

Pengembangan Metode Lyzenga untuk Deteksi Terumbu Karang di Kepulauan Seribu dengan Menggunakan Data Satelit AVNIR-2

MUCHLISIN ARIEF

Remote Sensing Application centers LAPAN -Jakarta
Email : muchlisin.arief@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian tentang deteksi terumbu karang dan objek dibawah perairan dangkal sudah banyak dilakukan di Indonesia. Akan tetapi penelitian yang dilakukan lebih banyak dengan pengukuran langsung dilapangan. Metode yang dikembangkan dari metode yang pernah dilakukan oleh Lyzenga dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Metode deteksi terumbu karang Lyzenga menggunakan operator Depth Invarian Indexs (DII) dengan mengikut sertakan koreksi kolom air k_i/k_j Global (nilai k_i/k_j yang sama untuk seluruh citra) dan nilai k_i/k_j dapat menentukan homogenitas suatu region. Dengan asumsi bahwa suatu citra terdiri dari beberapa region homogen, maka pengembangan metode ini, menggunakan nilai K_i/k_j regional artinya nilai tidak konstan untuk seluruh (diambil dari beberapa region yang dianggap homogen). Metode ini telah diaplikasikan menggunakan data satelit AVNIR-2 tanggal 3 Agustus 2009 untuk Kabupaten Kepulauan Seribu dan hasil dari pemerosessannya lebih baik (mengandung sedikit kesalahan) bila dibandingkan dengan metode Lyzenga.

Kata Kunci: Terumbu karang, covarian, koreksi kolom air. Kepulauan Seribu.

ABSTRACT

Research on the detection of objects under the water (the coral reefs under shallow waters) has been done in Indonesia. However, much more research is done by direct measurement in the field. The method was developed from methods that have been done by utilizing remote sensing technology follows the Lyzenga method. Lyzengga method for the coral reef using Depth Invariant operators indexs (DII) by including the water column correction k_i/k_j Global (value k_i/k_j same for entire image) and the value of k_i/k_j can determine the homogeneity of a region. Assuming that an image consists of multiple homogeneous region, the development of this method, using a value of K_i/k_j regional mean values are not constant for the whole (taken from a region that is considered homogeneous). This method has been applied using AVNIR-2 satellite data dated August 3, 2009 for the Thousand Islands regency and better process (containing fewer errors) when compared with the method Lyzenga

Key Words: coral reef, covariance, water column correction, Seribu Islands.

1. PENDAHULUAN

Masyarakat dunia menempatkan Indonesia sebagai Negara *mega biodiversity* [Dahuri,2003], karena Indonesia terletak diwilayah pusat segitiga terumbu karang dunia yang disebut dengan “ *the coral triangle* “, memiliki berbagai jenis terumbu karang yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia dengan luasannya diperkirakan mencapai 50.000 km² atau hampir 25 % terumbu karang dunia, serta speciesnya lebih dari 500 jenis atau setara dengan 75 % keanekaragaman jenis terumbu karang dunia.

Pengunaan teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk mendeteksi terumbu karang bagi negara yang mempunyai wilayah yang sangat luas dan memerlukan waktu yang relatif singkat serta biaya murah [Green *et al.*, 2000]. Terumbu karang dan obyek bawah/dasar perairan dangkal lainnya dapat dideteksi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh didasarkan pada analisa karakteristik respon

spektral gelombang elektromagnetik dari setiap band yang direkam oleh sensor satelit, karena setiap obyek memiliki respon yang spesifik terhadap radiasi elektromagnetik [Lillesand dan Kiefer-1999], begitu pula dengan [Lyzenga-1981, Ahmad dan Neil-1994, Matsunaga et al-2000] yang telah melakukan pemetaan terumbu karang dengan menggunakan sepasang band-1 (biru) dan band (hijau), juga [Maritorena *et al.*-1994] yang telah melakukan penelitian pada perairan dangkal, mengatakan bahwa radiansi yang diamati/diukur/diterima sensor dipengaruhi oleh sifat refleksi objek didasar dan air di atasnya.

Studi tentang keterbatasan penggunaan data satelit penginderaan jauh untuk mendeteksi terumbu karang serta ekosistem diperairan dangkal, antara lain: penelitian [Hochberg and Atkinson-2003] dan [Mumby *et al.* -1997] yang telah menggunakan Satelit yang bebas awan (*clear*) yaitu: Landsat MSS, TM, SPOT-XS dan Panchromatik serta kombinasi Landsat dengan SPOT untuk memetakan terumbu karang di Caribbean dengan menggunakan klasifikasi hirarki sampai kedalaman maksimum 20 meter. Begitu pula dengan [Dobson and Dustan-2000] telah mencatat bahwa penggunaan satelit Landsat TM and SPOT masih menyisakan banyak keterbatasan dalam melakukan pemetaan terumbu karang. Begitu penelitian [Arief-2011] yang mempunyai kesulitan memisahkan antara terumbu karang dengan pasir serta menklaskan objek dengan ukuran spasial lebih kecil dari 20 meter. Akhirnya untuk menghindari hal tersebut, digunakan satelit ALOS AVNIR-2 yang mempunyai band spektral hampir sama dengan band spektral Landsat, tetapi mempunyai resolusi yang relatif lebih baik (10 meter), dengan harapan, hasil yang diperoleh mendeteksi terumbu karang lebih baik dari dibandingkan dengan hasil yang diperoleh menggunakan data Landsat.

