

PERANAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK MENGIDENTIFIKASI WILAYAH PESISIR DAN KELAUTAN

Daud Nawir

*Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No.1, Po. Box. 170 Tarakan KAL-TIM.
[E-mail: daud_ts@borneo.ac.id](mailto:daud_ts@borneo.ac.id)*

ABSTRAK

Sebagai kepulauan bahari yang dimana mempunyai potensi sumberdaya alam pesisir dan lautan yang sangat besar. Potensi sumberdaya alam ini perlu dikelola dengan baik agar dapat dimanfaatkan secara optimal bagi kesejahteraan bangsa Indonesia dengan tetap memperhatikan dan melakukan usaha untuk menjaga kelestariannya. Adapun Pengelolaan sumberdaya alam pesisir dan lautan yang baik diperlukan metode dengan pendekatan multidisplin ilmu yang meliputi berbagai aspek, seperti aspek pemanfaatan sumberdaya, kelestarian lingkungan dan aspek sosial ekonomi masyarakat. Teknologi *Remote Sensing* atau penginderaan jauh mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi serta melakukan monitoring terhadap perubahan sumberdaya alam dan lingkungan wilayah pesisir dan laut.

Kata kunci : penginderaan jauh, pesisir dan lautan

PENDAHULUAN

Sumberdaya di wilayah pesisir dan lautan secara garis besar terdiri dari tiga kelompok yaitu:

1. Sumber daya dapat pulih (*renewable resources*) meliputi hutan bakau, terumbu karang, padang lamun, rumput laut, sumberdaya perikanan laut dan bahan-bahan bioaktif
2. Sumberdaya tidak dapat pulih (*nonrenewable resources*) meliputi minyak bumi dan gas alam serta seluruh mineral dan geologi
3. Jasa-jasa lingkungan, meliputi fungsi kawasan pesisir dan lautan sebagai tempat rekreasi dan pariwisata, media transportasi dan komunikasi, sumber energi (seperti: *Ocean Thermal Energy Conversion*, energi dari gelombang laut dan energi pasang surut), sarana pendidikan dan penelitian, pertahanan keamanan, penampungan limbah, pengatur iklim, dan system

penunjang kehidupan serta fungsi ekologis lainnya

Namun demikian dalam pengelolaan wilayah pesisir dan lautan masih menghadapi masalah-masalah yang tidak mudah, bahkan sangat sukar dan kompleks. Beberapa masalah mendasar yang dihadapi dan masih sulit diatasi yaitu:

1. Pemanfaatan wilayah pesisir yang tidak seimbang sehingga ada wilayah yang dimanfaatkan melebihi kapasitas daya dukung berkelanjutan (potensi lestari), sebaliknya ada pula wilayah pesisir yang sama sekali belum dimanfaatkan
2. Pembangunan yang tidak memperhatikan tata ruang sehingga terjadi pencemaran dan Perusakan sumber daya pesisir dan kelautan
3. sumberdaya manusia di wilayah tersebut yang kualitasnya masih sangat terbatas sehingga belum dapat mengelola dan memanfaatkan secara

- optimal
4. Keadaan sebagian besar masyarakat pesisir yang standar hidupnya masih di bawah garis kemiskinan yang sering memaksa mereka untuk mengeksploitasi sumber daya alam melebihi potensi lestarinya
 5. Sarana dan prasarana di sebagian besar wilayah pesisir yang masih sangat terbatas dan kurang mendukung pada kegiatan pengelolaan di wilayah tersebut.
 6. Kurangnya investasi pada sektor kelautan, serta setumpuk masalah lainnya.

PERANAN PENGINDERAAN JAUH

Salah satu upaya untuk memperoleh informasi tentang potensi sumberdaya wilayah pesisir dan lautan dalam rangka untuk mengoptimalkan pengelolaan wilayah pesisir dan lautan adalah penggunaan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG). Informasi mengenai obyek yang terdapat pada suatu lokasi di permukaan bumi diambil dengan menggunakan sensor satelit, kemudian sesuai dengan tujuan kegiatan yang akan dilakukan, informasi mengenai obyek tersebut diolah, dianalisa, diinterpretasikan dan disajikan dalam bentuk informasi spasial dan peta tematik tata ruang dengan menggunakan SIG.

