

Kesesuaian perairan Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah untuk budidaya kerang totok (*Polymesoda erosa*) berdasarkan produktifitas primer menggunakan citra satelit

The suitability of Segara Anakan waters, Cilacap, Central Java as cultivation area of *Polymesoda erosa* based on primary productivity using satellite image

VIVI ENDAR HERAWATI, AGUS HARTOKO, SUMINTO

Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Jl. Imam Barjo, Semarang, Jawa Tengah.

Manuskrip diterima: 8 Agustus 2011. Revisi disetujui: 4 April 2012.

Abstract. Herawati VE, Hartoko A, Suminto. 2012. The suitability of Segara Anakan waters, Cilacap, Central Java as cultivation area of *Polymesoda erosa* based on primary productivity using satellite image. Bonorowo Wetlands 2: 41-51. Segara Anakan waters, Cilacap, Central Java, is a natural habitat of totok shells (*Polymesoda erosa*) of high economic value. However, the sustainability of these protein sources is threatened due to habitat degradation and over-harvesting. This study aims to (i) analyze the suitability of Segara Anakan Lagoon to cultivate the totok shells, as a conservation effort, based on the aspect of primary productivity and chlorophyll-a; (ii) to analyze the suitability of Segara Anakan waters to cultivate the totok shells based on field data and SPOT satellite image data, i.e., chlorophyll a, water surface temperature, total suspended solids, pH, dissolved oxygen, salinity, as well as nitrate and phosphate content. The basic concept of this research is combining SPOT satellite image analysis and direct field measurement of some primary productivity parameters in Segara Anakan waters to know the suitability for thokthok shells cultivation. Based on scoring and suitability level, stations 1 and 3 (in the western estuary of Segara Anakan lagoon) are " Suitable on condition" (*Sesuai Bersyarat*) for the cultivation of totok shells, covering an area of 326,035039 ha. While stations 2, 4, 5, 6, and 7 (other locations) are " Not Suitable" (*Tidak Sesuai*) for the cultivation of totok shells, covering an area of 557,057573 ha.

Keywords: Land suitability, SPOT image, primary productivity, *Polymesoda erosa*

PENDAHULUAN

Segara Anakan secara geografis terletak pada koordinat 7°35'-7°50' LS dan 108°45'-109°3' BT dan secara administratif terletak di Kecamatan Kawungunten Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah; berada pada perbatasan antara Kabupaten Ciamis, Jawa Barat dan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Adapun batas-batas Segara Anakan meliputi: (i) batas barat: perbatasan Desa Pamotan, Kecamatan Kalipucang, Ciamis (ii) batas timur: batas administratif kota Cilacap (iii) batas utara: pal batas milik Perum Perhutani; (iv) batas selatan: Pulau Nusakambangan ke arah Samudra Hindia (BPKSA 2006).

Segara Anakan ini merupakan perairan yang sempit diantara Pulau Jawa dan Pulau Nusakambangan dan mempunyai suatu ekosistem yang sangat khas. Laguna Segara Anakan merupakan pertemuan muara sungai Citanduy, Cimeneng/Cikonde, Cibereum, Palindukan, Kayumati serta beberapa sungai kecil lain yang dilindungi Pulau Nusakambangan dari gelombang laut selatan. Laguna ini dikelilingi hutan mangrove dan dataran yang berlumpur; dimana saluran-saluran air dan parit mengalir dari hutan mangrove dan persawahan-persawahan di sekitarnya. Keberadaan laguna ini dipengaruhi oleh air dan bahan sedimen Sungai Citanduy serta air pasang surut Samudera Hindia melalui celah barat Pulau

Nusakambangan dan alur timur Sungai Kembanguning (Selat Nusakambangan). Sungai-sungai tersebut membawa lumpur yang kemudian akan mengendap di laguna. Pulau Nusakambangan menjadikan penghalang ombak yang berasal dari lautan lepas. Adanya substrat yang cocok dan ombak yang nyaris tidak ada merupakan kondisi yang ideal bagi keberadaan ekosistem mangrove (Winarno dan Setyawan 2003; BPKSA 2006).

Kawasan Segara Anakan berair payau karena terhubung dengan laut melalui kanal barat dan timur. Kondisi itu sangat potensial bagi pertumbuhan hutan mangrove, serta menjadi daerah pemijahan, asuhan, dan mencari pakan berbagai jenis ikan, udang, kepiting, kerang, dan biota lain. Sehingga Segara Anakan sangat bernilai untuk mendukung perikanan di dalam laguna itu sendiri, dan di laut lepas pantai, serta merupakan sisa-sisa terakhir hutan mangrove terluas di pulau Jawa (Winarno dan Setyawan 2003).

Luasan laguna Segara Anakan terus menyusut karena sedimentasi sungai-sungai di dalamnya, misalnya sungai Citanduy mencapai 5 juta m³, sungai Cimeneng 0,4 juta m³, dan Cikonde 1,2 juta m³ setiap tahun. Akibat sedimentasi menyebabkan dasar sungai Citanduy dan sungai-sungai lainnya yang bermuara di Segara Anakan terus naik dan mengakibatkan banjir. Sedimentasi menyebabkan luas Segara Anakan sekarang tinggal ± 500. ha (BPKSA 2006). Perubahan habitat akibat sedimentasi dan penebangan

mangrove secara liar serta pemanenan berlebih dikhawatirkan dapat mempengaruhi kelestarian kerang toktok (*Polymesoda erosa* Lightfoot, 1786) yang merupakan sumber protein lokal yang sangat penting, sehingga perlu upaya budidaya.

Selama ini produksi kerang di perairan Segara Anakan, Cilacap masih mengandalkan dari hasil tangkapan alami oleh nelayan. Apabila hal ini dilakukan terus menerus, maka dikhawatirkan populasi kerang semakin menurun sehingga mengakibatkan penurunan jumlah stok alami (BPKSA 2006). Menurut Anggoro (1983) bahwa produksi hayati perairan tambak sangat ditentukan kesuburan perairannya. Adapun kesuburan suatu perairan ditentukan oleh kondisi biologi, fisika dan kimia yang nantinya berpengaruh pada kegunaannya (Carolita et al. 1999). Keberhasilan usaha pertambakan sangat ditentukan oleh pemilihan lokasi lahan tambak yang memenuhi persyaratan baik fisik, kimia maupun biologis (Afrianto dan Liviawaty 1991).

Penggunaan teknologi penginderaan jauh satelit merupakan suatu alternatif untuk mendapatkan informasi tentang suatu sumberdaya perairan. Teknologi ini mampu memberikan informasi secara cepat sehingga dapat digunakan untuk mengamati fenomena di lautan yang luas dan dinamis (Hartoko 2004).

Penelitian ini bertujuan: (i) Menganalisis tingkat kesesuaian wilayah perairan laut di Laguna Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah untuk pengembangan lahan budidaya kerang toktok sebagai upaya konservasi berdasarkan aspek produktifitas primer dan klorofil α . (ii)

Menganalisis kesesuaian perairan Segara Anakan untuk pengembangan lahan budidaya kerang toktok berdasarkan data lapangan dan data citra satelit SPOT yaitu klorofil α , suhu permukaan perairan dan muatan padatan tersuspensi MPT, pH, oksigen terlarut, salinitas, nitrat dan fosfat.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Laguna Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah (Gambar 1), pada lokasi yang ditetapkan sebagai zona pemanfaatan budidaya. Adapun waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-Maret 2008.