Pada paper ini diterangkan pengembangan metode deteksi terumbu karang dan objek diasar perairan dangkal menggunakan data satelit ALOS-AVNIR-2. Metode yang dibangun mengikuti alur pikir dari Lyzenga-1981, yaitu menggunakan operator Depth Invarian Indexs (DII) dengan mengikut sertakan koreksi kolom air (water colom correction atau Ki/Kj) antara dua nilai band reflektansi spektral sensor satelit, kemudian dilakukan klasifikasi. Akan tetapi pada pengembangan metode ini, nilai koefisien Ki/Kj tidak konstan (tidak digunakan untuk seluruh citra), melainkan disesuaikan dengan wilayah dan nilai minimum dari masing-masing wilayah. Wilayah pada penelitian ini dibagi tiga yaitu: Wilayah sangat dangkal, agak dangkal dan laut.

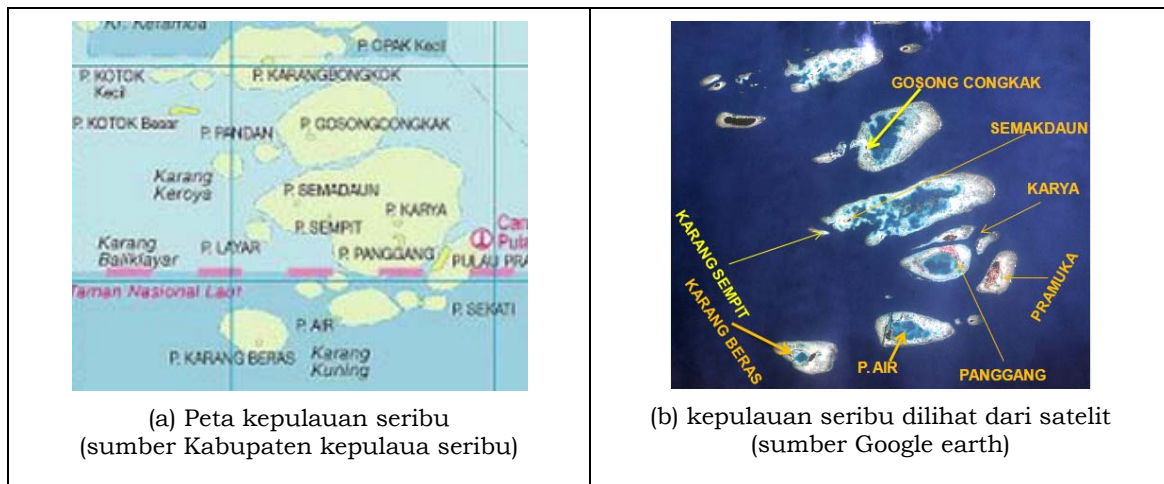
Pengolahan dimulai dengan pemotongan cita, proses koreksi geometik dan mentransformasikan citra digital number ke bentuk citra reflektansi. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan menggunakan operator Depth Invarian Indexs (DII) dengan mengikut sertakan nilai koefisien Ki/Kj yang disesuaikan dengan wilayah tertentu. Hasil dari operator tersebut, kemudian dilakukan pengklasasan dengan metode thesholding. Ternyata hasil dari pengembangan metode ini, menghasilkan citra yang lebih baik (sedikit mengandung kesalahan) setelah dibandingkan dengan citra hasil dari Lyzenga. Data AVNIR-2 yang digunakan tanggal 3 Agustus 2009 dengan studi kasus Kabupaten kepulauan Seribu (sekitar Pulau Semakdaun).

2. STUDI PUSTAKA

2.1. Kepulauan Seribu dan terumbu Karang

Wilayah kepulauan seribu ditetapkan menjadi Kabupaten berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 55 tahun 2001 tentang Pembentukan Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu. Kabupaten Kepulauan Seribu terletak pada lokasi antara 06°00'40" - 05°54'40" Lintang Selatan dan 106°40'45" - 109°01'19" Bujur Timur, dengan luas daratan mencapai 897,7 ha dan luas perairannya 6997.50 km², dengan jumlah pulau sekitar 110 buah dengan rincian 24 pulau mempunyai luas lebih dari 10 ha, 26 pulau mempunyai luas antara 5-10 ha dan 50 buah pulau mempunyai luas kurang dari 5 ha (lihat Gambar 1.a).