Pemanfaatan data penginderaan jauh dan SIG telah banyak dilakukan dalam kaitannya dengan wilayah pesisir dan lautan khususnya sektor perikanan dan pengelolaan wilayah pesisir dan lautan, seperti: aplikasi penginderaan jauh untuk memberikan informasi Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI), kesesuaian lahan perairan untuk usaha budidaya laut dan pariwisata bahari, identifikasi potensi wilayah pesisir (seperti hutan bakau, terumbu karang, padang lamun dan pasir), zonasi kawasan konservasi laut, analisa potensi ekonomi wilayah pesisir

pulau-pulau kecil, pengamatan perubahan garis pantai, analisa pencemaran lingkungan perairan dan lain sebagainya.

SATELIT DAN RESOLUSI

Pemanfaatan wahana interaksi telah lama digunakan untuk mengamati kondisi lingkungan samudra di dunia. Wahana antariksa yang digunakan untuk kelautan biasanya berupa satelit walaupun pada awalnya biasanya digunakan pesawat terbang sebagai uji coba sensor. Pada awalnya kamera digunakan untuk penelitian kelautan tetapi dalam perkembangannya penggunaan kamera ini mempunyai banyak kelemahan untuk penelitian kelautan.

Satelit kelautan yang ada hingga saat ini dilihat dari sifat orbitnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu berorbit polar yang biasanya juga sinkron dengan matahari (sun- synchronous) dan satelit geostasioner yang juga disebut satelit geo-synchronous atau earth-synchronous atau synchronous saja. Satelit berorbit polar bergerak mengelilingi bumi secara terus-menerus dari utara ke selatan atau sebaliknya dan melewati kutub (atau dekat kutub).

Satelit ini melewati bidang khatulistiwa pada waktu setempat yang selalu sama (waktu lokal). Oleh karena disebut "sun-synchronous". Satelit geostasioner mengelilingi bumi searah dengan gerakan rotasi bumi dan dengan periode yang sama dengan periode rotasi bumi yaitu 24 jam. Oleh karena itu satelit ini akan selalau berada di atas titik tertentu di bumi (di daerah khatulistiwa). Jika dilihat dari bumi maka satelit ini seolah-olah berada tetap di posisi tertentu dari bumi sehingga disebut sebagai geo-synchronous atau geostasioner.

Beberapa contoh satelit geostasioner yaitu: satelit Applications Technology Satellite (ATS), Synchronous Meteorological Satellite (SMS) dan

Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) yang dimiliki oleh USA, Meteorological Satellite (METEOSAT) yang dimiliki oleh ESA/EROPA, Indian Satellite (INSAT) yang dimiliki oleh (India) dan Geostationary Meteorological Satellite (GMS) yang dimiliki oleh Jepang.

Perkembangan sensor satelit ditunjukkan dengan semakin meningkatnya mutu data yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Data satelit secara umum disebut sebagai citra satelit (image), walaupun memang ada satelit yang bukan citra satelit. Kualitas citra yang berarti juga kualitas atau mutu sensor ditentukan oleh resolusinya. Ada beberapa jenis resolusi yang dapat menentukan kualitas sensor satelit. Beberapa jenis resolusi tersebut yaitu resolusi spasial, resolusi temporal, resolusi spektral dan resolusi radiometrik

Resolusi spasial dapat dipahami dari dua sudut pandang atau definisi. Sudut pandang pertama mendefinisikan resolusi spasial sebagai luasan daerah dipermukaan bumi yang diwakili oleh satuan terkecil data sensor (pixel). Jika satu pixel mewakili daerah yang lebih luas di permukaan bumi maka sensor tersebut mempunyai resolusi yang lebih rendah dan sebaliknya. Pada pengertian ini maka satuan resolusi spasial adalah satuan luas (m^2 atau km^2). Sudut pandang ke dua mendefinisikan resolusi spasial sebagai jarak terdekat dari dua benda berbeda di permukaan bumi yang masih dapat dideteksi sebagai dua benda oleh sensor. Pada pengertian kedua ini, satuan resolusi spasial adalah satuan jarak (m atau km).

