



TRITON

JURNAL MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Volume 5, Nomor 1, April 2009

VALUASI EKONOMI WISATA SANTAI BEACH DAN PENGARUHNYA DI
DESA LATUHALAT KECAMATAN NUSANIWE

STRUKTUR MORFOLOGIS KEPITING BAKAU (*Scylla paramamosain*)

PENGENDALIAN CACING POLIKAETA
PADA ANAKAN TIRAM MUTIARA
DENGAN PERENDAMAN DALAM SALINITAS YANG BERBEDA

TINGKAH LAKU PERGERAKAN GASTROPODA *Littorina scabra*
PADA POHON MANGROVE *Sonneratia alba* DI PERAIRAN
PANTAI TAWIRI, PULAU AMBON

SEBARAN NITRAT DAN FOSFAT PADA MASSA AIR PERMUKAAN
SELAMA BULAN MEI 2008 DI TELUK AMBON BAGIAN DALAM

APLIKASI TEKNOLOGI REMOTE SENSING SATELIT DAN SIG
UNTUK MEMETAKAN KLOOROFIL-a FITOPLANKTON
(*Suatu Kajian Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan*)

KAROTENOID, PIGMEN PENCERAH WARNA IKAN KARANG

EKSISTENSI SASI LAUT DALAM PENGELOLAAN PERIKANAN
BERKELANJUTAN BERBASIS KOMUNITAS LOKAL DI MALUKU

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS PATTIMURA
AMBON

TRITON

Vol. 5

No. 1

Hlm. 1-71

Ambon, April 2009

ISSN 1693-6493

APLIKASI TEKNOLOGI REMOTE SENSING SATELIT DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) UNTUK MEMETAKAN KLOROFIL-a FITOPLANKTON

(Suatu Kajian Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan)

*Applications of Remote Sensing Technology and Geographic
Information System to Mapping the Chlorophyll-a of Phytoplankton
(Study of the Usage of Fisheries and Marine Resources)*

Daniel Louhenapessy¹⁾ dan H.J.D. Waas²⁾

¹⁾Mahasiswa Magister Biologi Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Jawa Tengah

²⁾Dosen Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Universitas Pattimura

ABSTRACT: High population growth may cause concern toward the over usage of fish resources to meet the need of people. Fish culture and catching on the sea are the activities to increase fish production. Therefore a system that can produce a quick and accurate data is needed in order to support the activities. The system is based on satellite to detect potential fishing area through long distance observation. Fish in the sea is affected by environmental conditions, among others is the presence of phytoplankton with their chlorophyll-a in the water. Remote sensing system can detect the presence of chlorophyll-a in the water as an indicator of fish abundance, both pelagic and demersal. Results from the system then will be mapping using Geographic Information System (GIS) and thus can be used by many people particularly fishers to improve their catching and their income.

Keywords: Remote Sensing, GIS, Chlorophyll-a

PENDAHULUAN

Produktivitas perairan tergolong tinggi apabila perairan tersebut mampu menghasilkan bahan-bahan organik dari bahan-bahan anorganik. Peristiwa ini terjadi melalui proses fotosintesa yang dilakukan oleh fitoplankton. Fitoplankton adalah tumbuhan air berukuran sangat kecil, terdiri dari sejumlah kelas yang berbeda (Hutabarat & Evans, 1985). Fitoplankton memiliki peranan yang penting karena merupakan produsen utama (*primary producer*) zat-zat organik. Seperti tumbuh-tumbuhan hijau yang lain, fitoplankton membuat ikatan-ikatan organik yang kompleks dari bahan anorganik yang sederhana. Proses fotosintesa membutuhkan energi matahari yang diabsorpsi oleh klorofil (pigmen hijau pada tumbuh-tumbuhan), untuk membantu kelangsungan reaksi kimia. Dengan kata

lain, klorofil merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kesuburan perairan laut. Ada tiga jenis klorofil yang dikenal, yaitu klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil-c. Disamping itu ada juga beberapa jenis pigmen fotosintesa lain seperti karoten dan xantofil. Dari pigmen-pigmen tersebut klorofil-a merupakan pigmen yang paling umum pada fitoplankton, sehingga merupakan pigmen penting dalam proses fotosintesa (Parson *et al.*, 1984).

Kecepatan pembentukan bahan organik pada proses fotosintesa dalam satu luasan atau volume tertentu di perairan, disebut produktivitas primer perairan. Konsentrasi klorofil-a sebagai penduga produktivitas primer haruslah mempunyai hubungan kuantitatif, namun untuk itu diperlukan banyak data, sehingga sering menjadi kendala. Sebenarnya hubungan keduanya dapat dianggap sebagai suatu kebenaran melalui proses rantai makanan. Konsentrasi klorofil-a yang terkandung dalam fitoplankton nantinya akan dikonsumsi oleh organisme laut pada tingkat rantai makanan yang lebih tinggi, yang memungkinkan pendugaan produktivitas ikan di suatu perairan laut.

Untuk kegiatan budidaya, informasi tersebut dapat dipakai untuk mengetahui daerah budidaya ikan dan non ikan yang berkualitas, sedangkan untuk kegiatan penangkapan, informasi tersebut dapat berguna bagi nelayan, khususnya nelayan tangkap, untuk mempermudah proses penentuan daerah penangkapan ikan, sehingga menghemat waktu dan bahan bakar.