V penelitian

Peubah utama yang diamati untuk kelayakan lahan budidaya udang adalah produktifitas primer yang meliputi parameter biologi (klorofil α dan fitoplankton), parameter kimia (nitrat, fosfat, salinitas, pH dan oksigen terlarut) dan parameter fisika (suhu dan muatan padat tersuspensi/MPT).

Peralatan dan bahan penelitian

Adapun alat yang digunakan untuk Pengolahan Data Citra satelit mencakup Software ER Mapper 6.4 dan Software ArcView 3.3; peralatan utama untuk Analisis Lapangan dan Laboratorium adalah GPS dan Water Quality Cheaker, serta seperangkat peralatan untuk mengukur kandungan klorofil α dan fitoplankton.



Gambar 1. Lokasi penelitian di kawasan di Perairan Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah

Tahap penelitian

Konsep dasar dalam penelitian ini adalah memadukan analisis citra satelit SPOT, aspek produktifitas primer dan beberapa parameter lingkungan baik melalui pengukuran langsung maupun dari hasil studi pustaka. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah penyusunan basis data spasial dan tahap kedua adalah analisis tingkat kesesuaian lahan untuk budidaya. Penyusunan basis data spasial dilakukan pada wilayah perairan Laguna Segara Anakan dilanjutkan dengan penumpang lapisan (overlay) komponen aspek produktifitas primer yang diperoleh dari pengumpulan data lapangan. Hasil overlay tersebut selanjutnya dilakukan analisis kesesuaian bagi lahan budidaya.

Pengumpulan data

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini bersumber dari data primer dan data sekunder. Pengumpulan data sekunder meliputi (i) peta rupa bumi Indonesia kawasan perairan Laguna Segara Anakan skala 1: 25.000 yang diperoleh dari Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal 1999), (ii) citra satelit SPOT Digital Product Kawasan Laguna Segara Anakan tahun 2007 yang diperoleh dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan 2007) dan (iii) peta navigasi (batimetri) skala 1: 100.000 yang diperoleh dari Dinas Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (2003). Peta-peta tersebut digunakan untuk proses awal pembuatan peta dasar digital yang berguna sebagai peta kerja di lapangan saat survei. Data sekunder lainnya misalnya data nitrat, fosfat, salinitas, pH dan oksigen terlarut dikumpulkan dari instansi-instansi terkait berupa hasil penelitian dan tulisan-tulisan laporan yang berkaitan dengan penelitian ini.

Data primer yaitu data aspek produktifitas primer diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan dengan menentukan titik-titik pada 7 stasiun pengamatan. Setiap stasiun pengamatan ditentukan posisi geografisnya dengan alat Global Positioning System (GPS). Penentuan titik pengamatan dengan menggunakan simple random sampling dengan jarak 0,5 km (arah vertikal dan horizontal) antara titik pengamatan.

Data lapangan yang dianalisis dalam penelitian ini adalah data hasil pengukuran dan pengamatan langsung di perairan Laguna Segara Anakan, Kabupaten Cilacap yang meliputi data klorofil α , parameter fisika dan parameter biologi. Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan titik-titik sampling pengambilan data lapangan.

Analisis data

Analisis data citra satelit dalam penelitian ini merupakan kelayakan lokasi menggunakan algorithma untuk mengetahui kondisi perairan yang dipersyaratkan untuk kegiatan budidaya dan pengolahan data lapangan secara spasial. Pengolahan data lapangan dilakukan menggunakan permodelan kriging yang digunakan dalam prosedur interpolasi spasial dalam Sistem Informasi Geografi.

Analisis data citra satelit

Data citra satelit dianalisis/diproses melalui tahapan sebagai berikut:

Pemilihan kanal/band.

Dengan menggunakan multilayer salah satu bentuk dasar tiga dimensi dapat mengungkapkan lebih detail mengenai analisis kesesuaian tambak udang di kawasan perairan Segara Anakan dengan parameter-parameter 1. klorofil α , 2. produktifitas primer, 3. muatan padatan tersuspensi. Menggunakan multilayer dalam mengambil beberapa titik sampel atas ruang layer citra satelit tersebut pada tiga parameter dapat dilakukan setiap waktu dan dapat ditampilkan secara bersamaan, dengan menggunakan kombinasi layer atau gabungan band sebagai pendukung parameter tersebut seperti band 1 dengan tampilan warna merah menggambarkan klorofil α , band 2 dengan tampilan warna hijau menggambarkan Produktifitas primer dan band 3 dengan tampilan warna biru untuk menggambarkan padatan tersuspensi (Hartoko 2004)

Untuk klorofil α , band yang digunakan adalah band 1 dan 3 karena sifatnya lebih sensitif untuk menerima spektrum dari klorofil, artinya band 1 dan 3 baik untuk analisis klorofil dari fitoplankton. Untuk muatan padatan tersuspensi (Total suspended Solid) band yang dipilih adalah band 1 dan 2 karena sifatnya lebih sensitif dan lebih menembus pada badan air laut, artinya band 1 dan 2 sangat baik digunakan untuk analisis muatan padatan tersuspensi (Tabel 2). Hal ini dipergunakan untuk mencari korelasi antara nilai spektral reflektansi band tersebut dengan kandungan sedimen tersuspensi/klorofil yang terdapat di perairan Laguna Segara Anakan, Kabupaten Cilacap.

Koreksi radiometri. Koreksi radiometrik dilakukan dengan metode penyesuaian histogram karena dari histogram dapat diketahui nilai digital terendah dan tertinggi data citra satelit. Dengan menampilkan histogram semua band yang digunakan, maka diketahui band-band yang mempunyai offset dan band-band yang tidak mempunyai offset. Offset adalah nilai respon terkecil yang nilainya > 0 . Menurut Hartoko (2002), koreksi ini merupakan ekstraksi nilai pixel menjadi 0-255. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$DNT = \sum DN \text{ data asli} - DN \text{ min}$$

Dimana:

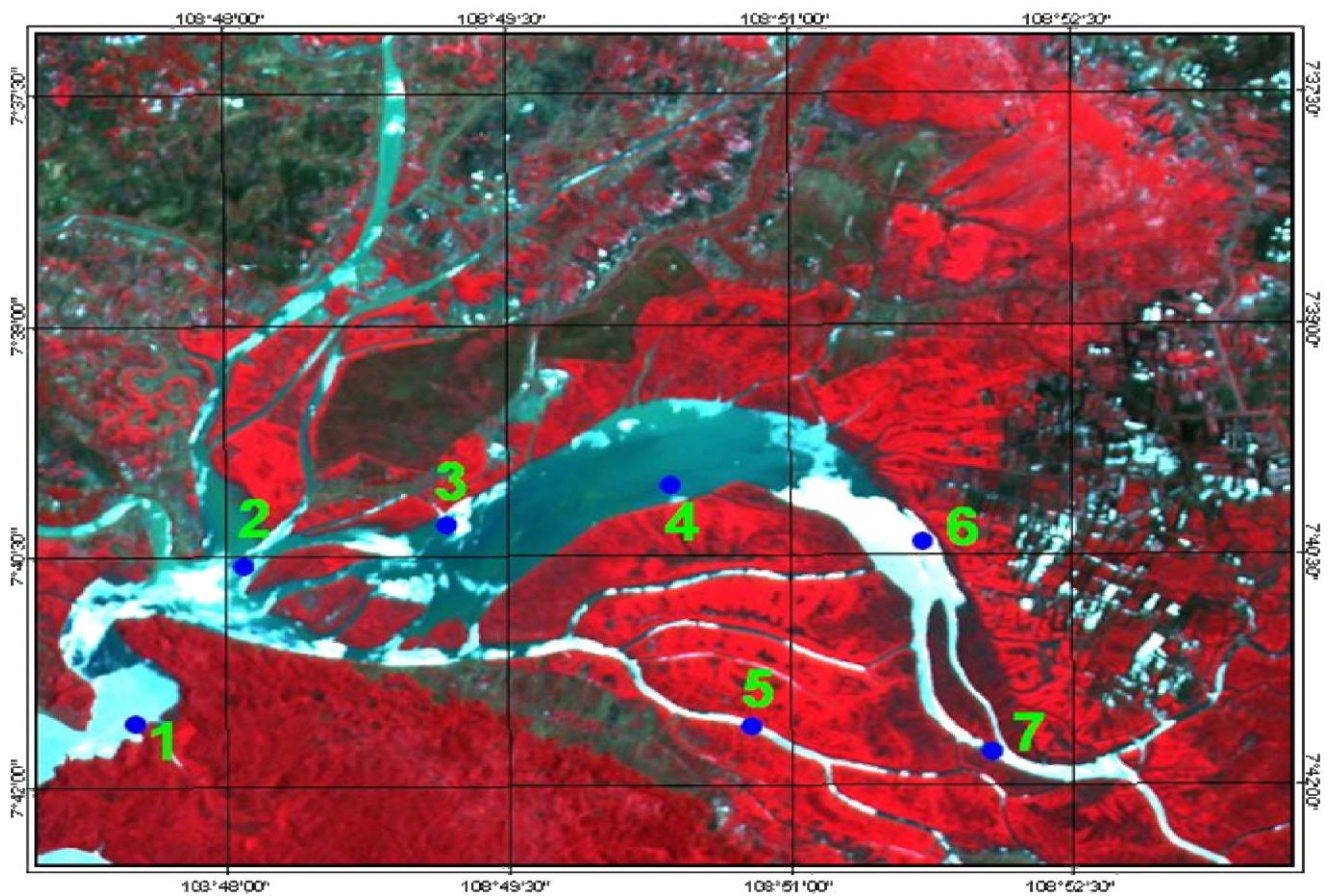
DN = Digital Number pada data citra satelit

DNT = Digital Number Terkoreksi pada data citra satelit

Penyesuaian histogram dilakukan dengan menggeser histogram kanal terdistorsi ke kiri sehingga nilai minimum menjadi nol dan efek dari *scattering* sedikit berkurang.

Tabel 1. Lokasi sampling lapangan dengan parameter klorofil α , parameter fisika dan parameter biologi di Perairan Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah

Stasiun	Bujur Timur (X)	Lintang Selatan (Y)
1	108° 47' 31,03"	7 ° 41' 35,97"
2	108 ° 48' 6,13"	7 ° 40' 35,03"
3	108 ° 49' 11,20"	7 ° 40' 19,00"
4	108 ° 50' 22,52"	7 ° 40' 3,31"
5	108 ° 50' 47,98"	7 ° 41' 37,71"
6	108 ° 51' 42,90"	7 ° 40' 25,42"
7	108 ° 52' 4,85"	7 ° 41' 47,61"



Gambar 2. Peta lokasi dan stasiun pengambilan sampel di Perairan Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah

Koreksi geometrik. Koreksi geometrik dilakukan dengan proyeksi ulang dari citra satelit yang diperoleh ditransformasikan pada *Lat/Long Projection* (proyeksi Lintang dan Bujur) dengan datum WGS84 (*World Geodetic System*) untuk wilayah Indonesia, sedangkan proyeksi peta adalah SUTM49 (*South Universal Transverse Mercator*) untuk wilayah Jawa Tengah. Urutan dalam koreksi geometrik yang pertama adalah menentukan titik kontrol (GCP) kemudian melakukan proses rektifikasi (pembetulan). Titik-titik GCP (*Ground Control Point*) diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan GPS (Dimiyati dan Dimiyati 1998).

Transformasi geografik yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi pixel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran objek di permukaan bumi yang terekam sensor. Perubahan bentuk kerangka liputan dari bujur sangkar menjadi jajaran genjang merupakan hasil dari transformasi ini (Danoedoro 1996).

Citra satelit komposit warna (*color composite*). Tujuan dari citra satelit komposit warna adalah memperjelas tampilan objek yang diinginkan. Citra satelit komposit warna adalah kombinasi band-band yang dipakai dalam pemrosesan data citra satelit, dimana pemilihan

kombinasinya disesuaikan dengan objek yang diamati dengan jalan memainkan citra satelit komposit warna (Hartoko 2002).

Pemotongan citra satelit (*cropping*). Pemotongan citra satelit bertujuan untuk menyesuaikan ukuran citra satelit dan membatasi wilayah pengamatan dengan objek penelitian. Pemotongan citra satelit dilakukan berdasarkan lokasi penelitian yang mengacu pada peta lingkungan pantai dan survei lapangan.

Penempatan titik pengambilan sampel lapangan dari GPS (dengan format *latitude-longitude*) pada data citra satelit. Data Citra satelit kemudian dianalisis dengan menggunakan beberapa algoritma:

Algoritma dari Hartoko (2002)

$C = 0,74 - 2,43 \log (b2/b4)$ untuk citra satelit Landsat.

C = konsentrasi klorofil α ($\mu\text{g/L}$), $b2$ merupakan nilai digital dari band 2 dengan panjang gelombang 0,52-0,60 μm dan $b4$ merupakan nilai digital dari band 4 dengan panjang gelombang 0,76-0,90 μm .

Konsep algoritma Hartoko (2002) ini dipakai pada citra satelit SPOT dengan menggunakan kesamaan panjang

gelombang pada band yang terdapat pada Landsat dan SPOT, sehingga menjadi: $C = 0,74-2,43 \log (b1/b3)$

Dimana band 1 memiliki panjang gelombang 0,50-0,59 μm dan band 3 dengan panjang gelombang 0,79-0,89 μm .

Algoritma NDVI

$$C = a + b \text{ (NDVI)}$$

C = konsentrasi klorofil α ($\mu\text{g/L}$), algoritma NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) menggunakan band 3 dengan panjang gelombang 0,63-0,69 μm dan band 4 dengan panjang gelombang 0,76-0,90 μm . Bentuk persamaan dari konsep ini adalah: $\text{NDVI} = (b4-b3)/(b4 + b3)$ (Hartoko 2002).

Konsep algoritma NDVI ini dipakai pada citra satelit SPOT dengan menggunakan kesamaan panjang gelombang pada band yang terdapat pada Landsat dan SPOT, sehingga menjadi:

$$\text{NDVI} = (b3-b2)/(b3 + b2)$$

Dimana band 2 memiliki panjang gelombang 0,61-0,68 μm dan band 3 dengan panjang gelombang 0,79-0,89 μm .

Algoritma dari Pentury (1997)

$$Y = 2,3868 X - 0,4671$$

$$Y = \text{konsentrasi klorofil } \alpha \text{ (}\mu\text{g/L)} \text{ dan } X = (b2/b1)$$

Algoritma CPA (Hartoko 2002)

$$C = a + b \text{ (CPA)}$$

C = konsentrasi klorofil α ($\mu\text{g/L}$), algoritma CPA (Chlorophyll Photosynthetic Activity) menggunakan band 4 dan band 2, dimana band 2 memiliki panjang gelombang 0,52-0,60 μm dan $b4$ dengan panjang gelombang 0,76-0,90 μm .

