

ANALISIS CITRA ALOS AVNIR-2 UNTUK PEMETAAN TERUMBU KARANG (STUDI KASUS: BANYUPUTIH, KABUPATEN SITUBONDO)

Nana Suwargana*)

*)Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN
e-mail: nana.suwargana@gmail.com

Abstract

Marine resources of coastal areas of coral reefs is the main life-supporting ecosystems that are important for human survival. However, information about the conditions and benefits are always often overlooked by humans, because their activities are focused on development which are instances such as farms, settlements and so forth while the reef is left up to vanish. Remote sensing technology can be present and observe the condition of coral reefs to some extent. The information can be obtained from the analysis of remote sensing data is the physical condition of land cover objects shallow waters. In the event of remote sensing data analysis for mapping coral reefs in coastal areas Banyuputih, Situbondo, East Java. Analysis of remote sensing data by using satellite data ALOS (Advanced Land Observing Satellite) sensor used is AVNIR -2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2) who had 4 channels (visible light blue, green, red and near-infrared). The information extraction of Coral reefs by using algorithm approach derived from the transformation Lyzengga (1978) with the channels used are blue and green channels. The result of ALOS-AVNIR-2 satellite image interpretation shows that the distribution of coral reef ecosystems in coastal areas Banyuputih found; reef flats, fringing reef and barrier reef. Classification of coral reefs into three classes: reef, sand, and seagrass. Based on the statistical data of ALOS AVNIR-2 coral reefs in areas Banyuputih ranging covering 240.96 ha.

Key Words : coral reefs, the image of ALOS-AVNIR-2, Lyzengga transformation

Abstrak

Sumber daya wilayah pesisir laut terumbu karang merupakan ekosistem utama pendukung kehidupan yang penting bagi kelangsungan hidup manusia. Namun informasi mengenai kondisi dan manfaatnya selalu sering terabaikan oleh manusia, karena kegiatan mereka hanya terfokus pada pembangunan yang bersifat instans seperti pertambakan, permukiman dan lain sebagainya sedangkan terumbu karang dibiarkan hingga sampai lenyap. Teknologi penginderaan jauh dapat menyajikan dan mengamati kondisi terumbu karang sampai pada batas tertentu. Informasi yang dapat diperoleh dari data penginderaan jauh adalah analisis kondisi fisik penutup lahan obyek perairan dangkal. Pada kegiatan ini dilakukan analisis data penginderaan jauh untuk pemetaan terumbu karang di wilayah pesisir Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Analisis data penginderaan jauh menggunakan data satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) dengan sensor yang digunakan adalah AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*) yang memiliki 4 kanal (cahaya tampak biru, hijau, merah dan inframerah-dekat). Ekstraksi informasi terumbu karang menggunakan pendekatan algoritma yang diturunkan dari transformasi Lyzengga (1978) dengan kanal yang digunakan adalah kanal biru dan hijau. Hasil interpretasi citra satelit ALOS AVNIR-2 menunjukkan bahwa sebaran ekosistem terumbu karang di wilayah pesisir Banyuputih dijumpai rataan karang (*reef flat*), karang tepi (*fringing reef*), dan karang yang terpisah dari daratan (*barrier reef*). Klasifikasi terumbu karang menjadi tiga klas: karang (*reef*), pasir (*sand*), dan lamun (*seagrass*). Berdasarkan data statistik ALOS AVNIR-2 luas terumbu karang di wilayah Banyuputih berkisar seluas 240.96 Ha.

