

## **ANALISIS KLASIFIKASI OBJEK PENUTUP DASAR PERAIRAN LAUT DANGKAL MENGGUNAKAN CITRA ALOS AVNIR-2** *(Classification Analysis of Sea Bottom Characteristics in the Shallow Water using ALOS AVNIR-2 Imagery)*

Oleh/by:

**Nurjannah Nurdin<sup>1</sup>, Taufik Hidayatullah<sup>2</sup> dan M. Akbar AS<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup> Remote Sensing and GIS Laboratory, Marine Science Department, Hasanuddin University, Jl. P. Kemerdekaan, Km 11 Tamalanrea 90245 Makassar, Indonesia.  
Tel/fax. 587000, E-mail ; nurj\_din@yahoo.com

<sup>2</sup> Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL), Jl.Raya Jakarta-Bogor Km.46. Cibinong. 16911

### **ABSTRAK**

*Informasi mengenai obyek penutup dasar perairan laut dangkal sangat penting untuk diketahui dalam pengelolaan daerah pesisir dan laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan distribusi obyek penutup dasar perairan laut dangkal dengan menggunakan citra Alos AVNIR-2. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2008 yang meliputi tahap persiapan, survei dan pengambilan data lapangan, pengolahan awal, pengolahan lanjut dan pengolahan akhir pemrosesan citra. Hasil klasifikasi citra menunjukkan Alos AVNIR-2 dapat membedakan 10 tipe obyek perairan laut dangkal, yaitu: 1) lamun dan pasir, 2) lamun, 3) pecahan karang dan pasir, 4) karang mati ditumbuhi alga dan pasir, karang mati, 5) karang keras dan karang mati ditumbuhi alga, 6) pecahan karang dan pasir, 7) lamun, alga dan pasir, 8) pecahan karang, 9) pasir dan karang mati ditumbuhi alga, 10) pasir. Jenis obyek penutup dasar perairan dangkal di Pulau Kalukalukuang secara berurut didominasi oleh karang mati, lamun dan pasir bercampur pecahan karang.*

### **ABSTRACT**

*Information about the bottom object of shallow water is important to know which is ultimately beneficial as the material for the management of coastal and marine areas. The aim of this study is to determine the types and distribution of sea bottom characteristics area in shallow water using satellite imagery Alos AVNIR-2. The study was conducted in June 2008 in Kalukalukuang Island which included the preparation stage, survey and field data acquisition, preprocessing, middle processing and final processing of the image processing. The results of image classification analysis showed that Alos AVNIR-2 was capable to distinguish of 10 types of sea bottom characteristics in the shallow waters. They are 1) seagrass mixed with sand, 2) seagrass, 3) rubbers mixed with sand, 4) dead coral with algae mixed with sand, 5) hard coral and dead coral with algae, 6) rubbers mixed with sand (above the water surface), 7) seagrass, algae mixed with sand, 8) rubbers, 9) sand, and rubbers with algae, 10) sand. Characteristics of sea bottom in the shallow water of Kalukalukuang Island were dominated by dead coral, seagrass and sand with rubbers.*

**Kata Kunci:** Laut Dangkal, Citra Alos AVNIR-2, Pulau Kalukalukuang

**Keywords:** Shallow Water, Alos AVNIR-2 Imagery, Kalukalukuang Island

## L PENDAHULUAN

Informasi mengenai objek dasar perairan dangkal merupakan informasi yang penting untuk mengetahui tipe ekosistem pada perairan dangkal tersebut, yang pada akhirnya bermanfaat sebagai bahan untuk pengelolaan daerah pesisir dan wilayah laut. Empat ekosistem yang menjadi pedoman di dalam pengelolaan ekosistem wilayah pesisir dan lautan antara lain; 1) ekosistem terumbu karang, 2) ekosistem padang lamun, 3) ekosistem mangrove, dan 4) ekosistem estuaria (Dahuri, 1996). Ke-empat jenis ekosistem ini disebut juga sebagai ekosistem pesisir.