Bentuk persamaan dari konsep ini adalah: $\text{CPA} = (b4-b2)/(b4 + b2)$. Konsep algoritma CPA ini dipakai pada citra satelit SPOT dengan menggunakan kesamaan panjang gelombang pada band yang terdapat pada Landsat dan SPOT, sehingga menjadi:

$$\text{CPA} = (b3-b1)/(b3 + b1)$$

Dimana band 1 memiliki panjang gelombang 0,50-0,59 μm dan band 3 dengan panjang gelombang 0,79-0,89 μm .

Algoritma dari Wibowo et al. (1994)

$$C = 2,41 (b3/b2) + 0,187$$

C = konsentrasi klorofil α ($\mu\text{g/L}$), $b3$ merupakan nilai digital dari band 3 dan $b2$ merupakan nilai digital dari band 2.

Untuk muatan padatan tersuspensi (Total suspended Solid) band yang dipilih adalah band 1 dan 2 untuk Citra satelit Landsat dan band 1 dan band 2 untuk dengan panjang Citra satelit SPOT dengan panjang gelombang 0,68-0,59 μm dan karena sifatnya lebih sensitif dan lebih menembus pada badan air laut, artinya sangat baik digunakan untuk analisis muatan padatan tersuspensi (Total suspended Solid).

Analisis data lapangan

Analisis data lapangan merupakan penunjang bagi analisis citra satelit. Data lapangan diambil dari tiap-tiap stasiun dan jumlah stasiun yang diambil dalam penelitian ada 7 stasiun. Data lintang dan bujur terpola dengan menggunakan piranti lunak Er_ Mapper 6.4. Dalam pemetaan kontur terdapat model Kriging dan Geo statistik. Model kriging digunakan dalam prosedur interpolasi. Model geo statistik digunakan untuk pemetaan permukaan bumi melalui aplikasi statistik. Proses analisisnya terdapat perhitungan terhadap posisi yang dikaitkan dengan parameter ekosistem sehingga dapat menghubungkan garis kontur yang sama nilainya. Untuk parameter kualitas perairan diperoleh dengan mengadopsi model transformasi data Geodetic/position DMS (Degree, Minute, Second) sehingga mendapatkan nilai numerik (Hartoko 2004).

Adapun formula yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Nilai numerik (Lat: Long)} = \text{Degree} + (\text{Minute} + (\text{Second}/60)/60$$

Data lapangan yang dianalisis dalam penelitian ini adalah data hasil pengukuran dan pengamatan langsung di perairan Laguna Segara Anakan Kabupaten Cilacap yang meliputi data klorofil α , parameter fisika dan parameter biologi.

Korelasi dan regresi

Untuk melihat hubungan antara data lapangan dengan data citra satelit digunakan analisis regresi dan korelasi. Pendekatan adanya hubungan antara data yang diperoleh di lapangan dengan data yang diperoleh dari citra satelit dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

$$Y = \text{Data klorofil } \alpha \text{ lapangan}$$

$$X = \text{Data klorofil } \alpha \text{ dari citra satelit } a = \text{Konstanta}$$

$$b = \text{Koefisien regresi}$$

Untuk mengambil keputusan berdasarkan pernyataan dari Suprpto (2001) bahwa $0,0 < r < 0,3$ merupakan hubungan yang lemah. $0,3 < r < 0,5$ merupakan hubungan yang sedang (moderat). $0,5 < r < 0,7$ merupakan hubungan yang kuat. $r > 0,7$ merupakan hubungan yang sangat kuat.

Tabel 2. Karakteristik satelit penginderaan jauh pasif (Purwadhi 2001)

Satelit/sensor	Saluran/spektral (μm)	Resolusi	Lebar cakupan	Perekaman ulang
Landsat 1, 2, 3				
RBV	Band 1 0,475-0,575 Band 2 0,580-0,680 Band 3 0,690-0,890 Band 4 0,50-0,60	80 m	185 km	18 hari
MSS	Band 5 0,60- 0,70 Band 6 0,70- 0,80 Band 7 0,80- 1,10	80 m	185 km	18 hari
SPOT HRV/XS (Multispektral)	Band 1 0,50-0,60 Band 2 0,60-0,70 Band 3 0,70-0,80	20 m	60 km	26 hari
HRV/P (Pankromatik)	0,51-0,73	10 m		

Tabel 3. Dasar penentuan skoring kesesuaian perairan tambak berdasarkan parameter klorofil α , suhu permukaan air dan Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) (Widowati 2004)

Variable tergantung	Variabel bebas	Persamaan regresi
Produktivitas Primer	Klorofil α Suhu Permukaan Air Muatan Padatan Tersuspensi	$Y = 0.0477x + 0.1241$ $R_1^2 = 0.5731$ $Y = -0.0104x + 0.5$ $R_2^2 = 0.2681$ $Y = -0.0008x + 0.2195$ $R_3^2 = 0.1629$ $R_1: R_2: R_3 = 0,57: 0,27: 0,16$ $= 57 : 27 : 16$ $= 10 : 6 : 4$

Tabel 4. skoring kesesuaian perairan tambak berdasarkan parameter klorofil α , suhu permukaan air dan Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)

Parameter	Kisaran	Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (N x B)	Referensi
Klorofil α ($\mu\text{g/l}$)	< 0.2 0.2-0.7 0.71-1.70 1.71-03.50 >3.5: <10	1 2 3 4 5	10	10 20 30 40 50	Widowati 2004
Tekstur tanah		1 2 3 4 5	6	6 12 18 24 30	Cholik (1988), Setyanto (1996), Ahmad et al. (1988)
MPT (ppm)	>400 81-400 51-80 25-50 <25	1 2 3 4 5	4	4 8 12 16 20	KLH (1989), Suminto (1998)
Produktivitas primer	<0,10 0,10-0, 15 0,16-0,19 0,20-0, 25 0,26-0,30	1 2 3 4 5	10	10 20 30 40 50	Widowati (2004) Heald (1969)

Keterangan: 1 = Sangat Tidak Sesuai, 2 = Tidak Sesuai, 3 = Sesuai Bersyarat 4 = Sesuai, 5 = Sangat Sesuai, Total Skor = $\sum_{i=1}^n N \times B$

Analisis kesesuaian perairan tambak berdasarkan data citra satelit (modelling)

Dasar penentuan bobot tiap parameter terhadap kesesuaian perairan tambak adalah dari hasil analisis regresi linier antara Produktifitas Primer sebagai variabel tergantung dan parameter klorofil α , suhu permukaan air dan muatan padatan tersuspensi (MPT) sebagai variabel bebas. Nilai R^2 yang didapat dari hasil analisis regresi tersebut dikalikan 100% kemudian dibuat perbandingan

antar parameter sebagai faktor penentu tingkat kepentingannya dalam perairan (Tabel 3) (Widowati 2004).

Selanjutnya dilakukan proses skoring berdasarkan Tabel 4. Menentukan tingkat kesesuaian lahan budidaya tiap parameter seperti tertera pada Tabel 5. Arti dari setiap tingkat kesesuaian lahan budidaya dapat dilihat pada Tabel 6. Selanjutnya hasil skoring dan overlay dari tiap parameter menghasilkan peta kesesuaian perairan tambak.