Resolusi temporal diartikan sebagai lamanya waktu bagi sensor satelit untuk mengindera daerah yang sama untuk yang kedua kalinya. Satuannya biasanya adalah hari. Semakin banyak jumlah hari yang diperlukan untuk mengindera daerah yang sama maka semakin rendah resolusi temporalnya, dan sebaliknya

Resolusi spektral dapat diartikan

sebagai julat (range) spektrum elektromagnetik yang dipergunakan oleh perangkat pengindera. Suatu sensor yang mempunyai lebar band yang lebih kecil dari sensor yang lain maka sensor tersebut dapat dikatakan mempunyai resolusi spektral yang lebih tinggi. Secara sederhana, spektrum elektromagnetik yang dimanfaatkan untuk mengindera permukaan bumi terdiri dari spektrum sinar tampak (ungu=0.440-0.446; biru=.0446-.500; hijau=0.500-0.578; kuning=0.578-0.592; jingga=0.592-0.620; merah=0.620-0.700), infra merah dekat (reflektif), infra merah tengah (inframerah gelombang pendek/reflektif dan emisif), infra merah termal (emisif) dan gelombang mikro, juga LASER dan LIDAR. Pada beberapa kasus, spektrum tersebut masih dibagi lagi menjadi julat yang lebih sempit.

Resolusi radiometrik dapat diartikan sebagai julat (range) representasi/kuantisasi data, yang biasanya dipergunakan untuk format raster. Julat tersebut dapat berupa 2 bit (0-1), 3 bit (0-3), 4 bit (0-15), 5 bit (0-31), 6 bit (0-63), 7 bit (0-127), 8 bit (0-255), 10 bit (0-1023), 16 bit (0-65535). Semakin besar bit yang dimiliki oleh suatu sensor, maka sensor tersebut dapat dikatakan mempunyai resolusi radiometrik yang tinggi.

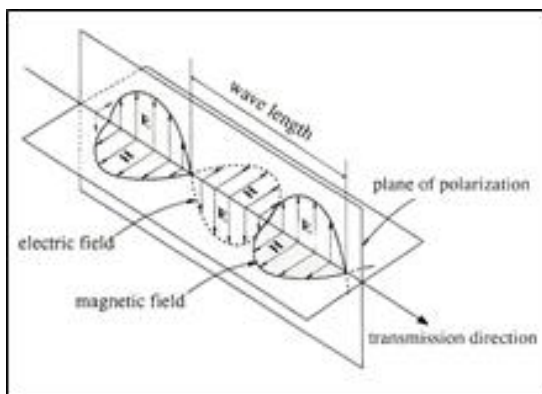
KONSEP DAN KOMPONEN PENGINDERAAN JAUH

Penginderaan jauh sangat tergantung dari energi gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik dapat berasal dari banyak hal, akan tetapi gelombang elektromagnetik yang terpenting pada penginderaan jauh adalah sinar matahari. Banyak sensor menggunakan energi pantulan sinar matahari sebagai sumber gelombang elektromagnetik, akan tetapi ada beberapa sensor penginderaan jauh yang menggunakan energi yang dipancarkan oleh bumi dan yang dipancarkan oleh sensor itu sendiri.

Sensor yang memanfaatkan energi dari pantulan cahaya matahari atau energi bumi dinamakan sensor pasif, sedangkan yang Penginderaan jauh sebagai ilmu, teknologi dan seni untuk mendeteksi dan/atau mengukur obyek atau fenomena di bumi tanpa menyentuh obyek itu sendiri memerlukan kamera untuk menangkap pantulan sinar dari obyek tersebut. Untuk itu digunakan kamera yang terpasang pada wahana ruang angkasa yang diluncurkan ke angkasa luar dan sering disebut sebagai satelit.

Kamera yang dipasang pada satelit berfungsi sebagai indera penglihatan yang melakukan perekaman terhadap permukaan bumi pada saat satelit tersebut beredar mengitari bumi menurut garis orbit atau edarnya. Sensor yang ada pada kamera, yang hanya dapat diamati melalui interaksinya dengan suatu obyek. Wujud dari energi ini dikenal sebagai sinar tampak, sinar X, inframerah dan gelombang mikro. GEM merupakan bagian dari spectrum yang kontinyu.

GEM (Gambar 1) dibentuk oleh dua komponen sekaligus yaitu, komponen listrik dan komponen magnetik serta dipengaruhi oleh sifat elektrik dan magnetik dari obyek yang berinteraksi dengan GEM tersebut.