Informasi mengenai fungsi ekologis khususnya tentang keanekaragaman hayati yang terdapat pada masing-masing ekosistem di daerah pesisir relatif masih sangat kurang. Hal ini akan menjadi kendala bagi pelaksanaan pengelolaan daerah pesisir dan laut. Pada tahap awal, sistem manajemen membutuhkan informasi sebaran, jenis, dan kondisi sumberdaya pada ekosistem pesisir yang disajikan dalam bentuk peta. Pemetaan memerlukan data yang dapat menggambarkan distribusi spasial objek penutupan dasar perairan dangkal.

Metode konvensional pengamatan bawah air tidak mampu menyajikan informasi luas dan sebaran sumberdaya pesisir. Metode ini juga mengalami kendala sulitnya pengamatan medan pada perairan dangkal akibat ketidakteraturan formasinya. Pada interpretasi foto udara, pengaruh kedalaman perairan tidak dapat dibedakan dengan pengaruh karakteristik dasar perairan, sehingga penampakan terumbu menjadi kurang jelas. Selain itu juga kurang efektif untuk diterapkan pada daerah yang luas. Berpijak dari permasalahan tersebut, pemetaan berbagai macam ekosistem pesisir menggunakan citra satelit merupakan alternatif yang dapat dikedepankan dengan melihat kenyataan bahwa pengamatan obyek bawah air dapat dilakukan melalui citra pada kondisi air laut yang jernih. Satelit Alos yang diluncurkan

oleh Badan Luar Angkasa Jepang pada bulan Januari 2006 merupakan salah satu alternatif teknologi penginderaan jauh yang memiliki keunggulan resolusi spasial yang cukup tinggi yakni 10 m<sup>2</sup>. Citra ini mulai dapat dimanfaatkan untuk memetakan sebaran ekosistem perairan laut dangkal di Indonesia.

Kabupaten Pangkep yang berbentuk kepulauan dan memiliki ciri kelautan (bahari) merupakan kawasan yang memiliki potensi sumberdaya alam yang berperan cukup signifikan terutama pemanfaatan ekosistem terumbu karang. Sejauh ini, eksplorasi potensi pulau-pulau kecil kabupaten Pangkep lebih dominan dilakukan di daerah Kecamatan Liukang Tupabiring atau sekitar Kepulauan Spermonde (PPTK-Unhas, 2002, 2005, 2007). Sementara pulau-pulau yang masuk dalam Kecamatan Liukang Kalmas dan Liukang Tangaya belum banyak terungkap. Hal ini karena jarak kedua kecamatan kepulauan tersebut dari daratan Kabupaten Pangkep relatif jauh. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan pada wilayah kecamatan Liukang Kalmas dengan mengaplikasikan citra Alos AVNIR untuk memetakan ekosistem perairan dangkal yang bermanfaat sebagai informasi awal dalam pengelolaan wilayah pesisir dan laut serta pulau-pulau kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis dasar perairan dan sebarannya pada perairan dangkal menggunakan citra satelit Alos AVNIR-2. Diharapkan hasil penelitian ini dapat bermanfaat sebagai informasi jenis obyek penutup dasar perairan dangkal yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengelolaan ekosistem pesisir di Pulau Kalukalukuang Kelurahan Kalukalukuang Kecamatan Liukang Kalmas Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2008 yang meliputi tahap persiapan,

survei dan pengambilan data lapangan, pengolahan awal, pengolahan lanjut dan pengolahan akhir pemrosesan citra. Pengambilan data lapangan dilakukan Di Pulau Kalukalukuang Kelurahan Kalukalukuang Kecamatan Liukang Kalmas Kabupaten Pangkep dan secara geografis, terletak antara 05°10'05.52" - 05°13'50.16" LS dan 117°37.8'48" - 117°41'20.4" BT.