Pada umumnya keadaan geologi kepulauan seribu terbentuk dari batuan kapur, karang/pasir dan sedimen. Jenis tanah di daratan berupa pasir koral yang merupakan pelapukan dari batu gamping terumbu koral dengan ketebalan umumnya <1 m dan di beberapa tempat dapat mencapai ketebalan 5 m, pasir koral merupakan hancuran (detrital) yang berwarna putih keabuan, lepas. Pada beberapa pulau khususnya pada daratan pantai sering ditumbuhi oleh pohon bakau sehingga dijumpai lapisan tanah organik yang sangat lunak berasal dari pelapukan tumbuh-tumbuhan serta material yang terbawa oleh arus laut dan tertahan pada akar pohon bakau. Kedalaman laut di Kepulauan Seribu mempunyai kedalaman berkisar antara 0-40 meter. Hanya ada 2 tempat yang mempunyai kedalaman lebih dari 40 meter, yaitu sekitar pulau payung dan Pulau Tikus/Pulau Pari (lihat Gambar 1.b).

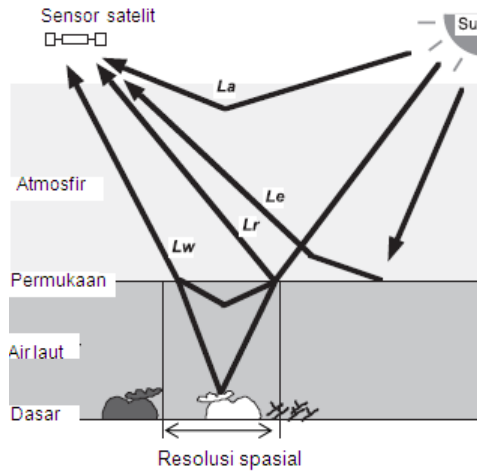


Gambar 1. sebagian peta dan informasi kepulauan seribu

Pada Gambar 1.b menunjukkan bahwa sebagian besar dasar perairan di Kepulauan Seribu terdiri dari terumbu karang. Terumbu karang (coral reef) merupakan organisme yang hidup di dasar perairan laut dangkal terutama di daerah tropis dan memiliki produktivitas tinggi. Terumbu karang terutama disusun oleh karang-karang jenis anthozoa dari kelas Scleractinia (Vaughn dan Wells, 1943 in Idris, 2004). Odum (1993) mendefinisikan terumbu karang sebagai bagian ekosistem yang dibangun oleh sejumlah biota, baik hewan maupun tumbuhan yang secara terus-menerus mengikat ion kalsium (Ca^{2+}) dan karbonat (CO_3^{2-}) dari air laut yang menghasilkan rangka kapur, kemudian secara keseluruhan bergabung membentuk terumbu. Terumbu adalah endapan-endapan masif yang penting dari kalsium karbonat yang dihasilkan oleh hewan karang, alga berkapur, dan organisme lain yang mensekresi kalsium karbonat (Nybakken 1992). Karang terbagi atas dua kelompok yaitu hermatifik dan ahermatifik. Karang hermatifik dapat menghasilkan terumbu sedangkan ahermatifik tidak. Karang ahermatifik tersebar luas di seluruh dunia, tetapi karang hermatifik hanya ditemukan di daerah tropis saja. Perbedaan yang mencolok adalah bahwa dalam jaringan karang hermatifik terdapat sel-sel tumbuhan yang bersimbiosis yang dinamakan zooxanthellae, sedangkan karang ahermatifik tidak (Nybakken,1992).

2.2. Radiasi Elektromagnetik dan Reflektansi Spectral

Sebagai mana diketahui bahwa factor kunci dalam penginderaan jauh adalah arah dari energy gelombang/sinar matahari, refleksi, refraksi, hamburan yang mana porsi distribusi dari energy (refleksi, refrkasi, hamburan) tergantung pada sudut datang energy matahari dan material objeknya. Kusus untuk objek yang berada di bawah permukaan laut/objek yang berada didasar perairan dangkal (shallow water depth) sebagaimana terlihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Konsep dasar interaksi energi antara objek dan energi datang

Pada Gambar 2 menunjukkan energi satu pixel (picture element) yang ditangkap oleh sensor satelit penginderaan jauh dipengaruhi oleh berbagai factor antara lain: energy refleksi, refraksi, hamburan, yang mana porsi radiasi yang dipantulkan, diserap atau diteruskan akan berbeda. Hal ini tergantung pada kondisi dan jenis bahan/materialnya serta pada panjang gelombang yang disebut dengan spectral.

Spectral reflektance yang direkam oleh tergantung pada reflectance objek dan kedalaman. Pada cahaya tampak, variasi spektral menghasilkan efek visual yang disebut warna, dan nilai reflektansi sebuah objek dapat dihitung dengan mengukur porsi radiasi yang dipantulkan sebagai fungsi dari panjang gelombang yang disebut reflektansi spectra.