Tabel 5. Skoring kesesuaian lahan tambak berdasarkan variable pH, oksigen terlarut, salinitas, nitrat dan fosfat

Variable	Kisaran	Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (NxB)	Referensi
Oksigen Terlarut (ppm) (Dirrective Factor dan Limiting Factor)	>10-<2	5	6	30	Cholik (1988), Ahmad et al. (1998), Kordi (1997), Zweig (1999), Poernomo (1989)
	2-3	4		24	
	4-5;8-10	3		18	
	5-6	2		12	
	7,0-8,0	1		6	
pH (Dirrective Factor)	<4;>9	1	4	4	Cholik (1988), Ahmad et al. (1998), Poernomo (1989)
	4-5	2		8	
	5,6-7,5	4		12	
	7,5-8,5	5		16	
Nitrat (ppm) (Limiting Factor)	0;>4,5	1	4	4	Wardoyo (1982), Poernomo (1989)
	<0,01	2		8	
	0,01-0,2	3		12	
	0,3-0,9	4		16	
	0,9-3,5	5		20	
Fosfat (ppm) (Limiting Factor)	0-0,02	1	4	4	Setyowati (1996), Suminto (1998)
	0,021-	2		8	
	0,05	3		12	
	0,051-0,1	4		16	
	0,1-0,21	5		20	
	>0,21				
Salinitas (‰) (Masking Factor)	>40	5	2	20	Cholik (1988), Ahmad et al. (1998), Kordi (1997)
	35-40	4		16	
	25-35	3		12	
	10-15	2		8	
	15-25	1		4	

Keterangan: 1 = Sangat Tidak Sesuai, 2 = Tidak Sesuai, 3 = Sesuai Bersyarat 4 = Sesuai, 5 = Sangat Sesuai Total Skor = $\sum_{i=1}^n NxB$

Tabel 6. Hasil skoring kesesuaian perairan Segara Anakan sebagai lahan budidaya dan analisis kualitas air

Total skor*	Tingkat kesesuaian**	Kualitas perairan tambak***
81-100	Sangat Sesuai (S1)	Potensial, tidak mempunyai factor penghambat
65-80	Sesuai (S2)	Memenuhi persyaratan minimal
41-64	Sesuai Bersyarat (S3)	Mempunyai faktor pembatas, perlu perlakuan khusus
21-40	Tidak Sesuai (TS1)	Diperlakukan biaya yang tinggi agar dapat memenuhi persyaratan minimal
<20	Sangat Tidak Sesuai (TS2)	Sangat ulit diupayakan agar dapat memenuhi persyaratan minimal

Keterangan*: Hasil penelitian Widowati (2004), **: Permen PU No. 41/PRT/M/2007, ***: Suwargana (2001)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesesuaian Perairan Segara Anakan sebagai lahan budidaya kerang berdasarkan overlay faktor kimia (pH, oksigen terlarut dan salinitas)

Secara umum hasil skoring data lapangan memberikan data bahwa pada stasiun 1, 2 dan 6 mempunyai tingkat kesesuaian perairan Sesuai Bersyarat (Gambar 3). Skoring kesesuaian perairan menurut Suwargama (2001) Sesuai Bersyarat berarti perairan tersebut memenuhi persyaratan minimal tetapi perlu perlakuan khusus, karena kisaran pH, salinitas dan DO pada stasiun 1, 2 dan 6 masih baik dan cukup layak bagi budidaya kerang. Hal ini dikarenakan letak stasiun 1 dan 2 yang dekat sekali dengan samudera Hindia sehingga salinitasnya terlalu tinggi untuk budidaya kerang totok. Untuk stasiun 6 kandungan oksigen terlarutnya pada perairan tersebut merupakan batas minimal untuk kerang dapat tumbuh dan bereproduksi sehingga kurang sesuai jika stasiun tersebut dijadikan lahan budidaya kerang totok. Sedangkan pada stasiun 3 hasil skoring memberikan nilai Sesuai; Skoring kesesuaian perairan menurut Suwargama (2001) Sesuai berarti perairan tersebut memenuhi persyaratan minimal untuk dijadikan lahan budidaya, hal ini karena pada stasiun 3 mempunyai kisaran salinitas, pH, oksigen terlarut yang sesuai sehingga kelimpahan dan keragaman planktonnya (diatom) tertinggi, sehingga sesuai untuk dijadikan lahan budidaya kerang mengingat makanan kerang totok makanannya berupa diatom dan karena sifat kerang filter feeder dan suspension filter feeder. Sedangkan untuk stasiun 1, 2 dan 6 didapatkan keadaan yang kurang baik yaitu Sesuai Bersyarat Skoring kesesuaian perairan tambak Suwargama (2001) Sesuai bersyarat berarti perairan tersebut mempunyai faktor pembatas dan diperlukan suatu perlakuan khusus. Hal ini dikarenakan letak stasiun 1 dan 2 yang dekat sekali dengan samudera Hindia sehingga salinitasnya terlalu tinggi untuk budidaya kerang totok. Untuk stasiun 6 kandungan oksigen terlarutnya pada perairan tersebut merupakan batas minimal sehingga mengakibatkan kerang tidak dapat tumbuh dan bereproduksi sehingga kurang sesuai jika stasiun tersebut dijadikan lahan budidaya kerang totok.

Kesesuaian perairan Segara Anakan sebagai lahan budidaya kerang berdasarkan overlay faktor biologi (suhu, klorofil α dan produktifitas primer)

Dari peta kesesuaian perairan Segara Anakan hasil overlay parameter biologi dengan variabel produktifitas primer, kelimpahan fitoplankton dan klorofil α didapatkan pada stasiun 3 dan stasiun 5 Sesuai (Gambar 4); Skoring kesesuaian perairan menurut Suwargama (2001) Sesuai berarti perairan tersebut memenuhi persyaratan minimal untuk dijadikan lahan budidaya. Hal tersebut dikarenakan pada stasiun 3 dan 5 mempunyai kandungan produktifitas primer dan klorofil α tertinggi dibandingkan dengan stasiun-stasiun lain, serta kelimpahan fitoplankton dimana diatom sebagai pakan dari kerang totok yang paling mendominasi. Sehingga perairan pada stasiun 3 dan stasiun 5 berdasarkan parameter biologi layak atau dapat digunakan sebagai lahan budidaya kerang totok.

Untuk stasiun 1, 2, 4, 6 dan 7 mempunyai kandungan produktifitas primer yang sangat kurang juga kandungan klorofil α , hal ini karena pada waktu penelitian cuaca pada perairan tersebut memasuki musim penghujan sehingga perairan tersebut bersifat oligotropik sehingga kelimpahan fitoplankton menurun dan Skoring kesesuaian perairan menurut Suwargama (2001) Tidak Sesuai yang berarti perlu biaya tinggi agar dapat memenuhi persyaratan minimal. Berikut peta kesesuaian overlay parameter biologi.