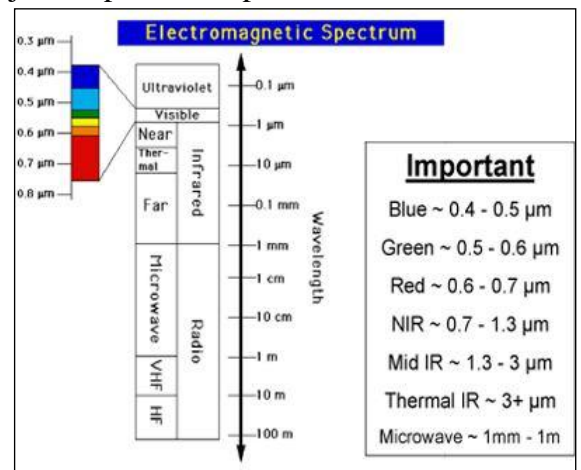


Gambar 1. Radiasi Gelombang Elektromagnetik

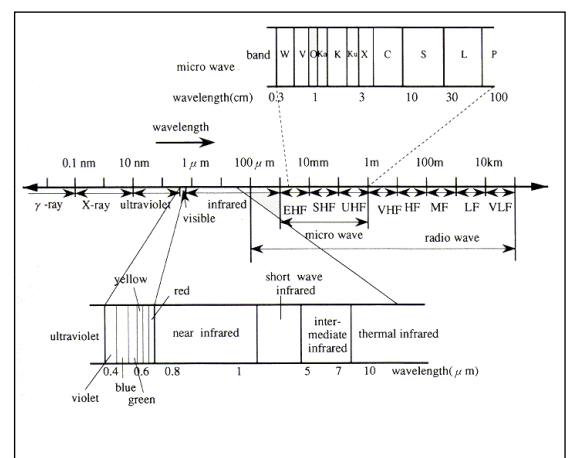
Ada dua hipotesa yang umum digunakan untuk menjelaskan sifat dari GEM yakni model gelombang dan model partikel. GEM sebagai gelombang bergerak dengan kecepatan tertentu yang

bergantung kepada panjang gelombang (λ). Pada setiap gelombang elektromagnetik.

Gelombang elektromagnetik diserap oleh khlorofil dan jika warna daun yang merah akan terlihat pada $0,65 \mu\text{m}$. Persentase pantulan dari daerah yang tertutup vegetasi berkisar antara 5 - 50% tergantung kerapatan dan jenis vegetasi yang menutupi daerah tersebut. Untuk tanah kering yang terbuka akan terlihat coklat abu-abu dengan pantulan berkisar antara 5 - 45%. Sedangkan air yang jernih spektrum cahayanya akan terdapat pada panjang gelombang $0,4 - 0,78 \mu\text{m}$ dengan pantulan yang rendah kurang dari 5%. Skema dari spektrum elektromagnetik dapat dilihat pada Gambar 2. Spektrum GEM yang digunakan dalam penginderaan jauh dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Spektrum Elektromagnetik



Gambar 3. Spektrum GEM yang digunakan dalam penginderaan jauh (JARS, 1993)

Beberapa bagian penting dari GEM yang digunakan dalam penginderaan jauh yaitu:

- 0.3 – 0.4 μm : ultraviolet
- 0.4 – 0.7 μm : sinar tampak
- 0.7 – 3.0 μm : inframerah dekat
- 3.0 – 8.0 μm : middle infrared
- 8.0 – 1000 μm : infra merah termal
- 1 mm – 100 cm : gelombang mikro

Model partikel dipergunakan untuk menjelaskan besarnya energi yang dikandung oleh GEM. GEM dipancarkan dalam bentuk diskrit yang disebut quanta dan photon. Besarnya energi dari GEM memenuhi hokum Plank sebagai berikut:

$$E = h \cdot f \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

E = energi kuantum dalam satuan joule

h = konstanta Plank's

$$(6.624 \times 10^{-24} \text{Joule.detik})$$

f = frekuensi pancaran (Hz)

Hubungan antara model teori gelombang dan teori kuantum dari GEM dituliskan sebagai berikut:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan 3 di atas dapat kita lihat bahwa tenaga quantum secara proporsional berbanding terbalik dengan panjang gelombangnya. Makin panjang, panjang gelombang yang digunakan, maka akan makin rendah kandungan tenaganya.

Matahari merupakan sumber radiasi elektromagnetik yang paling penting untuk pengeinderaan jauh. Akan tetapi semua benda pada suhu diatas nol derajat absolut (0°K atau -273°C) memancarkan radiasi elektromagnetik secara terus menerus. Oleh karena itu, obyek di bumi juga merupakan sumber radiasi, walaupun besaran dan komposisi spektralnya berbeda dengan matahari.