Pada tahun 1981, Lyzenga mengusulkan suatu metode untuk meningkatkan ketelitian informasi di bawah permukaan perairan dangkal. Metode ini dikenal sebagai indeks Kedalaman Invarian (Depth Invariant Index) yang didasarkan pada kenyataan bahwa cahaya yang dipantulkan dari bawah merupakan fungsi linear dari reflektansi dasar perairan dan fungsi eksponensial dari kedalaman air yang dituliskan melalui persamaan di bawah ini.

$$depth - invariant\ index_{ij} = \ln(L_i) - \left[\left(\frac{k_j}{k_i} \right) \ln(L_j) \right] \dots\dots\dots 1$$

$$k_i/k_j = a + \sqrt{a^2 + 1} \quad \text{dan} \quad a = \frac{\sigma_{ii} - \sigma_{jj}}{2\sigma_{ij}} \dots\dots\dots 2$$

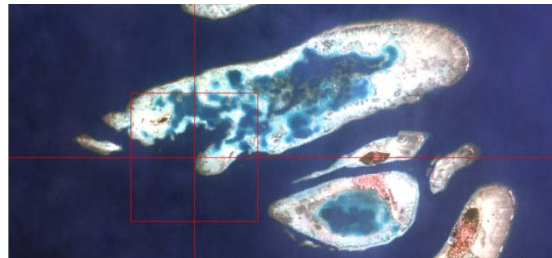
dimana L_i dan L_j adalah nilai reflektansi dari band ke- i dan ke- j
 k_i/k_j : adalah ratio coefficient attenuasi dari band ke- i dan ke- j
 σ_{ii} : Variance of band i , σ_{jj} : Variance of band j . σ_{ij} : Covariance of band ij .

Percobaan yang menggunakan teknik pengolahan citra untuk membedakan karang, alga, pasir, dilakukan oleh Hochberg dan Atkinson-2003, yang menghasilkan bahwa: nilai reflektance pasir lebih besar dari pada nilai reflektance karang dan lebih besar dari nilai reflektance alga dan mempunyai perbedaan maximum pada spektrum 0.5-0.6 mikrometer. Dengan demikian objek yang berbeda di dasar laut memiliki spektrum karakteristik yang berbeda pula khususnya pada band hijau pada citra AVNIR-2.

2.3. Satelit ALOS AVNIR-2

Satelit ALOS (Advanced Land Observation Satellite) adalah satelit Jepang yang telah diluncurkan pada 24 Januari 2006 dari Tanegashima Space Center Jepang. Satelit tersebut dilengkapi dengan tiga sensor penginderaan jauh yaitu: sensor PRISM (*Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping*), *Phased Array Type L-Band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR) yang mempunyai resolusi spasial 10 meter sampai dengan 100 meter dengan frekwensi 1.3 GHz dan *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2* (AVNIR-2). Satelit ALOS beredar mengitari bumi pada ketinggian 691.5 kilometer dan mengamati daerah

yang sama dalam selang waktu 46 hari. karakteristik band dari citra AVNIR-2 dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Citra ALOS yang digunakan dalam penelitian ini adalah AVNIR-2 yang diambil pada tanggal 3 Agustus 2009 dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Citra RGB ALOS-AVNIR-2 Tanggal 3 Agustus 2009

Tabel 1. Karakteristik band dari sensor AVNIR-2 satelit ALOS

Band	Wavelength Region (µm)	Resolution (m)	Kegunaan
1	0.42-0.50 (blue)	10	Tanggap peningkatan penetrasi tubuh air. Serta Mendukung analisis sifat khas lahan, tanah, vegetasi
2	0.52-0.60 (green)	10	MenekankanMengindra puncak pantulan vegetasi serta perbedaan vegetasi dan nilai kesuburan
3	0.61-0.69 (red)	10	Untuk memisahkan vegetasi melalui daya serapan klorofil dan memperkuat kontras vegetasi dan bukan vegetasi
4	0.76-0.89 (near-IR)	10	Identifikasi tipeTanggap biomasa vegetasi dan untuk meng vegetasi serta Memperkuat kontras tanah - tanaman dan lahan - air
PAN	0.52-0.77	2.5	

Sumber : <http://www.alos-restec.jp>

3. METODE PENGOLAHAN

Sebagai mana disebutkan diatas bahwa: metode penelitian ini dilakukan dengan mengikuti idea dari Lyzenga-1981, Metode yang pernah dilakukan oleh Lyzenga adalah melakukan koreksi kolom air menggunakan persamaan *Depth Invariant Index*. Kemudian dilakukan pengklasan.