Kata kunci : terumbu karang, citra ALOS-AVNIR-2, Transformasi Lyzengga

1. Pendahuluan

Identifikasi ekosistem terumbu karang untuk pemetaan telah banyak dilakukan dengan menggunakan data satelit Landsat (*Land Satellite*). Satelit Landsat adalah satelit bumi buatan Amerika Serikat yang dimanfaatkan untuk pengamatan permukaan bumi secara lebih luas. Seri Landsat yang telah banyak digunakan dalam penelitian adalah seri Landsat-7 ETM dan merupakan seri Landsat yang berakhir beroperasi. Sensor Landsat-7 ETM mempunyai 7 kanal/band spectral yang berfungsi untuk mendeteksi permukaan bumi. Kanal/band yang dapat digunakan untuk mendeteksi perairan dangkal adalah dengan menggunakan spektral visible (sinar tampak) yaitu kanal/band B1 (sinar biru) yang bekerja pada panjang gelombang 0,45 -0,52 μm dan B2 (sinar hijau) yang bekerja pada panjang gelombang 0,52-0,60 μm . Kanal/band tersebut memiliki resolusi spasial 30 meter dan mampu melakukan penetrasi badan kolom air

hingga kedalaman kurang lebih 10 meter (band 2 kedalaman kurang-lebih 5 meter dan band 1 sampai 10 meter), sehingga kenampakan perairan dangkal seperti keberadaan terumbu karang akan terdeteksi oleh kanal-kanal tersebut.

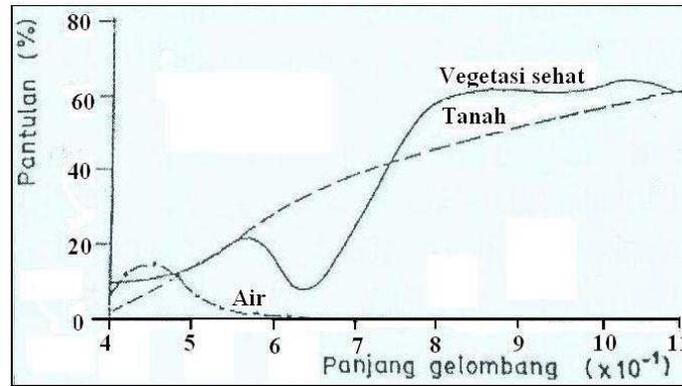
Selain menggunakan data satelit Landsat, dapat juga menggunakan data satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satelite*) yang mempunyai interval spektralnya mirip dengan data Landsat-7 ETM yang umumnya digunakan untuk ekstraksi informasi dasar perairan (pemetaan terumbu karang), perbedaannya adalah pada resolusi spasialnya dan resolusi spektralnya lebih tinggi. Sensor satelit ALOS yang digunakan untuk deteksi terumbu karang adalah sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared type 2*) dengan resolusi 10 meter karena bisa digunakan untuk menetrasi badan kolom air. Sensor AVNIR-2 terdiri dari 4 kanal/band, yaitu: B1 (biru), B2 (hijau), B3 (merah), dan B4 (inframerah-dekat), dua di antaranya (sinar biru dan hijau) dapat digunakan untuk identifikasi sebaran terumbu karang, lihat Tabel 1. Kanal biru (0,42 - 0,50 μm) mampu bernetrasi hingga kedalaman 25 meter, kanal hijau(0,52-0,60 μm) hingga 15 meter dan kanal merah(0,61-0,69 μm) hingga kedalaman 5 meter (Edwards et al,1999 dalam Anne K.S et al, 2008).

Tabel 1-1. Saluran spektral yang digunakan dalam sistem data ALOS AVNIR-2 dan karakteristiknya.

DATA ALOS (ANVIR-2)			
Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)	Karakteristik
1 (biru)	0,42 – 0,50	10	Penetrasi maksimum pada air berguna untuk pemetaan batimetri perairan dangkal
2 (hijau)	0,52 – 0,60	10	Berfungsi untuk mengindra puncak pantulan vegetasi.
3 (merah)	0,61 – 0,69	10	Berfungsi untuk membedakan absorpsi klorofil dan tipe vegetasi.
4 (merah dekat)	0,76 – 0,89	10	Untuk menentukan kandungan biomas, tipe vegetasi, pemetaan garis pantai.