Klorofil-a yang terkandung dalam fitoplankton dapat dideteksi menggunakan sensor satelit. Sedangkan pemanfaatannya untuk kegiatan budidaya, identifikasi daerah penangkapan spesies ikan tertentu, dan peruntukan lainnya, dapat ditentukan menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Interaksi kedua sistem tersebut dalam bidang perikanan dewasa ini telah banyak digunakan dan telah terbukti keberhasilannya. Teknologi remote sensing memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah harga data yang murah dan mudah diakses, cakupan areal luas, resolusi temporal tinggi dan bentuk data digital, sehingga merupakan sumber data SIG yang potensial. SIG didefinisikan sebagai suatu kesatuan formal yang terdiri dari berbagai sumberdaya fisik dan logika yang berhubungan dengan objek-objek yang terdapat dipermukaan bumi (Prahasta, 2005).

PEMBAHASAN

Penginderaan Jauh

Penginderaan jarak jauh atau yang sering disingkat sebagai inderaja (*remote sensing*) telah berkembang pesat di Indonesia. Secara umum inderaja didefinisikan sebagai suatu metode atau teknik pengamatan/pengukuran suatu objek atau fenomena, dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan objek atau fenomena yang diamati. Penerapan metode ini telah dilakukan pada berbagai bidang ilmu termasuk perikanan dan kelautan, khususnya dalam menduga potensi sumberdaya perikanan dan kelautan (Tabel 1). Inderaja kelautan terbukti membantu berbagai penelitian kelautan dan dinamika sumberdaya alam yang terkandung di dalamnya. Pada dasarnya aplikasi inderaja untuk kelautan dapat dibedakan atas tiga yaitu untuk: oseanografi fisika, sumberdaya alam laut dan pengamatan perlindungan wilayah pesisir.

Tabel 1. Parameter kelautan yang dapat dideteksi/dipelajari dengan indera (Susilo, 1998)

Paramater dan turunannya	Daerah spektral
Suhu Permukaan Laut:	Inframerah dan gelombang mikro
- Front	
- Upwelling	
- Radiation/heat budget	
- Arus	
- Daerah penangkapan ikan	
- Cuaca/iklim	
- Dinamika karbon di laut	
- Pencemaran minyak	
- Pencemaran panas	
Batimetri (kedalaman air)	Sinar tampak
Warna air laut:	Sinar tampak
- Klorofil (fitoplankton)	
- Produktivitas primer	
- Produktivitas ikan	
- Kondisi terumbu karang	
- Dinamika karbon di laut	
- Pencemaran minyak	
- Pencemaran bahan sedimen	
Arus laut	Gelombang mikro
Salinitas	Gelombang mikro
Geoid	Gelombang mikro
Pasang surut	Gelombang mikro dan inframerah
Gumpalan es di kutub	Sinar tampak dan Gelombang mikro
Kekasaran permukaan laut:	Gelombang mikro
- Angin permukaan	
- Gerombolan ikan pelagis	
Gelombang laut	Gelombang mikro
Tinggi permukaan laut (topografi laut)	Gelombang mikro
Vegetasi pantai: mangrove, lamun	Sinar tampak dan inframerah
Garis pantai	Sinar tampak dan inframerah

Berbagai jenis sensor satelit telah dikembangkan untuk mendeteksi berbagai parameter kelautan penting dari proses-proses kelautan baik fisik, kimia dan biologi. Misalnya sensor *Coastal Zone Color Scanner (CZCM)*, yang diluncurkan ke angkasa pada tahun 1978, adalah sensor yang khusus dibuat untuk tujuan penelitian kelautan. Secara umum indera warna air laut atau *ocean color* merupakan indera yang memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik (GEM) yang dipantulkan dari bawah permukaan air laut (Hovis *et al.*, 1980). Radiasi tersebut berada dalam spektrum sinar tampak (400-700 nm), karena secara alamiah mampu menembus permukaan air. Radiasi pantulan ini mengandung informasi sifat optik/biooptik air laut yang diakibatkan oleh adanya bahan tersuspensi dan terlarut pada air laut (Gordon & Morel, 1983). Bahan-bahan tersebut menyebabkan perubahan warna air laut. Pada umumnya fitoplankton, bahan-bahan sedimen anorganik dan hancuran organisme laut menjadi bahan utama yang mempengaruhi *ocean color*. Sifat optik dan biooptik objek merupakan sifat interaksi antara objek dan GEM. Interaksi objek dengan GEM dapat dibedakan atas lima kategori, yaitu: 1) sifat penyerapan atau *absorption*, 2) sifat pemencaran atau *scattering*, 3) sifat pemantulan atau *reflection* atau *back*

scattering, 4) sifat penerusan atau *transmission*, dan 5) sifat pemencaran kembali atau *emission*. Sifat pemantulan merupakan sifat yang penting dalam indera warna air laut, karena GEM yang dipantulkan inilah yang dideteksi oleh sensor satelit dan digunakan untuk mengukur sifat objek yang diteliti. Spesifikasi beberapa wahana dan sensor yang diaplikasikan untuk studi parameter *ocean color* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi beberapa wahana dan sensor yang diaplikasikan untuk studi parameter *ocean color*