## 2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri atas alat pendukung survei lapangan dan alat untuk pengolahan data digital. Alat pendukung survei lapangan yaitu *Global Position System* (GPS) Royaltek untuk menentukan posisi lokasi penelitian. *Speed Boat* untuk menjangkau daerah penelitian, alat dasar selam dan *Self Cooperation Underwater Breathing Apparation* (SCUBA) untuk pengamatan terumbu karang, sabak dan alat tulis serta kamera *Underwater* untuk merekam dan memotret objek dalam air.

Data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer yaitu, data Alos AVNIR-2 di Pulau Kalukalukuang dengan spesifikasi sesuai pada Tabel 1 dan data sekunder yaitu data dari laporan hasil studi sebelumnya yang terkait. Data citra diperoleh dari Instansi Pemerintah Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) bidang survei sumberdaya alam laut.

**Tabel 1.** Spesifikasi citra Alos AVNIR-2 yang digunakan

Spesifikasi	Keterangan
Band 1 (Blue)	0,42 – 0,50 µm
Band 2 (Green)	0,52 – 0,60 µm
Band 3 (Red)	0,61 – 0,69 µm
Band 4 (NIR)	0,76 – 0,89 µm
Resolusi Spasial	10m (at Nadir)
Tanggal Akuisisi	23 Oktober 2007
Path / Row	ALAV2A092923750

## 2.3. Rangkaian Kegiatan

Rangkaian kegiatan yang dilakukan meliputi tahap persiapan, survei dan pengambilan data lapangan, pengolahan awal, pengolahan lanjut dan pengolahan akhir.

### a. Survei dan Pengambilan Data Lapangan.

Lokasi pengambilan data dilakukan di perairan Pulau Kalukalukuang Kecamatan Liukang Kalmas Kabupaten Pangkep. Penentuan stasiun pengamatan berdasarkan jenis objek penutup dasar perairan laut dangkal yang berbeda dan disesuaikan dengan citra Alos AVNIR-2 yang sebelumnya sudah terkoreksi geometrik (**Gambar 1**).

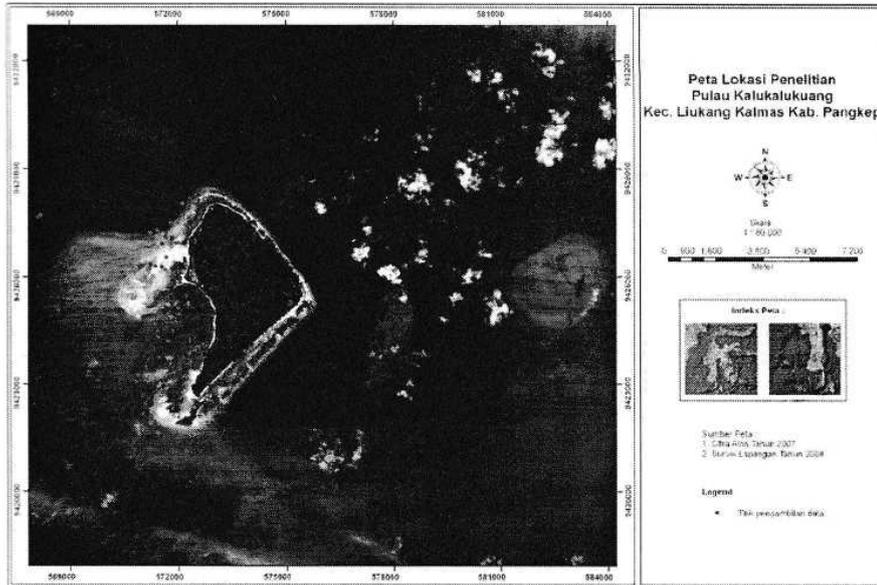
Penentuan jumlah stasiun pengamatan mempertimbangkan variabilitas jenis obyek penutup dasar perairan dangkal. Titik stasiun pengamatan yang sudah ditentukan dituangkan (diplot) ke dalam citra. Jumlah titik sampel ditentukan secara representatif berdasarkan objek penutup dasar perairan. Penentuan sampel juga mempertimbangkan aspek kondisi alamiah seperti kedalaman perairan dan rata-rata terumbu. Penentuan titik stasiun pengamatan berdasarkan tampilan warna citra lalu mengamati dan mencatat serta merekam jenis obyek penutup dasar perairan. Penyelaman dilakukan untuk setiap stasiun pengamatan pada ekosistem terumbu karang dan pengambilan titik koordinat pada setiap obyek penutup dasar perairan yang berbeda. Hal yang sama dilakukan secara berulang pada lokasi lain pada citra yang menunjukkan visualisasi warna yang berbeda.