SUMBER : ALOS : NASDA (JAPAN,2004)

Nilai spektral sensor AVNIR-2 mampu menyediakan informasi lebih rinci tentang suatu obyek atau fenomena dibandingkan dengan sensor lainnya. Kerincian resolusi spektral pada kisaran spektrum visible dan inframerah-dekat sangat penting, karena pada kisaran spektrum radiasi tersebut banyak obyek indera yang memberikan respon berbeda terhadap energy elektromagnetik. Oleh karenanya, semakin rinci resolusi spektral pada kisaran tersebut maka semakin banyak informasi yang dapat dijadikan acuan untuk mengidentifikasi jenis obyek pada citra satelit indera. Pada Gambar 1-1 disajikan kurva pantulan spektral untuk tiga jenis obyek indera, yaitu vegetasi, tanah kering, dan air. Puncak kurva pantulan dari obyek air, tanah kering, dan vegetasi terjadi pada pajang gelombang yang berbeda. Puncak pantulan air terjadi panjang gelombang $\pm 0,45 \mu\text{m}$ (spektrum biru), sedangkan puncak pantulan vegetasi (secara umum) dengan kondisi pertumbuhan yang normal terjadi pada panjang gelombang $\pm 0,58 \mu\text{m}$ (spektrum hijau) dan pada spektrum inframerah dekat, yaitu 0,8 sampai 1,1 μm .



Sumber: Sutanto (1987)

Gambar 1-1 Karakteristik Spektral Data Satelit Terhadap Pantulan dari Obyek Air, Tanah, dan Vegetasi

Pemamfaatan sensor ANVIR-2 untuk mendeteksi perairan dangkal dinilai cocok sekali untuk pemetaan terumbu karang, karena selain mempunyai resolusi tinggi juga mempunyai kemampuan mendeteksi pantulan maksimum dari pada obyek air dengan puncak pantulan air terjadi pada panjang gelombang $\pm 0,45 \mu\text{m}$ (spektral biru), dan pantulan berkurang minimum pada panjang gelombang hingga $0,65 \mu\text{m}$ (spektrum merah). Tujuan penelitian ini adalah pemanfaatan data AVNIR-2 satelit ALOS untuk melakukan pemetaan terumbu karang di wilayah Banyuputih, Kabupaten Situbondo. Pemetaan terumbu karang dengan menggunakan metode transformasi Lyzengga dengan memanfaatkan kanal biru dan hijau dari data AVNIR-2.

2. Metodologi

Bahan dan Data

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data ALOS AVNIR-2 1B2G (terkoreksi geometrik terhadap data Landsat yang telah terkoreksi), posisi pada scene ALAV2A036473760 dan akusisi pada tanggal 15 Desember 2008 yang didalamnya tercover Kecamatan Banyuputih. Data ALOS diperoleh dari proyek kerja sama antara LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) dan JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency). Data lainnya yang digunakan adalah peta rupa bumi skala 1:50.000 dan peta administratif Kecamatan Banyuputih.

Secara geografis Kecamatan Banyuputih terletak di antara $7^{\circ} 44' 54.52'' - 7^{\circ} 55' 53.99''$ LS dan $114^{\circ} 18' 31.70'' - 114^{\circ} 25' 16.25''$ BT merupakan wilayah administrasi dari Kabupaten Situbondo yang terletak sekitar 38 Km kearah timur dari pusat pemerintahan, dan memiliki batas-batas : Sebelah timur Selat Bali, Sebelah Selatan Kabupaten Banyuwangi, Sebelah Utara Selat Madura, dan Sebelah Barat Kecamatan Asembagus. Luas Kecamatan Banyuputih adalah 481.670Km^2 atau 48.167 Ha. Terdiri atas 5 (lima) desa yang memiliki pantai dan sebagian besar wilayah Kecamatan Banyuputih merupakan tanah datar dengan ketinggian 0-10 m dari permukaan laut.