Jenis Wahana	Nama	Observasi Sensor		
		Nama Sensor	Kisaran Band	Resolusi
Satelit	Landsat-5 (<i>Land Satellite</i>) (1984)	<i>Multispektral Scanner Sistem (MSS)</i>	0.5 – 0.6 μm	80 m
			0.6 – 0.7	
			0.7 – 0.8	
			0.9 – 1.1	
		<i>Thematic Mapper (TM)</i>	0.45 – 0.52 μm	30 m
			0.52 – 0.60	
			0.63 – 0.69	
			0.75 – 0.90	
			1.55 – 1.75	
			2.08 – 2.35	
Satelit	<i>Marine Observation Satellite (MOS-1/1b)</i> (1987/1990)	<i>Visible-Near IR Radiometer (MESSR)</i>	0.51 – 0.59 μm	50 m
			0.61 – 0.69	
			0.72 – 0.80	
			0.80 – 1.10	
Satelit	<i>Earth Observational Satellite-AM (EOS-AM)</i> (1998)	<i>Moderate Resolution Imaging Spektroradiometer-Nadir (MODIS-N)</i>	0.659 – 0.860 μm	250 m
			0.470 – 2.130	500 m
		<i>Spektroradiometer-Nadir (MODIS-N)</i>	0.415 – 0.865	1000 m
			0.905 – 0.940	1000 m
			3.750 – 14.24	1000 m
Satelit	<i>Sea Star OrbView-2 Satellite</i> (1997)	<i>Sea-viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS)</i>	402 – 422	188 m
			433 – 453	
		<i>Ocean Color and Temperature Surface (OCTS)</i>	480 – 500	
			500 – 520	
			<i>Moderate Resolution Imaging Spektroradiometer (MODIS)</i>	545 – 565
			660 – 680	

Pada prinsipnya, sensor indera kelautan dapat dibedakan atas enam golongan sesuai dengan fungsi dan daerah spektral yang digunakan, yaitu:

1. *Altrimeter*

Alat ini adalah radar (*Radio Detection and Ranging*) gelombang mikro yang dapat digunakan untuk mengukur jarak vertikal antara permukaan bumi dengan wahana antariksa (satelit atau pesawat terbang). Pengukuran ini dapat menghasilkan topografi dan kekasaran permukaan laut sehingga dapat menduga geoid laut, arus permukaan, dan ketinggian gelombang.

2. *Scatterometer*

Alat ini adalah radar gelombang mikro yang dapat mengukur kekasaran permukaan laut pada cakupan yang luas di sebelah kiri dan kanan wahana

antariksa. Pengukuran dengan alat ini menghasilkan amplitudo gelombang pendek permukaan yang sebanding dengan angin permukaan, sehingga dapat menduga kecepatan angin yang bertiup pada permukaan laut.

3. *Microwave Scanner*

Alat ini adalah radiometer yang mengukur intensitas radiasi yang dikeluarkan oleh laut pada panjang gelombang mikro. Pengukuran dengan alat ini dapat menghasilkan pendugaan kecepatan angin permukaan, uap air, tingkat hujan, suhu permukaan laut (SPL), dan penutupan es di kutub.

4. *Synthetic Aperture Radar (SAR)*

Alat ini adalah radar gelombang mikro yang secara elektronik mensintesa sebuah antena dan menghasilkan citra (image) bersolusi tinggi. Pengukuran dengan alat ini dapat menghasilkan dugaan kondisi gelombang laut, gelombang bawah permukaan (*Internal Wave*), hujan, batas-batas arus, dan lainnya. Pada perkembangan terakhir alat ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi gerombolan ikan tuna yang berada pada permukaan laut.

5. *Color Scanner*

Alat ini adalah radiometer yang mengukur intensitas radiasi yang dipantulkan (dipancarkan kembali) oleh laut pada daerah spektral sinar tampak dan inframerah dekat. Pengukuran dengan menggunakan alat ini menghasilkan citra warna air laut, yang dapat menduga kandungan klorofil-a permukaan laut dan kandungan sedimen di kolom air laut permukaan.

6. *Infrared Scanner*

Alat ini adalah radiometer yang mengukur radiasi yang dikeluarkan oleh permukaan laut pada daerah spektral sinar inframerah. Pengukuran dengan menggunakan alat ini terutama menghasilkan dugaan suhu permukaan laut, yang selanjutnya dapat digunakan untuk meneliti berbagai proses di laut yang diindikasikan oleh suhu permukaan laut.