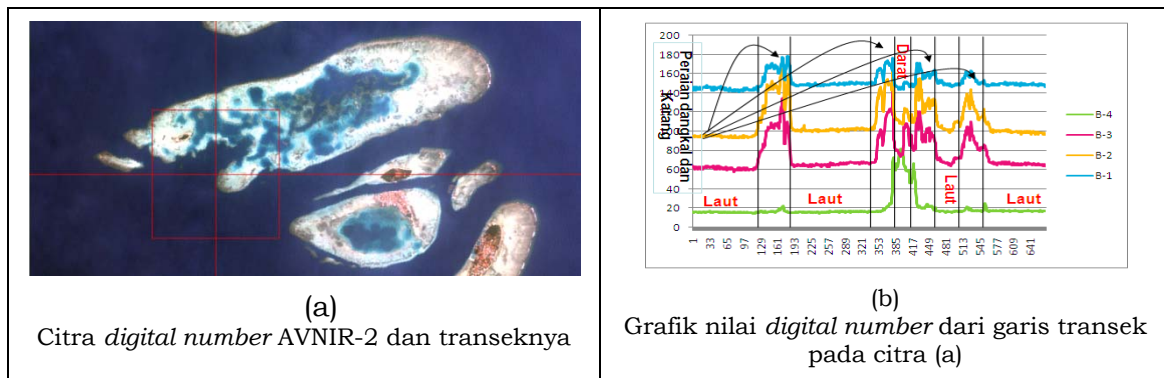
Pada metode penelitian ini sama menggunakan koreksi kolom air menggunakan persamaan *Depth Invariant Index*. Akan tetapi konstanta tersebut tidak digunakan untuk seluruh citra, melainkan hanya digunakan untuk region yang dianggap sama. Urut-urutan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Melakukan koreksi Geometrik.
2. Mengnentukan/ membagi perairan menjadi 3 bagian yaitu : perairan sangat dangkal, perairan agak dangkal dan laut (dalam).
3. Menghitung index k_i/k_j nya serta nilai minimum dari band-1 dan band-2. setelah itu dilakukan perhitungan dengan mengikut sertakan nilai minimumnya. Artinya apabila nilai reflektansi citra lebih besar dari nilai minimum B1 dan B2 dari perairan tertentu, maka citra diproses dengan menggunakan persamaan *Depth Invariant Index* dengan kontstanta k_i/k_j yang sesuai.
4. Pengklasan dengan menggunakan metode thresholding.
5. Melakukan pengklasan citra dengan menggunakan metode Lyzenga dan hasil dari proses 1,2,3,4 dengan proses 5 (membandingkan hasil yang dilakukan denganalgorithma dengan dengan hasil dari metode yang pernah dilakukan oleh Lyzenga).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder berupa citra satelit ALOS-AVNIR-2 dengan resolusi spasial 10 meter. Sedangkan peralatan yang digunakan meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang digunakan meliputi Computer dengan sistem operasi *Windows*, ER-MAPPER merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini.

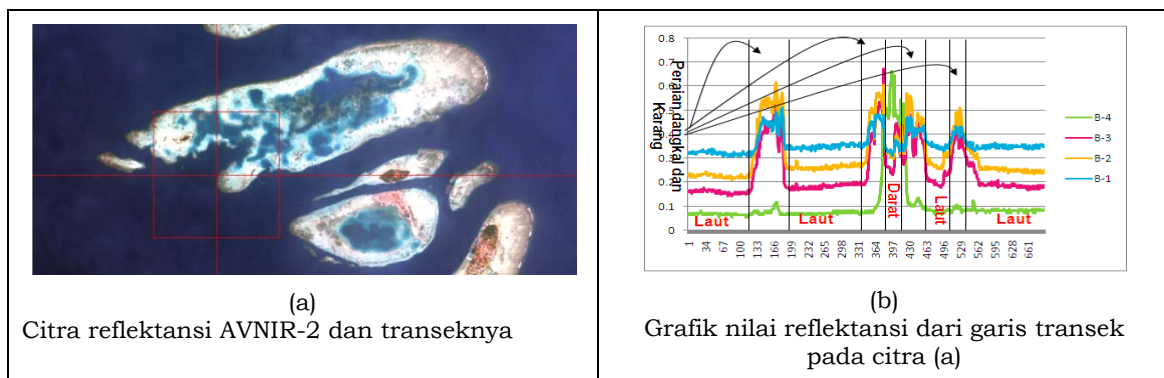
4. PENGOLAHAN DAN ANALISIS

Sebagaimana diterangkan di atas, bahwa citra digital number harus ditransformasikan terlebih dahulu kepada citra reflektansi. Hal ini dikarenakan citra digital number tidak sensitive terhadap perubahan objek (lihat Gambar 4), dimana nilai digital number band 1 selalu lebih besar dari band lainnya baik untuk darat maupun di laut.



Gambar 4. citra digital number dari AVNIR-2 dan grafik dari garis transeknya.

Pada Gambar 4.b menunjukkan bahwa untuk wilayah laut nilai digital number hampir konstan untuk seluruh band spectral dengan nilai B1 lebih besar dari B2 lebih besar dari B3 dan lebih besar dari B4 ($B1 > B2 > B3 > B4$), begitu pula untuk perairan dangkal (kurang dari 1 meter). Akan tetapi untuk darat pun terjadi hal yang sama (seharusnya nilai digital number dari band 4 lebih besar dari band 1). Oleh karena itu, sebelum dilakukan pemerosesan, citra digital number ditransformasikan ke dalam citra reflektansi sebagai mana terlihat pada Gambar 5 di bawah ini.