Besarnya tenaga yang diradiasikan oleh suatu obyek merupakan suatu fungsi suhu permukaan dari obyek tersebut. Hal ini dapat ditunjukkan dengan hukum Stefan Boltzman di bawah ini:

$$W = \alpha \cdot T^4 \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

W = jumlah tenaga yang dipancarkan dari permukaan obyek (Wm^{-2})

α = Tetapan Stefan Boltzman ($5.6697 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$)

T = Suhu absolut obyek ($^\circ\text{K}$)

INTERAKSI GEM DENGAN ATMOSFIR

Sebelum GEM berinteraksi dengan obyek di permukaan bumi, GEM melewati atmosfer dimana terdapat moleku-molekul atmosferik dan aerosol. Jenis-jenis molekul atmosferik adalah seperti CO_2 , ozon, gas nitrogen, dan lain- lain, sedangkan jenis aerosol seperti uap air, kabut, asap, abu dan lain-lain. GEM berinteraksi dengan molekul atmosferik dan aerosol sehingga terjadi proses hamburan (*scattering*) atau absorpsi yang mempengaruhi intensitas GEM yang ditransmisikan melalui atmosfer. Proses *scattering* merupakan penyebaran GEM oleh partikel-partikel di atmosfer ke segala arah. Ada tiga jenis *scattering* yaitu:

1. *Raleigh scattering*

Scattering ini diakibatkan oleh partikel halus di atmosfer yang mempunyai diameter lebih kecil dari panjang gelombang tersebut. *Raleigh scattering* sering juga disebut sebagai *molecular scattering*. Penghamburan ini terutama terjadi pada panjang gelombang yang sangat pendek, khususnya pada sinar biru yang termasuk dalam spektrum sinar tampak. fenomena langit cerah yang kelihatan biru atau warna air laut yang jernih terlihat biru merupakan hasil dari hamburan *Raleigh* ini.

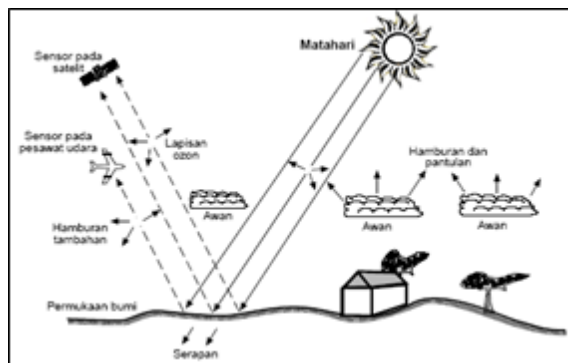
2. Mie Scattering

Scattering ini diakibatkan oleh partikel diatmosfer yang mempunyai diameter sama atau sedikit lebih besar dari panjang gelombang elektromagnetik yang mengenainya. Penghamburan ini dapat terjadi pada panjang ultra-violet hingga infra merah dekat, walaupun lebih banyak terjadi pada panjang gelombang yang lebih besar.

3. Non Selective Scattering.

Scattering ini terjadi diakibatkan oleh partikel atomsfer yang dimeternya beberapa kali lebih besar dari panjang gelombang yang mengenainya. Partikel ini terutama adalah titik air atau embun yang ada di atmosfer.

Absorpsi adalah suatu proses yang menyebabkan energi GEM dapat diserap oleh partikel atmosfer. Peristiwa ini umumnya terjadi pada panajng gelombang infra merah. Besarnya pengaruh atmosfer terhadap GEM bergantung pada panjang gelombang GEM. Akibat adanya pengaruh atmosfer terhadap pancaran GEM maka tidak seluruhnya energi dari GEM dapat diteruskan ke permukaan bumi (Gambar 4). Besarnya pancaran yang diteruskan bergantung pada besanya panjang gelombang yang ada.