Data citra satelit yang telah diperoleh perlu dikoreksi, meliputi: koreksi radiometrik, geometrik dan atmosferik, untuk mengeliminasi kesalahan yang terdapat pada posisi objek, perbedaan waktu pengambilan data, dan pengaruh atmosfer. Pada koreksi radiometrik, kesalahan yang berkaitan dengan proses perekaman dapat dikelompokkan atas kesalahan sistematis, yang telah diperhitungkan sebelumnya (pengaruh sudut pandang dan kesalahan non sistematis), akibat faktor-faktor tidak pasti seperti pengaruh atmosfer. Salah satu metode yang digunakan dalam koreksi radiometrik adalah metode penyesuaian histogram. Prosedur ini didasarkan atas asumsi bahwa data pada tiap saluran dengan panjang gelombang yang lebih besar, cenderung lebih kecil pengaruh atmosfernya. Jika nilai minimum dari histogram seluruh pixel lebih besar dari nol, maka nilai minimum pada histogram dianggap sebagai pengaruh atmosfer. Pengaruh atmosfer dapat dikalibrasi dengan melakukan transformasi kepada citra dengan vormula sebagai berikut:

$$DN_t = DN_a - B$$

Keterangan:

- DN_t = Nilai digital data suatu pixel yang telah dikoreksi
- DN_a = Nilai digital data suatu pixel yang belum dikoreksi
- B = Nilai bias (nilai minimum yang diperoleh dari histogram)

Bila penampakan citra asli berada pada posisi yang salah terhadap peta referensi yang memiliki posisi sebenarnya di permukaan bumi, maka perlu dilakukan koreksi geometrik. Koreksi geometrik yang sederhana adalah dengan menentukan minimal dua titik ikat medan yang menonjol pada peta citra satelit yang akan dikoreksi pada tiap tanggal. Selanjutnya ditentukan nilai kolom dan baris (x,y) dari dua titik ikat medan tersebut, yang diikuti oleh penentuan sebuah tanggal citra standard, sebagai acuan untuk mengoreksi geometrik tanggal citra yang lain. Penambahan atau pengurangan sejumlah pixel pada kolom dan baris dari citra yang akan dikoreksi, memiliki nomor kolom dan baris yang sama dengan citra standard. Hasil yang diperoleh adalah berupa penambahan atau pengurangan pixel suatu kolom dan baris. Berdasarkan hasil tersebut, semua citra yang dikoreksi harus dikurangi atau ditambahi dengan sejumlah pixel kolom dan baris.

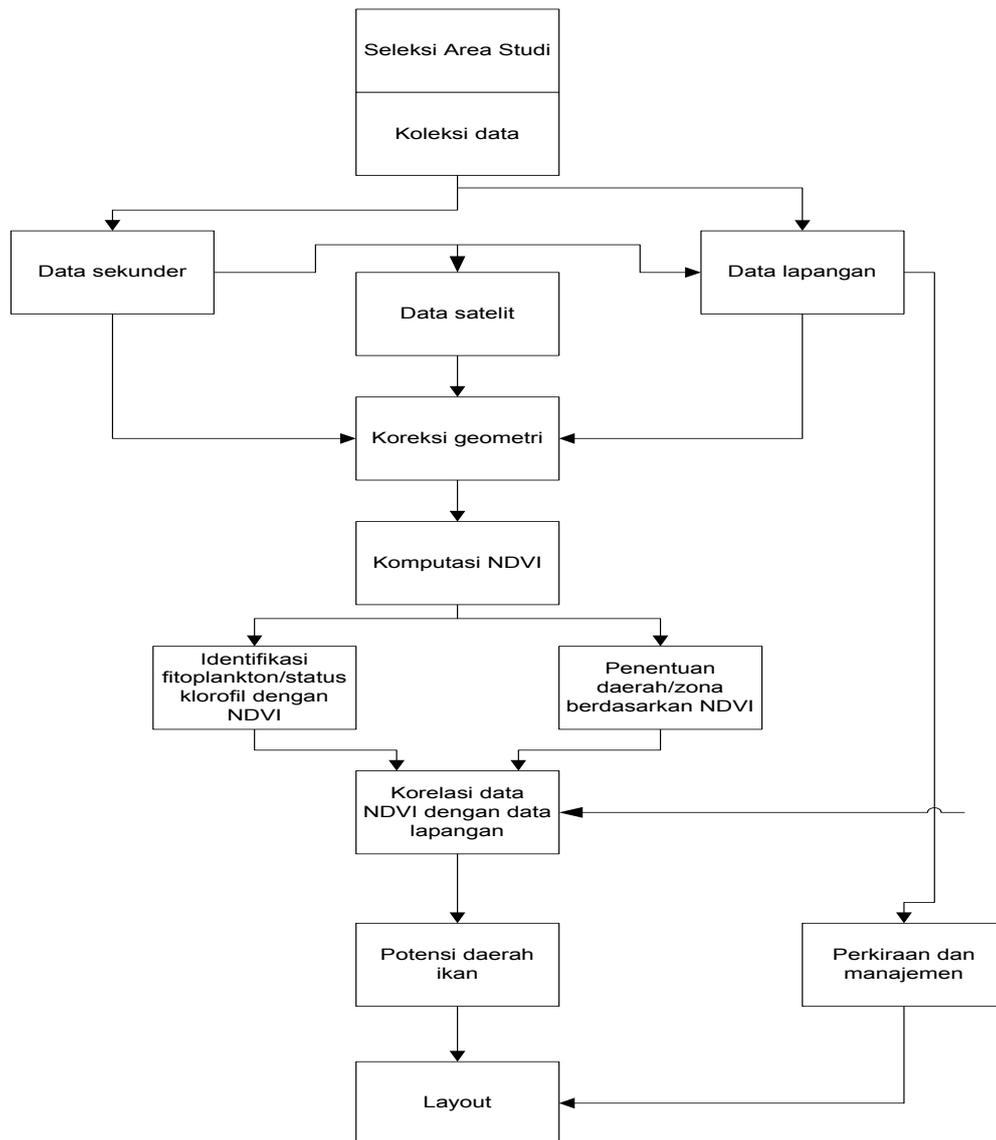
Pengolahan data selanjutnya disesuaikan dengan keperluan pengguna. Ada beberapa perangkat lunak dari sistem pengolahan data citra yang dapat digunakan untuk mengolah data citra, seperti: *Earth Resources Data Analysis System* (ERDAS), *Integrated Land and Water Information System* (ILWIS), IDRISI, *SeaWiFS Data Analysis System* (SeaDAS). SeaDAS adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), Amerika pada tahun 1997, yang merupakan paket analisis citra satelit secara komprehensif untuk memproses, menampilkan dan menganalisa semua produk dari data satelit *ocean color* SeaWiFS (*Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor*) termasuk data *ancillary*-nya. Dalam perkembangannya, software SeaDAS tersebut juga memiliki kemampuan untuk memproses data satelit *ocean color* lainnya seperti CZCS (*Coastal Zone Color Scanner*), ADEOS/OCTS (*Ocean Color Thermal System*), MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), dan MOS (*Modular Optoelectronic Scanner*). Selain itu, dapat juga digunakan untuk menampilkan citra suhu permukaan laut dari data AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*). SeaDAS ini dilengkapi juga dengan software pemrograman IDL (*Interactive Data Language*) yang memungkinkan pengguna mengembangkan aplikasinya.

