RGB 421. Karakteristik spektral tersebut terdapat kesamaan antara citra Landsat dan QuickBird. Citra QuickBird menghasilkan kelas terumbu karang lebih detail dibandingkan citra Landsat. Hal ini menunjukkan resolusi spasial dalam memegang peranan penting dalam mengidentifikasi objek.

Berdasarkan perhitungan diperoleh bahwa luas Pulau Bokor mengalami penurunan luas sebesar 27% dalam kurun waktu 10 tahun. Sedangkan penutup lahan di Pulau Bokor seperti hutan mengalami penurunan sebesar 50,6 % dalam kurun waktu 7 tahun dan penambahan/kenaikan luas hutan sebesar 10,5% dalam kurun waktu 3 tahun. Luas Pasir berkurang sebesar 42% dalam waktu 10 tahun, luas mangrove bertambah sebesar 70,7% dalam kurun waktu 7 tahun kemudian mengalami penurunan sebesar 31 % pada 3 tahun berikutnya.

Perbedaan perhitungan luas ekosistem laut yang diperoleh dari citra Landsat, SPOT, dan QuickBird dapat diakibatkan antara lain: pengaruh dari resolusi spasial yang berdampak pada tingkat akurasi atau bisa jadi diakibatkan karena adanya perubahan yang diakibatkan oleh faktor alam atau manusia, dan juga karena data yang digunakan berbeda tahun akuisisinya

DAFTAR RUJUKAN

- Bengen, D.G., 2002. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut serta Prinsip Pengelolaannya*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB 2002.
- EROS Data Center, 1995. *Landsat-7 Technical Working Group*. Sioux Falls, USA South Dakota. October 31 – November 2, 1995.
- Guilcher, A., 1988. *Coral Reef Geomorphology*. Chichester. John Wiley & Sons.
- [http://www.CenterforCoastalmonitoringandAssesment\(CCMA\).Com](http://www.CenterforCoastalmonitoringandAssesment(CCMA).Com).
- <http://www.Digitalglobe.com>.
- Lillesand, Thomas M. dan Ralph W. Kiefer, 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gadjah Mada University press. Yogyakarta.
- Lyzengga, D.R., 1981. *Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and Landsat Data*. *International Journal of Remote Sensing*, 2:71-82.
- Sutanto, 1986. *Penginderaan Jauh* (Jilid 1). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.