Gambar 4. Interaksi Antara Tenaga Elektromagnetik dan Atmosfer

INTERAKSI OBYEK DENGAN GEM

Pada lingkungan laut, GEM pada panjang gelombang tertentu mengalami transmisi, sehingga energi yang diterima sensor dapat berasal dari permukaan,

material pada kolom air dan material dasar. GEM yang datang pada obyek akan berinteraksi dalam bentuk pantulan, absorpsi dan ditransmisi. Besarnya energi yang dipantulkan, diabsorpsi dan ditransmisikan memenuhi hukum kekekalan energi sebagai berikut:

$$E_i(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda)$$

$$E_R(\lambda) = E_I(\lambda) - E_A(\lambda) - E_T(\lambda)$$

Keterangan:

E_i = energi yang mengenai obyek

E_R = energi yang dipantulkan (yang direkam oleh sensor)

E_A = energi yang diserap

E_T = energi yang ditransmisikan

E_e = energi yang teGEMisi

(λ) = panjang gelombang

Besarnya GEM yang dipantulkan kembali oleh obyek bergantung kepada jenis dan kondisi obyek. Demikian juga halnya jika panjang gelombang yang berbeda mengenai obyek yang sama, kan memeberikan pantulan yang berbeda pula. Sifat ini menjadi dasar pengenalan suatu obyek dengan penginderaan jauh. Jumlah energi yang dipantulkan suatu obyek pada panjang gelombang yang berbeda-beda relative terhadap energi yang diterima disebut *spectrum reflectance*.

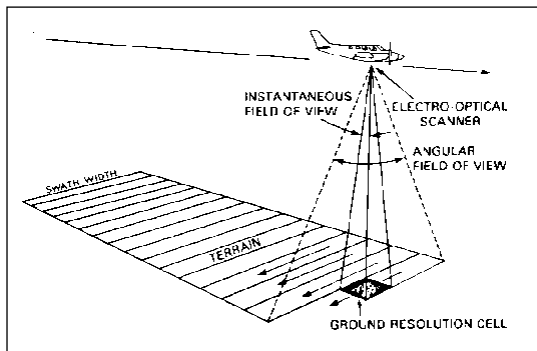
Pada panjang gelombang yang sama namun dengan obyek yang berbeda akan memantulkan energi yang berbeda. Adanya perbedaan pantulan tersebut disebabkan materi yang dikandung oleh masing- masing obyek berbeda sehingga daya pantulnya juga berbeda.

SENSOR

Sensor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi GEM yang dipancarkan oleh suatu obyek. Berdasarkan sumber energi yang dideteksi, sensor dapat dibedakan menjadi sensor pasif dan sensor aktif. Sensor pasif adalah sensor yang mendeteksi pantulan atau

emisi GEM dari sumber alami. Sensor aktif adalah sensor yang mendeteksi respon GEM dari obyek yang dipancarkan dari sumber energi buatan yang biasanya dirancang dalam wahana yang membawa sensor. Berdasarkan panjang gelombang, sensor dibedakan menjadi sensor visible ($0.4 - 0.7 \mu\text{m}$), sensor infra merah ($1 - 10 \mu\text{m}$) dan sensor gelombang mikro ($1 \text{ mm} - 1 \text{ m}$).

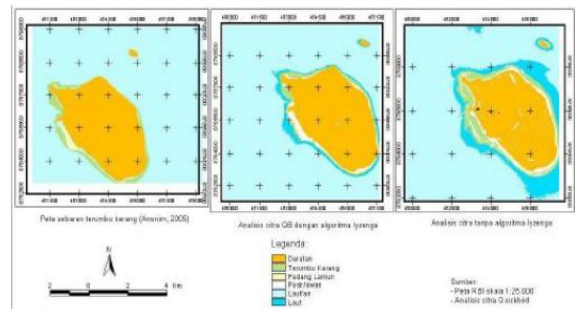
Hal yang sangat penting yang berkaitan dengan sensor yaitu karakteristik spektral dan karakteristik spasial. Karakteristik spektral berhubungan dengan lebar band. Suatu sensor yang mempunyai lebar band yang lebih kecil dari sensor yang lain maka sensor tersebut dapat dikatakan mempunyai resolusi spektral yang lebih tinggi. Sebagai contoh sensor Landsat TM band 1 (biru) mempunyai kisaran panjang gelombang ($0.45 - 0.52 \mu\text{m}$), sedangkan sensor SeaWiFS pada band biru mempunyai kisaran antara ($0.402 - 0.422 \mu\text{m}$), maka resolusi spektral sensor SeaWiFS lebih tinggi dari sensor Landsat TM. Karakteristik spasial berhubungan dengan *Angular Field of View* (AFOV) dan *Instantaneous Field of View* (IFOV). AFOV (sudut *scanning*) adalah sudut pandang maksimum sensor yang efektif mendeteksi GEM (Gambar 5).