Konsentrasi klorofil-a tidak dapat diukur langsung oleh sensor, tetapi nilai konsentrasinya dapat diperoleh dari hubungan reflektansi spektral dan konsentrasi klorofil-a pada perairan (Lillesand & Kiefer, 1990). Algoritma untuk menentukan konsentrasi klorofil-a menggunakan satelit Landsat TM telah dikembangkan oleh beberapa peneliti, dan pernah dicobakan pada perairan Indonesia, antara lain: model yang diciptakan Catts yaitu $Chl-a = 323,7 + 2,4TM1 + 299,2 TM2$. Algoritma lainnya adalah model matematik yang dikembangkan oleh Wouthuyzen (1991) dan dicobakan oleh Sachoemar *et al.* (1994) untuk menduga konsentrasi klorofil-a di Teluk Karawang bagian Utara, Jawa Barat. Model-model dari persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

- a). $Chl-a = 28,899 (TM-2/TM-1) - 9,596$
- b). $Chl-a = 30,544 (TM-2/TM-1) - 7,684$
- c). $Chl-a = 21,279 (TM-2/TM-1) - 0,908$
- d). $Chl-a = 10,359 (TM-2/TM-1) - 2,355$

Penelitian yang sama dilakukan juga oleh Pentury (1997) untuk menduga konsentrasi klorofil-a di perairan Teluk Ambon yaitu $Chl-a = 2,3868 (TM-2/TM-1) - 0,4671$.

Penggunaan klorofil-a untuk menentukan daerah potensial ikan (*potential fishing zone*) dapat juga didekati dengan menggunakan Indeks Vegetasi Sederhana atau NDVI (*Normalized Differential Vegetation Index*), yaitu rasio antara saluran terukur band merah (R) dan band inframerah (NIR). Kedua band ini dipilih sebagai paramater indeks vegetasi karena hasil pengukurannya sangat dipengaruhi oleh penyerapan klorofil. *Normalized Differential Vegetation Index* umumnya diaplikasikan pada daerah daratan, namun dewasa ini digunakan juga pada kolom air (Prangma & Roozkrans,1989). Contoh bagan alir identifikasi daerah potensi ikan yang dilakukan oleh Dayaker (2003) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penentuan *Potential Fishing Zone* (PFZ)

Dewasa ini, pengamatan berdasarkan sistem satelit yang memiliki band-band spektral tampak mendukung pemahaman tentang produktivitas perairan (laut). Di India, IRS P4 *Ocean Colour Monitor* (OCM) mendukung data warna air laut setiap dua hari. Peta potensi daerah ikan didasarkan pada kondisi oseanografi

seperti suhu, *up-welling*, *eddies*, *gyres*, *fronts* (Narain *et al.*, 1992, Solanki *et al.*, 2003). Klorofil dan suhu permukaan laut, yang diperoleh dari OCM dan NOAA AVHRR diintegrasikan untuk memprediksi ketersediaan sumberdaya ikan secara lebih akurat (Solanki *et al.*, 1998; 2001). Dalam pengamatan yang dilakukannya diperoleh bahwa dengan akurasi 70-90% dapat meningkatkan hasil tangkapan ikan pelagik dan demersal sebesar 70-90% (Solanki *et al.*, 2003). Rasio keuntungan yang diperoleh nelayan dengan menggunakan satelit meningkat dari 1,3-2,1 (Nayak *et al.*, 2003).