Metoda Penelitian

Pengolahan awal meliputi penggabungan data dan koreksi geometrik. Koreksi geometrik dilakukan dengan metode registrasi (*image to Image*). Citra acuannya adalah citra georeferensi yang telah terkoreksi dengan koordinat peta dari Bakosurtanal. Penyamaan posisi ini dimaksudkan agar posisi piksel citra original menjadi sama dengan citra terkoreksi. Jadi proses registrasi citra ke citra disini melibatkan proses

georeferensi apabila citra acuannya sudah terkoreksi. Transformasi koordinat pada citra menggunakan model polynomial.

Setelah citra dikoreksi, dilakukan penajaman citra dalam bentuk komposit warna RGB (Red-Green-Blue) kanal 421. Untuk mendapatkan kenampakan citra wilayah perairan dangkal yang lebih formatif, dilakukan transformasi citra dengan menggunakan metode Lyzengga (1978). Pemanfaatan metode ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa spektral kanal biru dan hijau pada data AVNIR-2 mempunyai interval yang mirip dengan data Landsat-7 ETM yang umum digunakan untuk ekstraksi informasi dasar perairan (pemetaan terumbu karang) dengan menggunakan metode sama.

Ekstraksi informasi untuk identifikasi terumbu karang dapat menggunakan transformasi metode Lyzengga (1978) yaitu berdasarkan pada formasi nilai dari reflektansi atau energy yang dipantulkan dari suatu dasar perairan. Nilai refleksi tersebut berkaitan erat dengan obyek dasar perairan dan fungsi eksponensial dari kedalaman air laut. Metode Lyzengga menurunkan persamaan yang disebut *Exponential Attenuation Model*, seperti diperlihatkan pada persamaan 2-1.

$$L_i = L_i^{\sim} + (0,54 L_{ib} - L_i^{\sim}) \exp^{-2 k_i z} \quad (2-1)$$

Dimana :

- L_i = Refleksi pada kanal i
- L_i^{\sim} = Rata-rata nilai reflektansi pada perairan laut dalam
- L_{ib} = Reflektansi dasar perairan (0 m), kanal i
- z = Kedalaman perairan
- k_i = Koefisien atenuasi pada kanal i.

Pada persamaan 1 terdapat beberapa parameter yang belum diketahui nilainya, yaitu nilai reflektansi dasar perairan, koefisien atenuasi dan masing-masing kanal, dan kedalaman perairan untuk setiap pixel data. Oleh karenanya, persamaan 1 selanjutnya dikembangkan dengan menggunakan dua kanal visible (cahaya tampak), yaitu : kanal biru dan hijau. Dari hasil pengembangan menggunakan 2 kanal tersebut diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Y = \ln(B1) - k_i/k_j \cdot \ln(B2) \quad (2-2)$$

di mana:

- Y = Ekstraksi informasi dasar perairan
- $B1$ = Nilai reflektansi kanal biru
- $B2$ = Nilai reflektansi kanal hijau
- K_i/k_j = Rasio koefisien kanal biru dan kanal hijau.

Koefisien atenuasi dihitung dari slope bi-plot data yang telah ditransformasikan dengan ln (natural logaritma). Gradien bi-plot dihitung menggunakan persamaan 2-3.

$$K_i/k_j = a + \sqrt{a^2 + 1} \quad (2-3)$$

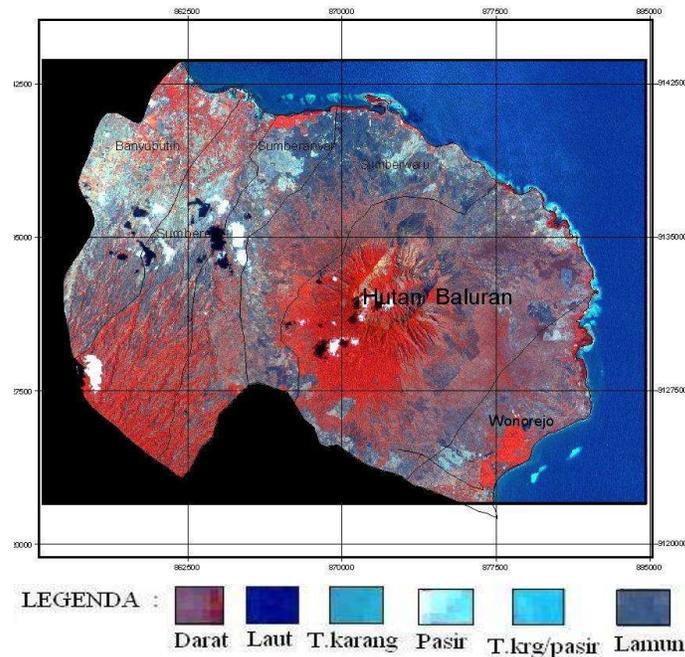
Dimana :