Citra Alos yang sudah terkoreksi geometrik ditampilkan secara *on screen* di atas *speedboat* menjadi penuntun utama di lapangan untuk menemukan lokasi stasiun pengamatan. Citra ditampilkan dengan bantuan alat *lpad* dan menggunakan *software arcview* untuk kemudian melakukan pencocokan titik pada GPS dimana *bluetooth* dalam kondisi aktif guna mendapatkan lokasi stasiun pengamatan.

Ku  
pend  
pasir  
sebel  
dasar  
alga,  
dilaku  
(quick  
estima  
(Short  
denga  
penga  
penyel

b. Pen  
Pen  
proses  
koreksi  
pemoto  
klasifika

c. Peng  
Pros  
penerap



Gambar 1. Titik pengambilan data lapangan

Kegiatan selanjutnya melakukan pendataan karang, lamun, makro alga, dan pasir pada stasiun yang telah ditentukan sebelumnya. Pengamatan objek penutup dasar perairan (karang, lamun, makro alga, dan pasir) secara kuantitatif dilakukan dengan metode sampling cepat (*quick sampling*) dengan mengikuti standar estimasi penutupan karang dan lamun (Short *et al*, 2004). Pengamatan dilakukan dengan menjelajahi daerah sekitar stasiun pengamatan dengan snorkling dan penyelaman.

**b. Pengolahan Awal**

Pengolahan awal terdiri dari beberapa proses yakni pembuatan komposit citra koreksi geometrik, koreksi radiometrik, pemotongan citra, *land masking* dan klasifikasi tidak terbimbing.

**c. Pengolahan Lanjut**

Proses pengolahan lanjut meliputi penerapan Algoritma Lyzenga dan

persamaan yang telah diturunkan oleh Siregar (1995) (**Persamaan 1**).