Sistem Informasi Geografi

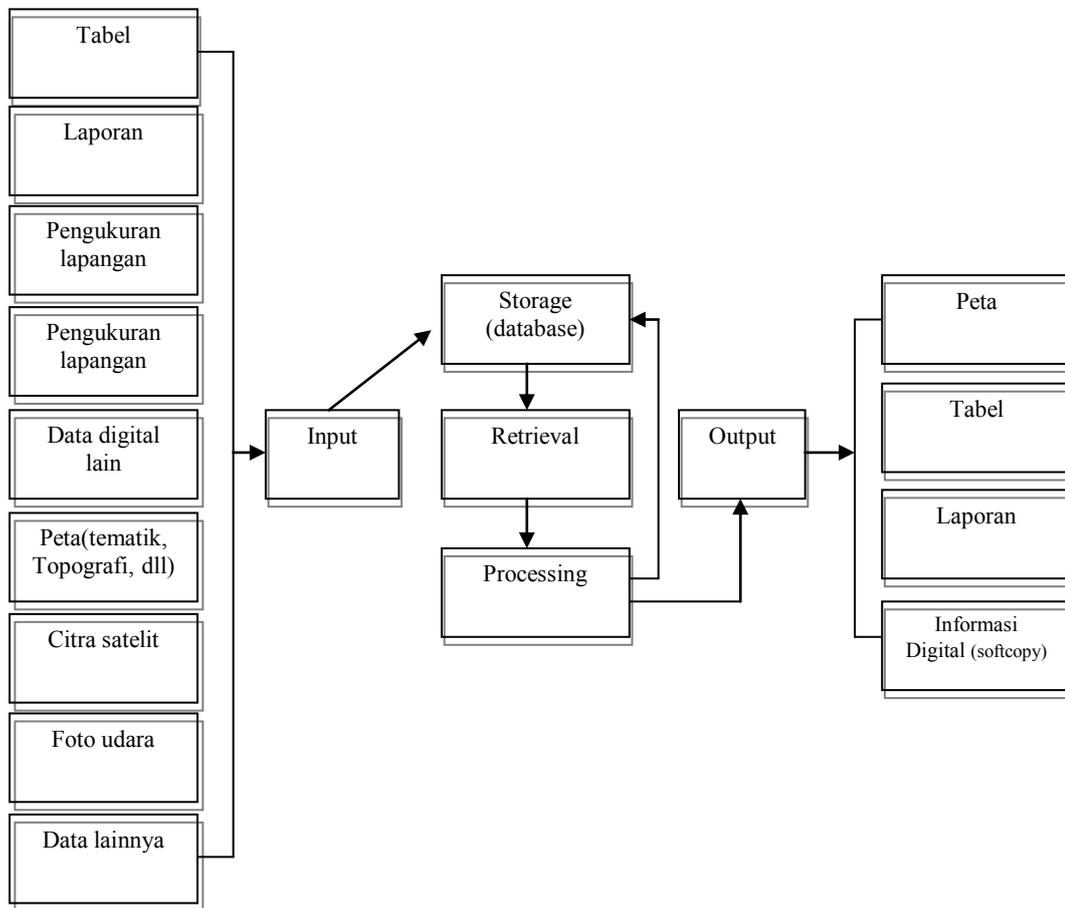
Berdasarkan definisi dan pengertiannya, sistem informasi geografi (SIG) dapat diuraikan atas beberapa subsistem yaitu: data input, data output, data manajemen, serta data manipulasi dan analisis. Komponen SIG meliputi: Perangkat keras, perangkat lunak, data, serta informasi geografi dan manajemen. Sistem informasi geografi menyimpan semua informasi deskriptif beserta unsur-unsurnya sebagai atribut dalam basis data. Selanjutnya SIG membentuk dan menyimpannya dalam tabel-tabel (*Relasional*). Setelah itu, SIG menghubungkan unsur-unsur tersebut dengan tabel-tabel yang bersangkutan. Dengan demikian, atribut-atribut ini dapat diakses melalui lokasi unsur-unsur peta. Sebaliknya, unsur-unsur peta dapat diakses melalui atribut-atributnya. Dengan demikian, unsur-unsur tersebut dapat dicari dan ditemukan berdasarkan atribut-atributnya.

Sistem informasi geografi menghubungkan sekumpulan unsur-unsur peta dengan atribut-atributnya di dalam satuan-satuan yang disebut *layer*. Sungai, bangunan, jalan, laut, batas-batas administrasi, perkebunan dan hutan merupakan contoh-contoh dari *layer*. Kumpulan dari *layer-layer* ini akan membentuk basis data. Dengan demikian, perancangan basis data merupakan hal yang esensial dalam SIG. Rancangan basis data akan menentukan efektifitas dan efisiensi proses-proses masukan, pengelolaan dan keluaran SIG. Kemampuan SIG dapat juga dikenali melalui fungsi-fungsi analisis, yang secara umum meliputi fungsi analisis spasial dan atribut. Fungsi analisis atribut terdiri atas operasi dasar sistem pengelolaan basis data (DBMS) dan perluasannya (Prahasta, 2005) (Gambar 2).