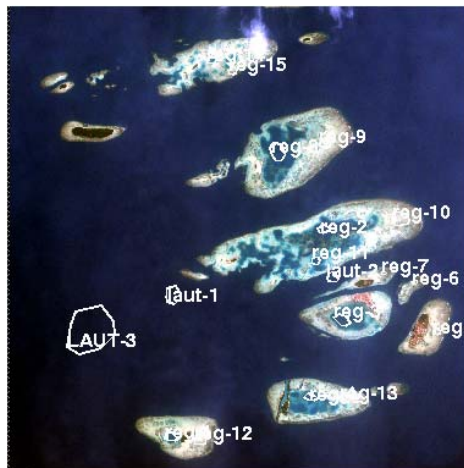


Gambar 5. Citra reflektansi dari AVNIR-2 dan grafik dari garis transeknya

Pada Gambar 5.a menunjukkan bahwa secara visual citra tersebut mempunyai kualitas yang sama dengan Gambar 4.a. Pada Gambar 5.b adalah grafik nilai reflektansi yang mempunyai nilai minimum reflektansi adalah nol dan maksimumnya satu. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa untuk wilayah laut nilai nilai reflektansinya hampir konstan untuk semua band ($B1 > B2 > B3 > B4$), sedangkan untuk daratan nilai reflektansi b-4 lebih dominan

dari band lainnya dan juga untuk perairan dangkal adakalanya nilai reflektansi band2 lebih besar dari band1.

Kemudian, pada citra reflektansi dilakukan pengamatan/ *training area* (lihat Gambar 6). dalam hal ini, dilakukan 18 training area dan masing-masing nilai training area tersebut mewakili wilayah laut, perairan sangat dangkal dan agak dangkal (lihat Gambar 6 dan nilai-nilai statistiknya dapat dilihat pada Table 4.1.



Gambar 6. Citra AVNIR-2 dan lokasi training area

Tabel 2. Nilai Statistik dari training data

No	region	mean B-1	mean B-2	min B1	max B1	min B-2	max b-2
1	reg-15	0.403	0.449	0.33	0.47	0.321	0.56
2	reg-13	0.464	0.555	0.42	0.498	0.478	0.606
3	reg-12	0.435	0.52	0.386	0.487	0.437	0.624
4	reg-10	0.435	0.508	0.375	0.504	0.379	0.647
5	reg-9	0.462	0.563	0.414	0.493	0.461	0.612
6	reg-7	0.395	0.425	0.353	0.459	0.356	0.536
7	reg-6	0.404	0.439	0.364	0.442	0.361	0.513
8	reg-5	0.414	0.469	0.381	0.448	0.402	0.536
9	reg-14	0.412	0.409	0.375	0.454	0.356	0.501
10	reg-11	0.38	0.326	0.358	0.414	0.297	0.385
11	reg-8	0.358	0.283	0.319	0.381	0.262	0.321
12	reg-4	0.38	0.319	0.358	0.398	0.303	0.356
13	reg-3	0.367	0.311	0.347	0.403	0.286	0.361
14	reg-2	0.373	0.299	0.347	0.392	0.28	0.315
15	reg-1	0.355	0.314	0.325	0.431	0.286	0.455
16	laut-1	0.313	0.211	0.291	0.336	0.192	0.227
17	laut-2	0.353	0.271	0.336	0.375	0.257	0.292
18	laut-3	0.292	0.184	0.269	0.314	0.163	0.21

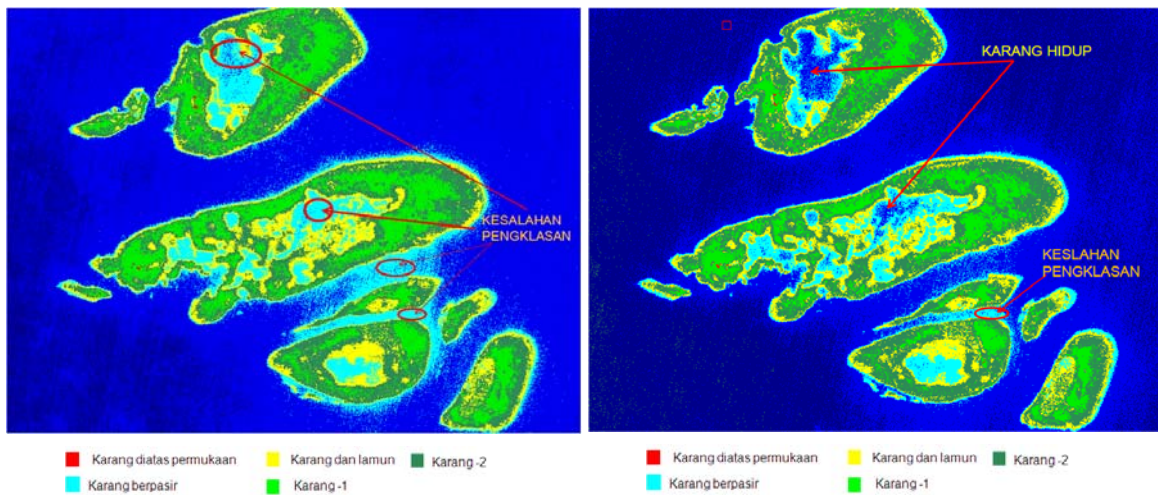
Berdasarkan nilai pada Tabel 2, untuk masing-masing wilayah, dihitung nilai varian, Covarianve serta index koreksi kolom air (*water column correction*) ki/kj. Untuk perairan sangat dangkal dari nomor 1 sampai dengan nomor 8 dan untuk perairan agak dangkal dari nomor 9 sampai dengan nomor 15. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini. Pada tabel tersebut, menunjukkan bahwa nilai Ki/kj untuk masing-masing perairan lebih besar dari nilai Ki/kj untuk seluruh region/citra. Hal ini berarti nilai Ki/Kj menunjukkan homogenitas suatu region. Apabila suatu region mendekati homogen, maka nilai ki/Kj mendekati satu dan apabila tidak homogen maka nilai ki/kj menjauhi satu atau mendekati nol. Pada Tabel 3 juga menunjukkan bahwa nilai covariance antara band1 dan band2 untuk seluruh citra lebih besar dari pada masing-masing wilayah/region. Di samping menghitung nilai variancenya, juga dapat diturunkan nilai minimum serta maksimum dari masing-masing wilayah perairannya.