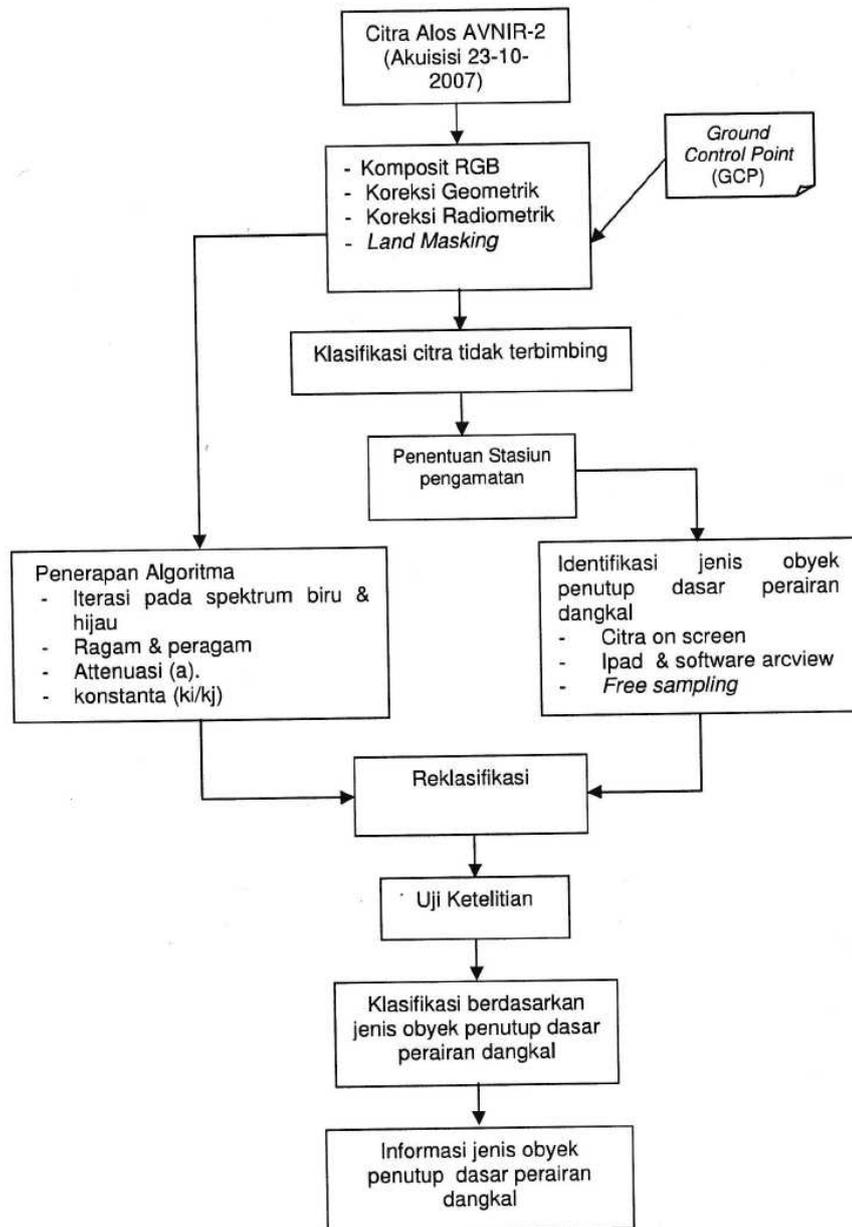
$$Y = (\ln \text{Band1}) + (k_i/k_j) \ln \text{Band2} \dots\dots\dots (1)$$

- dimana :
- Y : Pantulan dasar perairan
  - Band1 : Sinar tampak biru
  - Band2 : Sinar tampak hijau
  - K<sub>i</sub> : koefisien atenuasi air pada panjang gelombang i
  - K<sub>j</sub> : koefisien atenuasi air pada panjang gelombang j

Nilai koefisien k<sub>i</sub> dan k<sub>j</sub> diperoleh berdasarkan iterasi dengan citra pada layar komputer (Engel, 1998 *dalam* Siregar, 1995). Iterasi ini dilakukan dengan cara yakni pada citra dilakukan training area dari area yang homogen pada daerah perairan dangkal dimana kanal biru dan kanal hijau sangat berkorelasi. Rasio antar kedua koefisien yang dicari (k<sub>i</sub> dan k<sub>j</sub>) berdasarkan regresi rata-rata nilai kuadrat dari nilai rata-rata

pengukuran kedua kanal tersebut. Agar algoritma yang dihasilkan dapat digunakan pada lokasi penelitian, terlebih dahulu

dihitung nilai koefisien atenuasi air dari kedua kanal yang digunakan.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

$$a = \frac{(\text{Var.band1} - \text{Var.band2})}{(2 * \text{Covar.band1\&band2})} \dots \dots \dots (2)$$