Operasi basis data mencakup: membuat basis data baru (*Create Database*), menghapus basis data (*Dropbase*), membuat tabel basis data (*Create Table*), membuat tabel basis data (*Drop Table*), mengisi dan menyisipkan data (*Record*) ke dalam tabel (*insert*, membaca dan mencari data (*Field* atau *Record*) dari tabel basis data (*Update Edit*), menghapus data dari tabel basis data (*Delete, Zap, Pack*) dan membuat indeks untuk setiap basis data. Sedangkan perluasan operasi basis data mencakup: membaca dan menulis basis data dalam sistem basis data yang lain (*export* dan *import*), dapat berkomunikasi dengan sistem basis data yang lain (misalnya dengan menggunakan *driver* ODBC), dapat menggunakan bahasa basis data standar *Structure Query Language* (SQL) dan operasi-operasi atau fungsi analisis yang lain yang sudah rutin digunakan di dalam sistem basis data. Fungsi analisis spasial terdiri atas:

1. Klasifikasi (*Reclassify*): Fungsi ini mengklasifikasikan atau mengklasifikasikan kembali suatu data spesial (atribut) menjadi data spasial yang baru dengan menggunakan kriteria tertentu.

2. Jaringan (*Network*): Fungsi ini untuk merujuk data spasial titik-titik (*point*) atau garis-garis (*line*) sebagai suatu jaringan yang tidak terpisahkan. Fungsi ini sering digunakan dalam bidang-bidang transportasi dan *utility* (misalnya aplikasi jaringan kabel listrik, komunikasi telepon, pipa minyak dan gas, air minum, serta saluran pembuangan)
3. *Overlay*: Fungsi ini menghasilkan data spasial baru dari minimal dua data spasial yang menjadi masukannya. Misalnya untuk memperoleh wilayah-wilayah yang sesuai sebagai areal budidaya tanaman tertentu (misalnya padi), diperlukan data ketinggian permukaan bumi, kadar air tanah dan jenis tanah. Fungsi analisis spasial *Overlay* akan diberlakukan pada ketiga data spasial (atribut) tersebut.



Gambar 2. Uraian subsistem-subsistem SIG

4. *Buffering*: Fungsi ini akan menghasilkan data spasial yang berbentuk polygon atau *zone* dengan jarak tertentu dari data spasial yang menjadi masukannya.
5. *Analysis*: Fungsi ini terdiri atas fungsi sub-sub yang berhubungan dengan presentasi data spasial dalam

ruang tiga dimensi. Fungsi analisis spasial ini banyak menggunakan fungsi interpolasi.

6. Pengolahan citra digital: Fungsi ini dimiliki oleh perangkat SIG yang berbasis *raster*.
7. Fungsi-fungsi analisis spasial lainnya yang umum dan rutin digunakan dalam SIG.

Data spasial direpresentasikan dalam basis data sebagai *raster* dan *vector*. Model data *raster* menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk *grid*. Setiap piksel atau sel memiliki atribut tersendiri, termasuk koordinat yang unik (pada sudut *grid*, pada pusat *grid*, atau pada tempat lainnya). Akurasi model data ini sangat tergantung pada resolusi atau ukuran piksel (sel *grid*) di permukaan bumi. *Entity spasial raster* disimpan di dalam *layers*, yang secara fungsional dihubungkan dengan unsur-unsur peta. Contoh sumber-sumber *entity spasial raster* adalah citra satelit (NOAA, Spot, Landsat, Ikonos, dll.) dan citra radar (DEM dalam model data *raster*). Model *raster* memberikan informasi spasial tentang apa yang terjadi dan dimana, dalam bentuk gambaran yang digeneralisir. Dengan model ini, dunia nyata disajikan sebagai elemen matriks atau sel-sel *grid* yang homogen. Pada model data *raster*, data geografi ditandai dengan nilai-nilai elemen matriks persegi panjang dari suatu objek. Dengan demikian secara konseptual, model data *raster* merupakan model data spasial yang paling sederhana. Model data *vector* menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis (kurva), atau poligon beserta atribut-atributnya. Bentuk-bentuk dasar representasi data spasial, dalam sistem model data *vector*, didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x,y). Dalam model data spasial *vector*, garis-garis atau kurva (busur atau *arcs*) merupakan sekumpulan titik-titik terurut yang dihubungkan. Sedangkan luasan atau poligon juga disimpan sebagai sekumpulan daftar titik-titik, dengan catatan titik awal dan titik akhir poligon memiliki koordinat yang sama (polygon tertutup sempurna).