Berdasarkan pengamatan pada table 2, nilai minimum dan nilai maximum untuk perairan sangat dangkal adalah (0.33, 0.504) untuk band1 dan (0.321, 0.647) untuk band-2, untuk perairan agak dangkal pada band-1 adalah (0.319, 0.454) dan pada band-2 adalah (0.262, 0.501), sedangkan untuk laut nilai minimum dan maximum pada band-1 adalah (0.269, 0.375) dan pada band-2 adalah (0.163, 0.292).

Tabel 3. Nilai variance dan covarian serta indeks ki/kj untuk masing-masing perairan

No.	Perairan	Var B-1	Var B-2	Cov (B1,B2)	Nilai Ki/Kj
1	Seluruh region	0.002134958	0.011792	0.004033879	0.999980522
2	Sangat dangkal	0.000716857	0.002817	0.00123225	0.999998706
3	Agak dangkal	0.000362667	0.001637	0.000597286	0.999999619
4	Laut	0.000960333	0.001983	0.000919333	0.99999953

Nilai minimum tersebut diatas, digunakan untuk menentukan nilai *threshold* ketika memproses citra. Apabila nilai reflektan citra B1 dan B2 lebih besar dari (0.33, 0.321) maka Kedalaman Invarian $\ln(i1)-0.999998706*\ln(i2)$, jika nilai reflektan citra B1 dan B2 lebih besar dari (0.319, 0.262) maka Kedalaman Invarian $\ln(i1)-0.999999619*\ln(i2)$, jika tidak maka Kedalaman Invarian $\ln(i1)-0.99999953*\ln(i2)$. Hasil pemrosesan DII dengan menggunakan satu nilai Ki/Kj (metode Lyzenga) dan beberapa nilai Ki/Kj (metode Lyzenga modifikasi) dapat dilihat pada Gambar 7.a dan 7.b. di bawah ini.



(a) hasil proses dengan metode Lyzenga

(b) hasil prses dengan metode modifikasi Lizengga

Gambar 7. Hasil proses metode Lyzenga dan metode yang modifikasi

Gambar 7.a menunjukkan bahwa ada beberapa region yang dikelaskan menjadi terumbu karang (ditunjukkan dengan arah panah), dan ada beberapa region karang hidup/lunak yang diklaskan dengan karang berpasir. Pada Gambar 7.b. menunjukkan bahwa beberapa region diklaskan menjadi karang hidup. (karang hidup maupun karang mati diklaskan hanya menjadi karang hidup), dan ada juga karang yang diklaskan menjadi lautan (tidak diklaskan menjadi karang) sedangkan pasir tetap diklaskan sebagai pasir.

Berdasarkan analisis kedua citra di atas, maka metode Lyzenga yang menggunakan koreksi kolom air ki/Kj untuk seluruh citra akan menghasilkan nilai ki/kj lebih kecil dibandingkan dengan metode yang diusulkan ($ki/kj_{Global} < Ki/kj_{regional}$). Hal ini mempengaruhi hasil klasifikasi akhir atau dapat dikatakan operator *Depth Invariance Index* (DII) global kehilangan informasi lokal citra. Akan tetapi sebaliknya operator DII dari metode Lyzenga lebih sensitive terhadap perubahan diakibatkan oleh faktor diluar objek /faktor eksternal (seperti keadaan

atmosphere, atau lainnya). Akibatnya Pengolahan citra dengan menggunakan operator depth Invariance Indexs (DII) dengan menggunakan K_i/K_j yang disesuaikan dengan wilayah region ternyata lebih baik, jika dibandingkan dengan k_i/k_j^{Global} untuk seluruh citra.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa di atas, maka dapat disimpulkan bahwa Citra AVNIR-2 dengan resolusi 10 meter, lebih mudah digunakan mendeteksi terumbu karang dan objek lainnya yang berada didasar perairan dangkal. Hal ini dikarenakan ukuran spatial objek hampir lebih besar dari resolusi citra.