$$ki/kj = \text{SQRT}(a^2 + 1) + a, \dots \dots \dots (3)$$

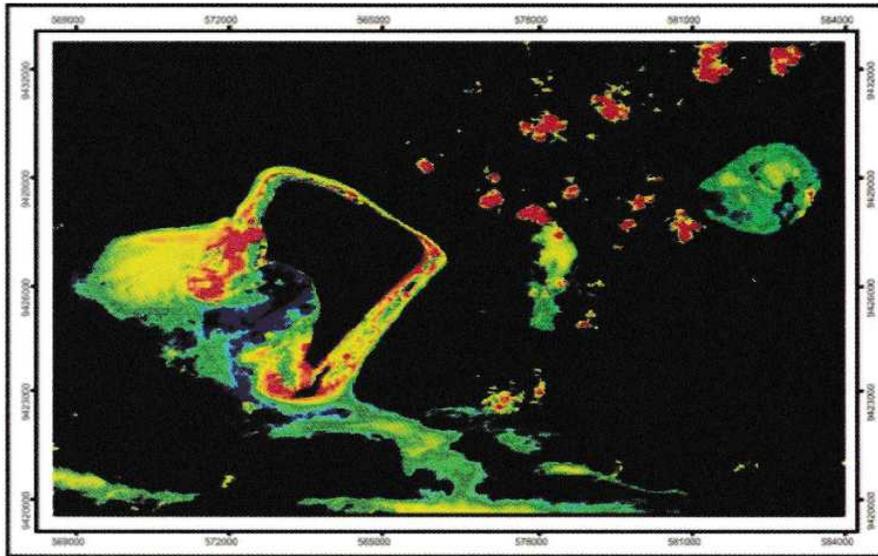
Untuk mendapatkan nilai koefisien attenuasi air (ki/kj) citra, dilakukan training area sebanyak 29 kali untuk jenis objek penutup perairan yang sama ditandai dengan visualisasi warna yang sama. Pemilihan training area tersebut dilakukan pada citra komposit 321.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah dilakukan pengolahan awal, yang terdiri dari koreksi geometrik, koreksi radiometrik, komposit citra, pemotongan citra, *land masking*, dan klasifikasi tak terbimbing maka dilanjutkan dengan pengolahan lanjut dan pengolahan akhir.

**3.1. Citra Baru Hasil Penerapan Algoritma Lyzenga**

Penerapan algoritma Lyzenga menghasilkan nilai attenuasi (a) : 2.56, selanjutnya dari Persamaan 1 diperoleh nilai koefisien ki/kj = 5,28. Citra baru hasil penerapan algoritma Lyzenga Pulau Kalukalukuang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Citra hasil penerapan algoritma Lyzenga diperoleh dari kombinasi logaritma natural dari band 1 (spektrum biru) dan band 2 (spektrum hijau). Citra yang dihasilkan secara visual memberikan penampakan dasar perairan yang lebih jelas jika dibandingkan dengan penggunaan citra (komposit) yang biasa digunakan untuk memantau area perairan dangkal seperti kombinasi band 421 atau 431 pada citra Landsat (Green, et, al, 2000).



**Gambar 3.** Citra Hasil Penerapan Citra Algoritma Lyzenga

**3.2. Analisis Citra dengan Klasifikasi Terbimbing**

Pengolahan ini meliputi analisis citra dengan klasifikasi terbimbing melalui

pengecekan hasil klasifikasi dengan data survei lapangan yang diperoleh lalu di uji ketelitiannya kemudian dikonversi ke format vektor dan di layout.

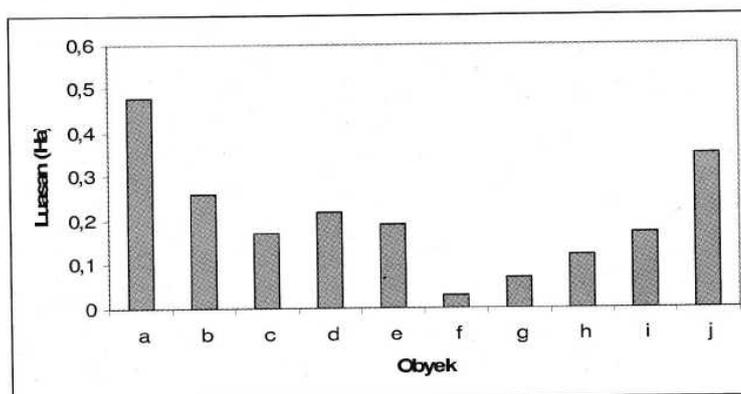
**Tabel 2.** Jenis objek berdasarkan validasi lapangan