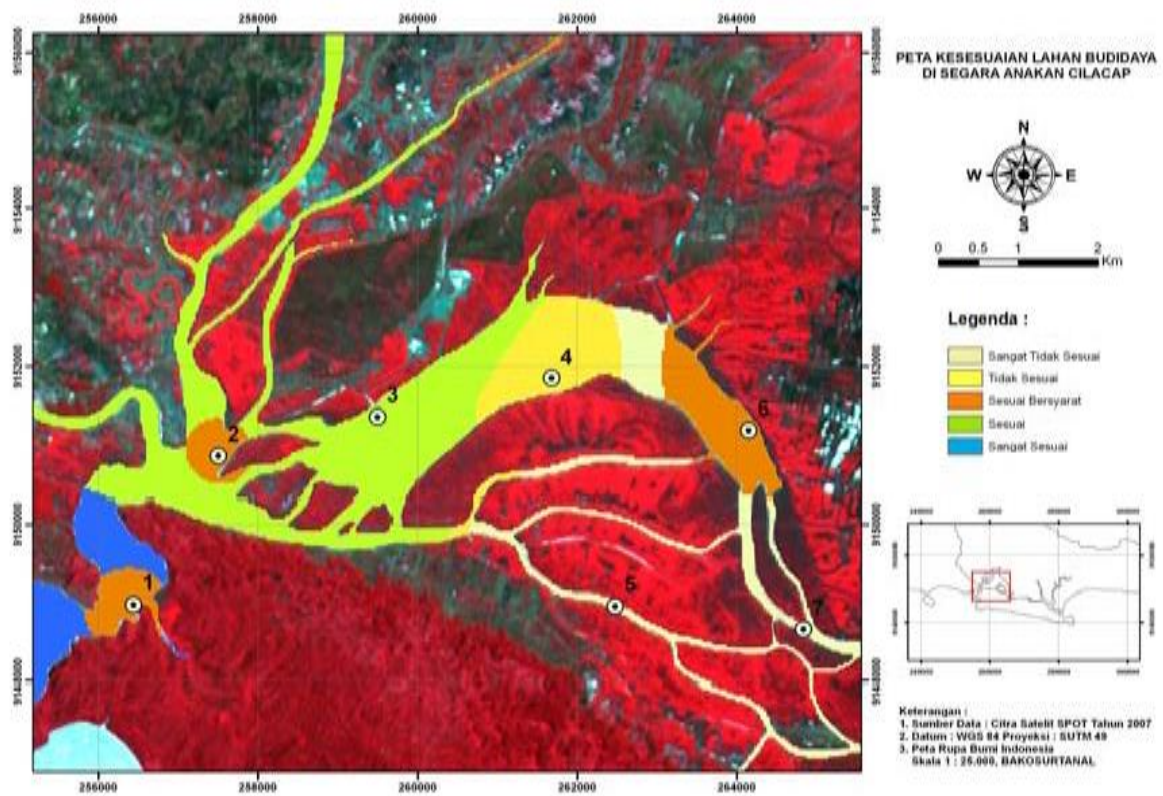
Kesesuaian perairan Segara Anakan sebagai lahan budidaya kerang overlay berdasarkan faktor fisika (suhu, mpt dan tekstur tanah)

Secara umum hasil skoring data lapangan memberikan hasil bahwa pada stasiun 1 mempunyai tingkat kesesuaian perairan Sangat Sesuai (Gambar 5); Skoring kesesuaian perairan menurut Suwargama (2001) Sangat Sesuai berarti perairan tersebut potensial dan tidak mempunyai faktor penghambat Hal ini dikarenakan kisaran suhu, MPT dan digunakan sebagai lahan budidaya khususnya kerang totok yang banyak terdapat di perairan Segara Anakan. Selain itu letak dari stasiun 1 yang dekat dengan samudera hindia yang mengakibatkan kandungan MPTnya lebih tinggi dari stasiun-stasiun lain dan tekstur tanahnya pasir yang mendominasi.

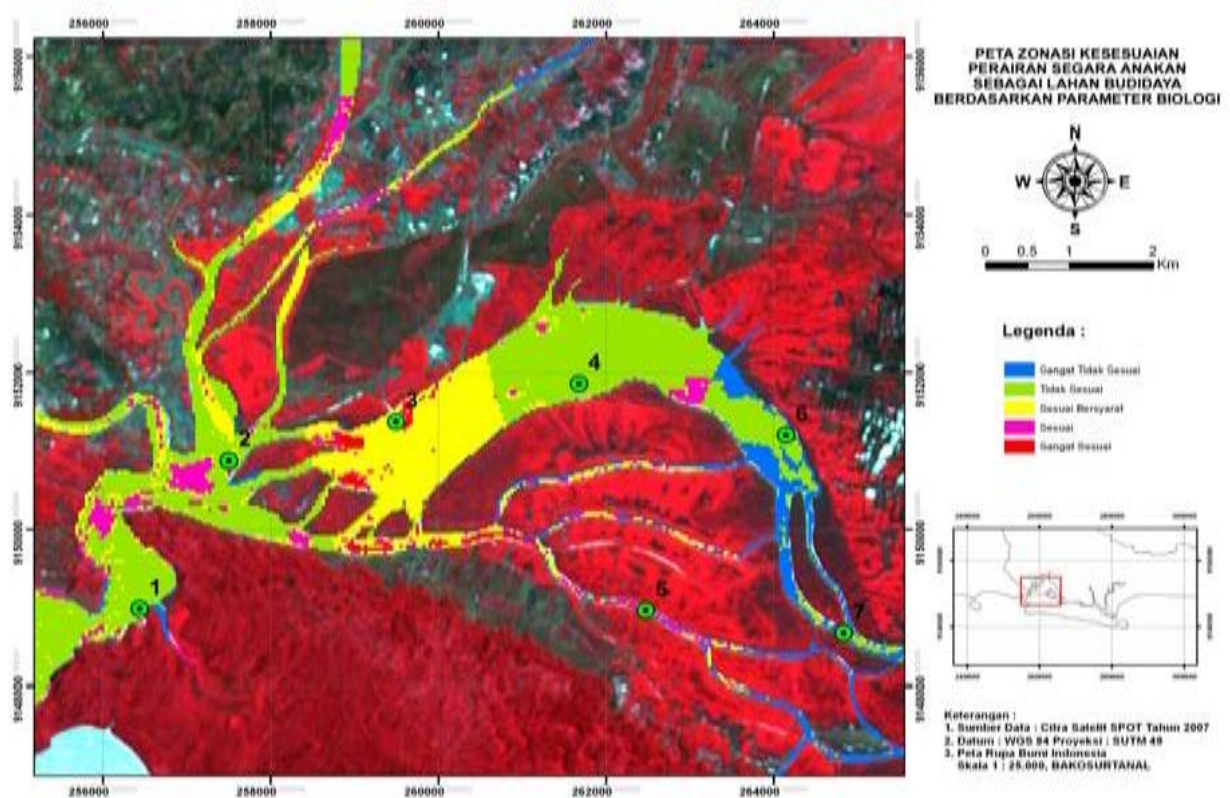
Tingkat kesesuaian perairan pada stasiun 3 yaitu Sesuai Bersyarat, menurut Suwargama (2001) Skoring kesesuaian perairan Sesuai Bersyarat berarti perairan tersebut mempunyai faktor pembatas dan perlu perlakuan khusus. Pada stasiun 3 tekstur tanah yang kurang sesuai untuk hidup kerang karena kerang menyukai pasir sebagai tekstur dasarnya untuk hidup tetapi pada stasiun 3 liat lebih mendominasi dibandingkan pasir, hal ini dimungkinkan karena sedimentasi pada stasiun ini belum terlalu tinggi dibandingkan dengan stasiun 5, 6 dan 7 dimana liat dan debu yang paling tinggi mendominasi. Untuk stasiun 2, 4, 5, 6 dan 7 kandungan MPTnya sangat tinggi sehingga kurang produktif untuk perikanan dan tekstur dasar perairan liat dan debu yang paling mendominasi.