Nilai K_i/K_j kan menentukan homogenitas suatu region, artinya tambah homogen suatu region, maka nilai k_i/k_j akan mendekati satu dan apabila tidak homogen akan terjadi sebaliknya.

Berdasarkan perhitungan nilai $k_i/k_j^{\text{Global}} < K_i/k_j^{\text{regional}}$ dengan demikian pengklasian dengan menggunakan nilai k_i/k_j^{Global} kurang sensitif dibandingkan dengan menggunakan $K_i/k_j^{\text{regional}}$ akibatnya mempengaruhi hasil akhir dari proses klasifikasi objek.

Pengolahan citra dengan menggunakan operator depth Invariance Indexs (DII) dengan menggunakan $K_i/k_j^{\text{regional}}$ ternyata lebih baik, jika dibandingkan dengan k_i/k_j^{Global} untuk seluruh citra. Karena penggunaan nilai k_i/k_j^{Global} , maka operator DII akan kehilangan informasi lokal citra.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ahmad, W., & Neil, D. T. (1994). An evaluation of Landsat Thematic Mapper (TM) digital data for discriminating coral reef zonation: Heron Reef (GBR). *International Journal of Remote Sensing*, 15, 2583-2597.
- [2]. Arief Muchlisin, Aplikasi Data Satelit SPOT – 4 Untuk Mendeteksi Terumbu Karang, Studi Kasus : Pulau Pari, Laporan kegiatan tahun 2011.
- [3]. Dahuri, R, 2003, Keanekaragaman Hayati laut, Aset pembangunan berkelanjutan Indonesia , PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [4]. Dobson EL, Dustan P (2000) The use of satellite imagery for detection of shifts in coral reef communities. *Proceedings, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing* Washington, D.C.
- [5]. Green, E.P., P.J. Mumby. A.J. Edwards, and C.D. Clark. 2000. *Remote sensing handbook for tropical coastal management*. UNESCO, Paris.
- [6]. Hochberg, E. and M. Atkonsson. 2003, *Spectral discrimination of coral reef benthic communities, Coral Reefs*, Vol, 19: 164 – 171
- [7]. Idris. 2004. *Pendugaan Laju Kalsifikasi Karang dengan Menggunakan Radioisotop⁴⁵ CaCl₂ Sebagai Tracer (Penanda) Pada Karang Jenis Euphyllia cristata, di Pulau Pari Kepulauan Seribu*. Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Skripsi (Tidak Dipublikasikan).
- [8]. Lillesand, T. and Kiefer, R. 1999. "Remote Sensing and Image Interpretation". 4th Edition, John Wiley & Sons Inc., ISBN 0-471-25515-7.
- [9]. Luczkovich, J. J., T. W. Wagner, J. L. Michalek, and R. W. Stoffle. 1993. Discrimination of Coral Reefs, Seagrass Meadows, and Sand Bottom Types from Space: a Dominican Republic Case Study. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 59 (3): 385-389
- [10]. Lyzenga, David R. 1978. Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Features. *Applied Optics*. 17: 379-383.
- [11]. Lyzenga Dr, 1981. Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and Landsat Data. *International Journal of Remote Sensing*. 2 (1): 71-82
- [12]. Maritorena, S. 1996. Remote Sensing of the Water Attenuation in Coral Reefs: a Case Study in French Polynesia. *International Journal of Remote Sensing*. 17 (1): 155-166
- [13]. Mumby, P. J., C. D. Clark, E. P. Green, and A. J. Edwards. 1998. Benefits of Water Column Correction and Contextual Editing for Mapping Coral Reefs. *International Journal of Remote Sensing*. 19 (1): 203-210
- [14]. Purkis, S., J. A. M. Kenter, E. K. Oikonomou, and I. S. Robinson. 2002. High-Resolution Ground Verification, Cluster Analysis and Optical Model of Reef Substrate Coverage on Landsat TM Imagery (Red Sea, Egypt). *International Journal of Remote Sensing*. 23 (8): 1677-1698.
- [14]. Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis* (Alih bahasa oleh: Muh. Eidman, Koesoebiono, Dietrich G.B., M. Hutomo, S. Sukardjo). Penerbit PT. Gramedia. Jakarta. 459 hal.

- [15]. Odum, E. P. 1993. Dasar-dasar Ekologi. (Alih Bahasa oleh : Samingan T. dan B. Srigandono). Fundamental of Ecology. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [16]. Siregar, Vincentius. 1996. Pengembangan Algoritma Pemetaan Perairan Dangkal (Terumbu Karang) dengan Menggunakan Citra Satelit: Aplikasi pada Daerah Benoa, Bali. dalam: Kumpulan Makalah Seminar Konvensi Nasional Pembangunan Benua Maritim Indonesia. Herunadi (Ed). Jakarta: Direktorat TISDA Deputi Bidang PKA-BPPT dan Sekjen Dephankamnas: 19-29
- [17]. _____. 1996. Modified Lyzenga's Method for Macroalgae Detection in Water with non-Uniform Composition. International Journal of Remote Sensing. 17 (8): 1601-1607
- [18]. _____ <http://www.alos-restec.jp/>