Dari uraian tersebut di atas, terlihat bahwa SIG bukan sekedar *tools* pembuat peta, namun memiliki kemampuan dalam melakukan analisis. Salah satu fungsi SIG yang menonjol dan mendasar adalah integrasi data dengan cara *overlay*, yang memadukan *layers* data yang berbeda. Sistem informasi geografi memungkinkan penggunaanya bekerja dengan banyak *layer* peta dari berbagai informasi, pada saat yang sama, untuk memecahkan suatu masalah. Misalnya pada upaya pencarian daerah yang sesuai untuk budidaya ikan samandar (*Siganus canaliculatus*), diperlukan kriteria-kriteria yang sesuai untuk mengeliminasi daerah-daerah yang tidak memenuhi syarat. Kriteria-kriteria tersebut merupakan faktor lingkungan yang menjadi habitat ikan samandar. Kriteria pertama adalah suhu perairan yang berkisar antara 23-26°C dengan salinitas 17- 37‰. Kriteria kedua adalah perairan dengan pH tidak lebih dari 9. Kriteria ketiga adalah perairan pantai berkarang, yang ditumbuhi lamun dan rumput laut. Selanjutnya dilakukan proses *overlay* peta yang menghasilkan peta daerah yang sesuai untuk pengembangan budidaya ikan samandar. Demikian halnya dengan konsentrasi klorofil-a di suatu perairan sebagai penduga produktivitas primer dan produktivitas ikan, dapat dipetakan dengan menggunakan sistem ini.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari kajian ini adalah: (1) Laut dan segala sesuatu yang terkandung didalamnya merupakan kekayaan alam yang memerlukan pengawasan dan pemanfaatan optimal. (2) Kesuburan perairan dapat diduga melalui konsentrasi klorofil-a yang terkandung dalam fitoplankton (3) Integrasi antara teknik penginderaan jauh kelautan dan sistem informasi geografis merupakan alternatif yang baik untuk pemecahan masalah pendataan tingkat kesuburan pada perairan laut di Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- Dayaker, T. K. P. 2003. Mapping of Potential Fishing Zones Using OCM Data of Irs-P4 and Geographic Information System. Environmental Informatics Archives, *Journal ISEIS-International Society for Environmental Information Sciences*. 1: 475-478.
- Gordon, H.R. & A. Morel. 1983. *Remote Assessment of Ocean Color for Interpretation of Satellite Visible Imagery: A Review*. Springer-Verlag, New York.
- Hovis, W.A., D.K. Clark, F. Anderson, R.W. Austin, W.H. Wilson, E.T. Baker, D. Ball, H.R. Gordon, J.L. Mueller, S.Z. El-Sayed, B. Sturm, R.C. Wringley, & C.S. Yentsch. 1980. *Nimbus-7 Coastal Zona Color Scanner: System Description and Initial Imagery*.
- Hutabarat, S. & S. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia.
- Lillesand, T.M. & R.W. Kiefer. 1990. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, New York.
- Narain, A., Beenakumari, S. & M. Raman. 1992^b. Observation of a Persistent Coastal Upwelling off Gujarat by NOAA VHRR and Its Implication on Fisheries. Di dalam: *Remote Sensing Applications and Geographic Information Systems: Recent Trends*. Tata-McGraw Hill, New Delhi.
- Nayak, S., H. U. Solanki, & R. M. Dwivedi. 2003. Utilization of IRS P4 ocean colour data for potential fishing zone- a cost benefit analysis. *Indian Journal of Marine Sciences*. 32(3): 244-248.
- Parson, T.R., M. Takahashi, & B. Hargrave. 1984. *Biological Oceanographic Processes* (3rd edition). Pergamon Press, Oxford, England.
- Pentury, R. 1997. *Algoritma Pendugaan Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Teluk Ambon dengan Menggunakan Citra Landsat TM*. Thesis. Bogor: Fakultas Perikanan IPB.
- Prahasta, E. 2005. *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar*. Penerbit Informatika. Bandung.
- Prangma, G. J. & J. N. Roozkrans. 1989. Using NOAA AVHRR Imagery in Assesing Water Quality Parameters. *Journal Remote Sensing*. 10(4) : 811-818.
- Solanki, H. U., R. M. Dwivedi & S. Nayak. 1998. Relationship between IRS MOS-B Derived Chlorophyll and NOAA AVHRR SST: A Case Study in The NW Arabian Sea, India. Di dalam: *Proceeding of Workshop on MOS-IRS and Ocean Colour*. Institute of Space Sensor Technology, Berlin, Germany.
- Solanki, H. U., R. M. Dwivedi, S. R. Nayak, J. V. Jadeja, D. B. Thakar, H. B. Dave, & M. I. Patel. 2001. Application of Ocean Colour Monitor Chlorophyll and AVHRR SST for Fishery Forecast: Preliminary Validation Results off Gujarat Coast, Northwest Coast of India. *Journal. of Marine Science*. 30(9): 132-138.
- Solanki, H. U., R. M. Dwivedi, S. R. Nayak, V.S. Somvanshi, D.K. Gulati, & S.K. Pattnayak. 2003. Fishery Forecast using OCM Chlorophyll Concentration and AVHRR SST: AVHRR Results off Gujarat Coast, India. *Journal. Remote Sensing*. 24(18): 3691-3699.

- Susilo, S.B. 1998. *Penginderaan Jarak Jauh Untuk Kelautan/Perikanan*. Makalah disajikan dalam Pelatihan Dosen Muda Pada Bidang Penginderaan Jarak Jauh. Kerjasama IPB dengan The Papua New Guinea University of Technology.
- Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Trisakti, B., U.H. Sucipto, J. Sari & M. Priyatna. 2005. Model Penentuan Potensi Daerah Budidaya Laut Menggunakan Data Satelit Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Indonesian Journal of Remote Sensing*. 2 (1).
- Wouthuyzen, S. 1991. *Analysis of The Potential Utility of Remote Sensing Data Acquired from Earth Observation Satellites for Monitoring The Coastal Zone Management*. Graduate School of Marine Science and Engineering. Nagasaki University. Japan.