$$a = \frac{\text{var}(B1) - \text{var}(B2)}{2 \cdot \text{cov}(B1, B2)}$$

Dengan menggunakan ekstraksi informasi pada persamaan (2-2), setiap piksel akan terkonversi menjadi indeks tipe dasar perairan yang terbebas dari pengaruh kedalaman. Nilai indeks piksel dari citra yang telah ditransformasikan dari penurunan algoritma Lyzenga dapat menunjukkan identifikasi kelas-kelas obyek perairan dangkal. Kunci obyek perairan dangkal berdasarkan Kerjasama COREMAP Puslitbang Oseanologi LIPI dengan Pusbangja LAPAN, 2001. Obyek interpretasinya adalah : Warna ungu muda sampai biru adalah laut, Warna cyan ke hijau muda kekeruhan jika menyebar dan batasnya tegas dan warna hijau kekuning-kuningan dengan batas tidak tegas adalah karang , warna hijau dengan warna kekuning-kuningan adalah karang dan pasir, Warna merah tegas ngeblok adalah pasir. Warna hijau kebiru-biruan tidak tegas samar bercak-bercak adalah lamun.

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah awal yang dilakukan dalam olahan data satelit adalah mengidentifikasi kawasan terumbu karang di lokasi studi kasus tepatnya di perairan pantai sepanjang Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Propinsi Jawa Timur. Identifikasi dilakukan dengan membangun citra ALOS RGB 421. Gambar 2 memperlihatkan tampilan citra ALOS (AVNIR-2) komposit RGB 421. Pada citra komposit tampak pesisir perairan Banyuputih terdapat perairan dangkal dan sebagian membentuk pulau-pulau kecil yang diprediksi sebagai pulau karang. Tampilan kawasan terumbu karang pada citra ALOS (AVNIR-2) komposit RGB 421 di Desa Wonorejo memperlihatkan tampilan rona biru kurang terang dan gelap dengan batas yang tegas. Kekeruhan akan tampak pula berwarna biru terang dan agak memutih namun dengan pola menyebar dan tidak tegas. Adanya penampakan kekeruhan di bagian timur perairan mengakibatkan penampakan terumbu karang di dasar perairan menjadi hilang dan sulit untuk diidentifikasi menggunakan data satelit penginderaan jauh. Untuk selanjutnya ekstraksi terumbu karang hanya dilakukan di wilayah perairan yang kondisi perairannya relatif bersih. Perairan dalam yaitu obyek perairan dasar yang tidak dapat dideteksi oleh sensor satelit ALOS AVNIR-2 kira-kira kedalaman lebih dari 15 meter. Pada citra komposit RGB 421 (Gambar 3-1) terlihat jenis dasar perairan dangkal yang nampaknya didominasi oleh karang. Pada Gambar 2 terlihat jenis terumbu karang tepi (fringing reef) dan rata-rata karang (reef flat) yang sangat landai disekitar wilayah pesisir Hutan Baluran dan wilayah Wonorejo. Juga terlihat nampak jenis terumbu karang yang terpisah dari daratan (barrier reef) yaitu disekitar wilayah pesisir Sumberanyar. Selain itu juga dijumpai lamun (seagrass) disekitar Hutan Baluran dan Wonorejo.