Zonasi kesesuaian perairan Segara Anakan sebagai lahan budidaya kerang berdasarkan parameter fisika, kimia dan biologi

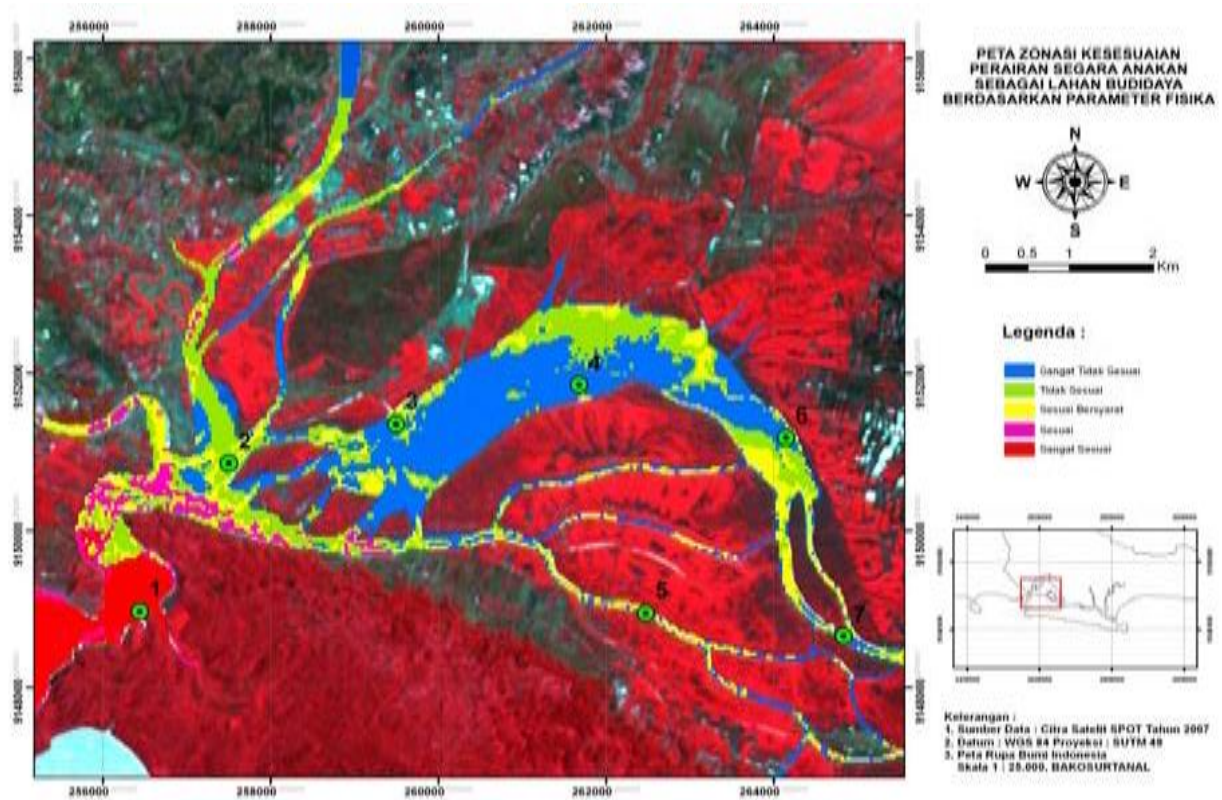
Berdasarkan skoring dari tiga faktor yaitu fisika, kimia dan biologi dengan sembilan variabel memberikan hasil bahwa daerah perairan yang mempunyai tingkat kesesuaian Sesuai (Gambar 6) pada perairan Segara Anakan tidak ada hal tersebut karena penelitian dilakukan pada bulan Juni dimana pada bulan tersebut sedang mengalami musim penghujan sehingga perairan bersifat oligotropik. Perairan oligotropik adalah perairan dengan tingkat kesuburan yang kurang tetapi masih bisa digunakan untuk budidaya dengan perlakuan-perlakuan khusus, adapun tanda perairan tersebut bersifat oligotropik dengan tingkat produktifitas primernya $<100 \mu\text{g/L}$ menurut Findenegg (1965) dan menurut Vollenweider (1968) tingkat produktifitas primernya $0-136 \mu\text{g/L}$. Sedangkan berdasarkan skoring memberikan hasil bahwa daerah perairan yang mempunyai tingkat kesesuaian Sesuai Bersyarat yaitu pada stasiun 3



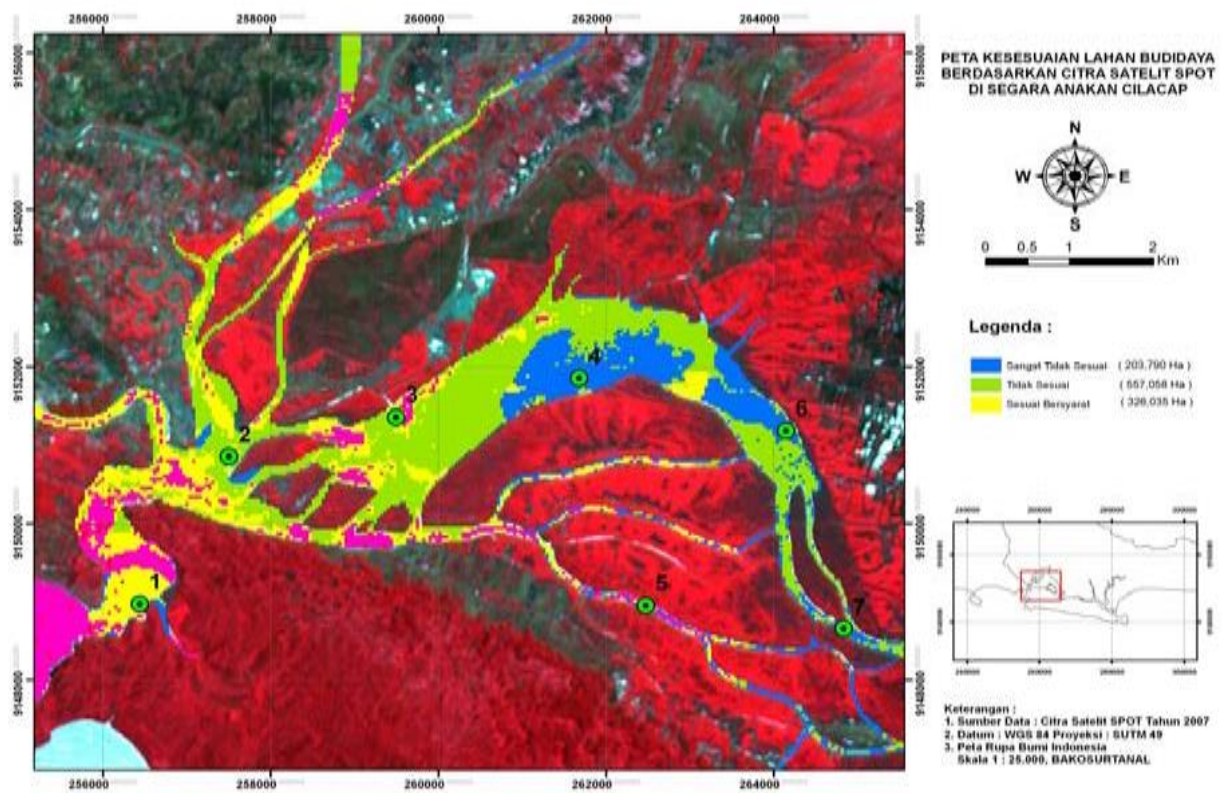
Gambar 3. Peta nilai kelas perairan Segara Anakan berdasarkan overlay faktor kimia (pH, oksigen terlarut dan salinitas)



Gambar 4. Peta kesesuaian perairan Segara Anakan berdasarkan sebagai lahan budidaya kerang totok berdasarkan overlay faktor biologi (produktifitas primer, kelimpahan fitoplankton dan klorofil α)