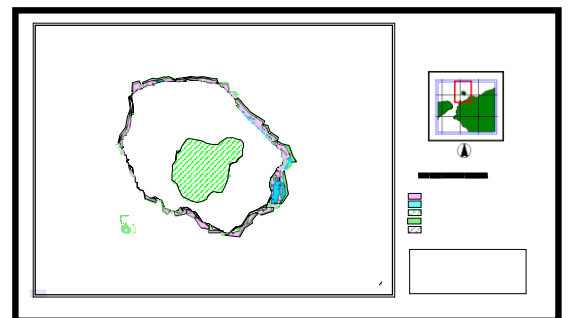
Gambar 5. Konsep AFOV dan IFOV

AFOV menentukan besarnya luas sapuan (*swath width*). IFOV adalah sudut pandang sesaat yang berhubungan

dengan unit sampling yang menentukan besarnya elemen gambar/pixel atau area terkecil yang dapat dideteksi oleh sensor. Ukuran pixel bergantung pada IFOV dan ketinggian sensor. Sebagai contoh, IFOV sebesar 2.5 mili radians, maka luas area terkecil yang dideteksi sensor adalah $2.5 \times 2.5 \text{ m}$ pada ketinggian 1000 m. Berikut diberikan beberapa contoh aplikasi penginderaan jauh di bidang pesisir dan lautan seperti peta sebaran terumbu karang (Gambar 6) dan kesesuaian lahan (Gambar 7).



Gambar 6. Peta Sebaran Terumbu Karang Pulau Ndana



Gambar 7. Peta Kesesuaian Wilayah Wisata Bahari Terumbu Karang (*Snorkeling* dan *Diving*)

KESIMPULAN

Penginderaan jauh untuk kelautan/perikanan dapat membantu berbagai penelitian untuk memahami dinamika lingkungan pesisir dan lautan termasuk memahami dinamika sumberdaya alam yang terkandung di dalamnya, khususnya yang berkaitan dengan perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Curran P. J. 1985. Principles of Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing, Volume 6, Issue 11 November 1985, page 1765.
- Dahuri, R., J. Rais., S. P. Ginting., dan M.J. Sitepu. 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Efendy M., F. F. Muhsoni, H. Triajie., dan A. F. Syah. 2009. Model Algoritma Pendugaan Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data Citra Satelit Landsat TM untuk Pemetaan Lokasi *Fishing Ground* di Selat Madura. Laporan Penelitian. Universitas Trunojoyo.
- Hazmi. 2004. Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Sig) dan Penginderaan Jauh Dalam Penentuan Wilayah Potensial Wisata Bahari Terumbu Karang Di Pulau Satonda, Dompu, Nusa Tenggara Barat. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-IPB. Bogor (Tidak dipublikasikan)
- JARS (Japan Association on Remote Sensing). 1993. Remote Sensing Note. Nihon Printing Co. L.td. Tokyo.
- LAPAN. 2003. Teknologi Penginderaan Jauh dalam Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Lautan. Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN, Jakarta Timur.
- Lillesand and Kiefer. 1979. Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and Sons, New York.
- Meaden, G.J. dan J. M Kapetsky. 1991. Geographical information system and Remote Sensing in Inland Fisheries and Aquaculture. FAO Tech. Paper. No. 318, FAO-The UN, Rome.
- Parwati, E., T. Kartika, J. Indarto., F. Dyah., M. Nur., dan M. Kartasasmita. 2007. Kajian Hubungan Antara Laju Perubahan TSS (Total Suspended Solid) dengan Penutup / Penggunaan Lahan di Wilayah Pesisir Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Proceeding Geo-Marine Research Forum 2007.
- Fahrudin Syah. penginderaan jauh dan aplikasinya di wilayah pesisir dan kelautan Jurnal Kelautan volume 3 No 1 ISSN 1907 9931.
- Robinson. I. S. 1985. Satellite Oceanography an Introduction for Oceanographer and remote Sensing Scientist. John Wiley & Son.
- Rahadiati, A. dan S. Hartini. 2007. Pemanfaatan Citra Resolusi Tinggi Untuk Pemetaan Sebaran Terumbu Karang Di Pulau Kecil. Proceeding Geo-Marine Research Forum 2007.
- Suprakto, B. 2005. Studi Tentang Dinamika Mangrove Kawasan Pesisir Selatan Kabupaten Pamekasan Provinsi Jawa Timur Dengan Data Penginderaan Jauh. Makalah pada Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.