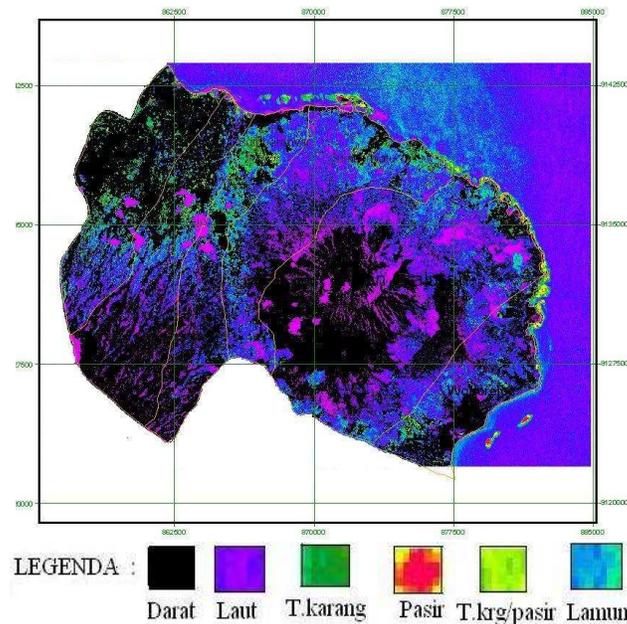


Gambar 3-1. Citra ALOS AVNIR-2 RGB 421 Banyuwangi, Situbondo Jawa Timur

Untuk meng-ekstraksi obyek dasar perairan dangkal di kawasan terumbu karang dengan mentransformasikan algorithm Lyzengga (1978), terlebih dahulu harus dilakukan perhitungan nilai rasio koefisien atenuasi B1 dan B2 atau ki/kj . Nilai ki/kj ini diperoleh dengan cara melakukan pengambilan training sampel (mengambil nilai piksel spektral dengan membuat polygon) dengan mempertimbangkan kondisi kedalaman perairan dan jenis obyek dasar perairan di lokasi study kasus. Penentuan standar statistik dilakukan pengambilan 30 training sample, kemudian dihitung nilai varian dan covarian pada setiap kanal yang kemudian digunakan untuk menghitung konstanta a . Berdasarkan perhitungan yang dilakukan untuk lokasi penelitian, diperoleh nilai ki/kj sebesar 0,582624. Selanjutnya nilai ki/kj ini di transformasikan ke persamaan algorithm Lyzengga dan didapat ekstraksi informasi dasar perairan dangkal pada citra ALOS AVNIR-2.

Citra hasil transformasi Lyzengga ditampilkan pada Gambar 3-2, dengan menggunakan *palette* warna *rainbow* (peralatan software Er.Mapper) maka tampilan pada citra hasil transformasi Lyzengga akan terlihat dengan cukup jelas adanya tampilan perbedaan pola dari tipe dasar perairan. Selanjutnya tampilan obyek bawah permukaan air dapat dilihat dengan mengatur dan mempertajam nilai histogramnya sesuai dengan koefisien atenuasi yang dicari. Nilai histogram dari citra baru tersebut dapat menunjukkan gambaran nilai kelas sesuai dengan kunci interpretasi. Nampak hasil transformasi Lyzengga terlihat adanya pola sebaran dasar perairan dangkal, baik pada terumbu karang maupun pada obyek pasir. Pada citra tersebut terlihat bahwa jenis dasar perairan di pesisir Kelurahan Wonorejo didominasi oleh pasir (warna merah) serta karang (hijau ke-kuning-kuningan) terutama di sekitar deretan pulau-pulau yang membentuk perairan dangkal. Keberadaan terumbu Karang (warna hijau kekuning-kuningan) menempati sisi batas pasir ke arah laut dalam. Kemudian di permukaan air dijumpai nampak dengan rona warna hijau terdistribusi tidak teratur dengan bentuk bergelombang. Rona warna biru dan bergelombang tersebut merupakan permukaan gelombang air yang terdeteksi oleh sensor ANVIR-2 pada spektral visible (sinar