Gambar 5. Peta kesesuaian perairan Segara Anakan sebagai berdasarkan overlay faktor fisika (suhu, kelimpahan fitoplankton dan tekstur tanah)



Gambar 6. Peta zonasi kesesuaian perairan Segara Anakan sebagai lahan budidaya kerang totok berdasarkan faktor fisika, kimia dan biologi.

dan 5, menurut Suwargana (2001) berarti perairan tersebut mempunyai faktor pembatas dan perlu perlakuan khusus. Pada stasiun 3 dan 5 yang tekstur tanah yang perlu mendapat perhatian khusus karena tekstur tanah pada stasin tersebut didominasi oleh liat berlumpur, dimana kerang totok dapat hidup dan berkembang dengan baik pada tekstur tanah yang berpasir. Tekstur tanah pada kedua stasiun tersebut sudah terkena dampak sedimentasi yang terjadi pada perairan Segara Anakan sehingga perlu dilakukan usaha untuk memperbaiki kondisi tersebut. Untuk stasiun 1, 2, 4, 6 dan 7 berdasarkan peta kesesuaian dan skoring memberikan hasil bahwa daerah perairan tersebut yang mempunyai tingkat kesesuaian Tidak Sesuai menurut Suwargana (2001) berarti diperlukan biaya yang tinggi agar dapat memenuhi persyaratan minimal.

Dari peta zonasi kesesuaian didapatkan luasan lahan sebagai kawasan atau daerah budidaya kerang totok di perairan Segara Anakan dengan tingkat kesesuaian Sesuai Bersyarat yaitu 326,035039 ha, untuk tingkat kesesuaian tidak sesuai luasan lahannya yaitu 557,057573ha dan untuk tingkat kesesuaian Sangat Tidak Sesuai luasan lahannya yaitu 203,790603ha.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa: (i) Kawasan perairan Segara Anakan berdasarkan skoring dan tingkat kesesuaian pada stasiun 1 dan 3 Sesuai Bersyarat untuk dijadikan daerah atau lahan budidaya kerang totok. Adapun luasan untuk tingkat kesesuaian Sesuai bersyarat yaitu 326,035039 ha. Dan untuk stasiun 1, 2, 4, 5, 6 dan 7 menurut skoring tingkat kesesuaian Tidak Sesuai untuk dijadikan kawasan atau daerah budidaya kerang totok, adapun luasannya yaitu 557,057573ha. (ii) Secara umum hasil skoring data lapangan overlay faktor kimia memberikan data bahwa pada stasiun 1, 2 dan 6 mempunyai tingkat kesesuaian perairan Sesuai Bersyarat, Untuk hasil skoring data lapangan faktor fisika memberikan hasil bahwa pada stasiun 1 mempunyai tingkat kesesuaian perairan Sangat Sesuai. Dari peta kesesuaian perairan Segara Anakan hasil overlay parameter biologi didapatkan pada stasiun 3 dan stasiun 5 Sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto E, Liviawaty E. 1991. Pengawetan dan Pengolahan Ikan. Kanisius, Yogyakarta.
- Ahmad T, Ratnawati E, Yakob MJR. 1998. Budidaya Bandeng secara Intensif. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Anggoro S. 1983. Permasalahan Kesuburan Perairan bagi Peningkatan Produksi Ikan di Tambak. Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Bakosurtanal. 1999. Peta Rupa Bumi Indonesia Segara Anakan Kabupaten Cilacap terbitan Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) tahun 1999 skala 1 : 25.000. Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Bogor.
- BPKSA. 2006. Laporan Monitoring dan Evaluasi Kawasan Segara Anakan. Badan Pengelola Kawasan Segara Anakan, Cilacap.
- Carolita, I., B. Hasyim, D. Dirgahayu, S. Irwan, H. Noviar, I.W. Bagja dan Y. Noulita. 1999. Analisis Kualitas Air di Sekitar perairan Surabaya Menggunakan Data Landsat-TM. Majalah Lapan Edisi Penginderaan Jauh 1 (1): 10-19.
- Cholik, F. 1988. Pengaruh Mutu air Terhadap Produksi Udang Tambak. Seminar Satu Hari. BPPT, Jakarta.
- Danoedoro P. 1996. Pengolahan Citra Digital. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Dimiyati RD, Dimiyati M. 1998. Remote Sensing Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Perencanaan. Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.
- Dinhidros. 2003. Peta navigasi (batimetri) skala 1: 100.000. Dinas Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut, Jakarta.
- Hartoko A. 2002. Aplikasi Teknologi Inderaja untuk Pemetaan Sumberdaya Hayati Laut Tropis Indone, sia. Suatu Pengembangan Pemetaan Dinamis dan Terpadu Parameter Ekosistem Ikan Pelagis Besar di Perairan Dalam. Universitas Diponegoro. Semarang. 53 hlm.
- Hartoko A. 2004. Development of Digital Multilayer Ecological Model For Padang Coastal Water (West Sumatra). Coastal Development. Universitas Diponegoro. Semarang. 129-136 hlm.
- Heald EJ. 1969. The production of organic detritus in a South Florida estuary. [Dissertation]. Univ. of Miami, Florida.
- KLH. 1988. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Koesoebiono. 1980. Diktat Kuliah Biologi Laut. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kordi, 1997. Budidaya Air Payau. Dahara Prize. Semarang.
- Lapan. 2007. Citra satelit SPOT Digital Product Kawasan Laguna Segara Anakan tahun 2007 (Maret). Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jakarta.
- Pentury R. 1997. Algoritma Pendugaan Konsentrasi Klorofil di Teluk Ambon menggunakan Citra Landsat. Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Peraturan Menteri PU No. 41/PRT/M/2007 tentang Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budi Daya
- Poernomo A. 1989. Faktor lingkungan dominan pada budidaya udang intensif. Dalam: Bittner A. (ed.), Budidaya Air. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Purwadhwi FSH. 2001. Interpretasi Citra Digital. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.
- Setyawati DI. 1996. Korelasi Kandungan Fosfat, MPT dan Kecerahan Terhadap Kandungan Klorofil Fitoplankton Sebagai Indikator Produktifitas Primer Di Perairan Tanjung Piring, Jepara. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Undip. Semarang.
- Suminto. 1998. Kualitas Perairan dan Potensi Waduk Wonogiri. Skripsi. Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Undip. Semarang.
- Suprpto J. 2001. Statistik Dua Teori dan Aplikasi. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Suwargana. 2001. Analisis Kesesuaian Lahan Tambak Konvensional Melalui Uji Kualitas Lahan dan Produksi dengan Bantuan Data Penginderaan Jauh dan SIC. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wardoyo. 1982. Kriteria kualitas Air Untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan. Analisis Dampak Lingkungan. PPLH Pusat Studi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan Hidup IPB, Bogor.
- Wibowo A, Sumartono B, Setyantini WH. 1994. The application of satellite data improvement site selection and monitoring shrimp pond culture case study on Cirebon, Lampung, Jambi, and Jepara Coasts. In Remote Sensing and Geographic Information System. BPPT. Jakarta.
- Widowati, L. L. 2004. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Di Kabupaten Demak Ditinjau Dari Aspek Produktifitas Primer Menggunakan Penginderaan Jauh. Tesis. Program Pasca Sarjana. Undip. Semarang.
- Winarno K, Setyawan AD. 2003. Citanduy river diversion, advantages and disadvantages plan to conserve mangrove ecosystem in Segara Anakan. Biodiversitas 4 (1): 63-72.
- Zweig RD. 1999. Source Water Quality for Aquaculture: A guide for Assessment. World Bank, Washington, DC.