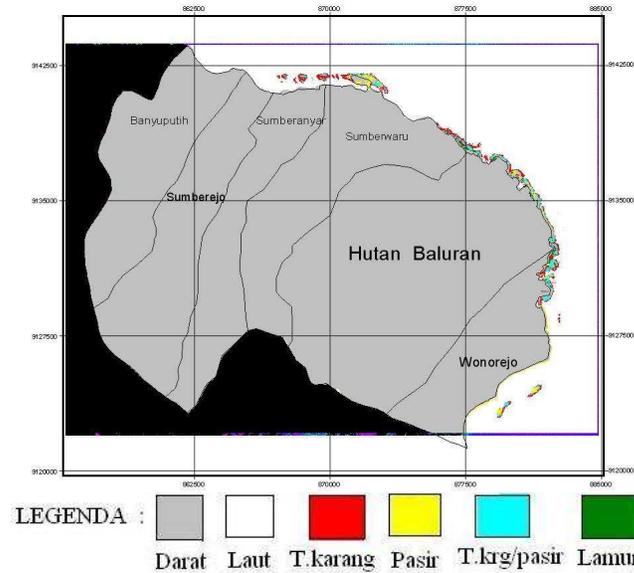
biru) pada panjang gelombang 0,42-0,50 μm , bukan obyek perairan dangkal jenis terumbu karang. Kenampakan obyek permukaan air laut dapat terdeteksi oleh citra ALOS, karena sensor ANVIR-2 pada kanal biru mampu mendeteksi puncak pantulan air berkisar 17% yang bekerja pada panjang gelombang 0,45 μm . Oleh karena itu, obyek perairan laut dalam, yang memberikan kenampakan rona yang tidak beraturan harus diediting.



Gambar 3-2. Citra Hasil Transformasi Lyzengga Banyuwangi, Situbondo Jawa Timur

Pada proses selanjutnya setiap kelompok nilai piksel pada citra Lyzengga (data baru hasil tranformasi Lyzengga) diklasifikasikan secara statistik dengan metode klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised*) sebanyak 20 kelas. Kemudian dilakukan verifikasi dengan kondisi sebenarnya berdasarkan kunci interpretasi dari algoritma Lyzengga, selanjutnya dilakukan klasifikasi lebih lanjut yang meliputi pembagian kelas menjadi lebih spesifik. Setelah hasil klasifikasi dilakukan editing untuk menghilangkan kenampakan spektral yang tidak lazim, seperti adanya riak gelombang di laut dalam yang oleh data ALOS ANVIR-2 terdeteksi warna biru bergelombang, maka penampilan tersebut harus dibersihkan. Hasil akhir klasifikasi (akhir editing) ditampilkan dalam bentuk peta terumbu karang (Gambar 3-3). Kelas-kelas hasil klasifikasi diberi warna sebagai berikut:

- Kelas Terumbu karang merupakan terumbu karang yang berada di perairan dangkal dan umumnya didominasi karang hidup, hasil klasifikasi ditampilkan dengan warna merah,
- Kelas Terumbu karang / pasir merupakan karang dan pasir yang didominasi karang, hasil klasifikasi ditampilkan dengan warna biru muda,
- Kelas Pasir merupakan objek perairan dangkal yang pada umumnya didominasi pasir, hasil klasifikasi ditampilkan dengan warna kuning,
- Kelas Lamun merupakan objek perairan dangkal yang pada umumnya didominasi oleh tumbuhan vegetasi/alang-alang, ditampilkam dengan warna hijau.



Gambar 3-3. Peta Terumbu Karang Banyuwangi, Situbondo Jawa Timur

Perhitungan masing-masing objek perairan dangkal dapat dilakukan dengan menghitung luas polygon setiap kelas dan hasil perhitungan luasan masing-masing objek perairan dangkal diperlihatkan pada Tabel 3-1. Pada Tabel 3-1 ditunjukkan bahwa sebaran kelas perairan dangkal di perairan Banyuwangi luasannya berkisar 544.64 Hektar. Objek perairan dangkal di Kecamatan Banyuwangi nampaknya didominasi oleh terumbu karang luasannya berkisar 240.96 Hektar, nampak keberadaan terumbu karang menempati sekitar batas objek pasir ke arah laut dalam. Sedangkan keberadaan objek pasir berkisar 119.20 Hektar, keberadaannya menempati batas pantai dengan terumbu karang ke arah tengah laut. Kemudian keberadaan terumbu karang/pasir menempati kisaran 151.68 Hektar, keberadaannya antara terumbu karang dan pasir. Paling sedikit adalah objek lamun luasannya berkisar 32.80 Hektar menempati antara batas daratan dan laut

Tabel 3-1 Hasil Klasifikasi Luas Tipe Perairan Dangkal pada Data ALOS-AVNIR di Banyuwangi

No	Kelas Perairan Dangkal	Luas (Ha)	Persentase
1	Terumbu karang	240.96	44.24
2	Terumbu karang /pasir	151.68	27.85
3	Pasir	119.20	21.89
4	Lamun	32.80	6.02
	Jumlah	544.64	100

4. Kesimpulan

Hasil interpretasi citra satelit ALOS AVNIR-2 menunjukkan bahwa jenis dasar perairan dangkal di pesisir Banyuwangi nampaknya didominasi oleh karang. Sebaran ekosistem terumbu karang di wilayah pesisir Banyuwangi dijumpai karang tepi (*fringing reef*) dan karang yang terpisah dari daratan (*barrier reef*). Klasifikasi terumbu karang menjadi tiga kelas: karang (*reef*), pasir (*sand*), dan lamun (*seagrass*). Berdasarkan data statistik citra ALOS AVNIR-2 luas terumbu karang di wilayah Banyuwangi berkisar seluas 240.96 hektar, luas pasir berkisar 119,20, luas terumbu karang/pasir seluas 151,68 hektar, dan luas lamun berkisar 32,80 hektar.

5. Daftar Rujukan

- COREMAP, Laporan Akhir Kegiatan Pemetaan Terumbu Karang Menggunakan Data Inderaja dan SIG, Kerjasama COREMAP Puslitbang Oseanologi LIPI dengan Pusbangja LAPAN, Jakarta (tidak dipublikasikan),2001.
- Ekspedisi Terumbu Karang 2010 di Pantai Bama, Taman Nasional Baluran, Kabupaten Situbondo. <http://tunashijau.org/2010/07/26/ekspedisi-terumbu-karang-2010-di-pantai-bama-taman-nasional-baluran-kabupaten-situbondo/>. [26 Oktober 2010].
- Anne K.S. Manoppo, Sayidah Sulma, dan Djoko Indarto. *Aplikasi Alos Untuk Pemetaan Terumbun Karang Di Perairan Utara Bali*. Potensi dan Pemanfaatan Data Satelit Inderaja ALOS, SPOT, dan Landsat. ISBN:978-979-1458-17-7. Lapan, 2008.
- J.W. McManus and S.G. Vergara, editors, ReefBase : *A Global Database on Coral Reefs and their Resources, Version 3.0*. CD-ROM, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 1998.
- Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, <http://kecbanyuputih.wordpress.com/> [posted by Kecamatan Banyuputih on 2010]
- Lyzengga,RD, *Shallow Water Bathymetry Using Combined Lidar and Passive Multiaoectral Scanner Data*, Int Journal Remote Sensing Vol 6. No., 1987.
- _____, *Passive Remote Sensing Technique for Mapping of Water Depth and Bottom Feature*, Applied Optic, 1987.
- NASDA (National Space Development Agency of Japan). *ALOS : Advanced Land Observing Satellite, Satellite and Program*, Japan, 2004.
- _____, *Aplication ALOS-Advanced Land Observing Satellite*, Japan, 2005.
- _____, EORC (Earth Observation Research Centre), (http://www.eorc.nasda.go.jp/ALOS/img_up/av2_060620.htm);[Juni 2006]
- Sutanto, *Penginderaan Jauh*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 1987.