No	Jenis Objek	Persentase penutupan
1	Lamun dan Pasir	70-90% : 10-30%
2	Lamun	100%
3	Pecahan karang dan Pasir	80-90% : 10-20%
4	Karang mati ditumbuhi alga dan Pasir	30-70%
5	Karang mati	100%
6	Karang keras dan karang mati ditumbuhi alga	50% : 50%
7	Pecahan Karang dan Pasir (diatas permukaan air)	100%
8	Lamun, alga dan pasir	70%, 20%, 10%
9	Pecahan karang, pasir dan karang mati ditumbuhi alga	60-70% : 10-30 : 10-20%
10	Pasir	100%

Sumber : Hasil Survei Lapangan 2008

Berdasarkan analisis citra terbimbing diperoleh sepuluh jenis objek dasar perairan dangkal seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**. Pada **Tabel 2** dan **Gambar 4** memperlihatkan luasan setiap jenis objek berdasarkan analisis klasifikasi pada citra. Peta distribusi objek penutup dasar perairan dangkal berdasarkan hasil analisis citra dengan klasifikasi terbimbing terlihat pada **Gambar 5**.

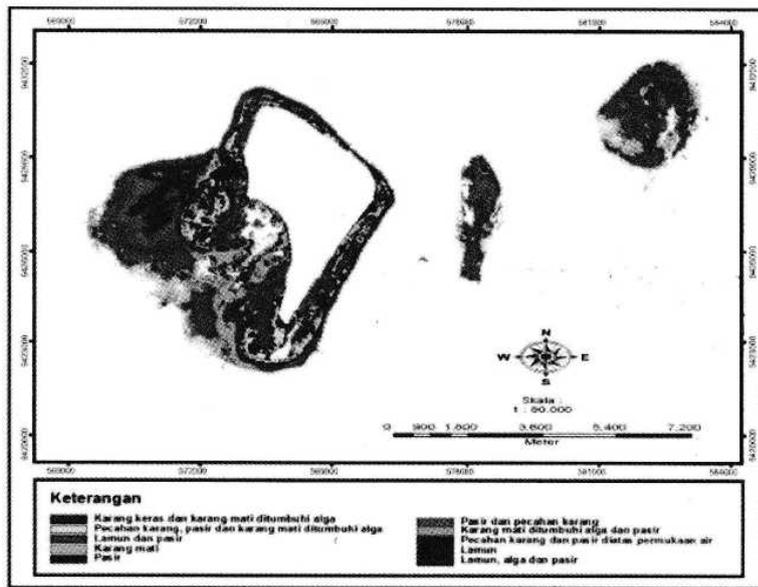
Berdasarkan analisis citra dan survei lapangan menunjukkan klas lamun, pasir dan karang mati merupakan jenis obyek dasar perairan yang memiliki persentase tutupan 100%. Klas karang mati yang ditumbuhi alga bercampur pasir merupakan jenis tutupan yang memiliki area terbesar yakni 0,48 Ha (23,30%). Jenis obyek yang memiliki luas tutupan terbesar kedua dan ketiga adalah lamun dan pasir bercampur pecahan karang dengan luas masing-masing 16,99% dan 12,62%.



**Gambar 4.** Luasan, jenis objek penutup dasar perairan dangkal

Keterangan:

- |                                                |                                                         |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| a) Karang mati ditumbuhi alga dan pasir        | f) Pecahan karang, pasir dan karang mati ditumbuhi alga |
| b) Pasir dan pecahan karang                    | g) Pecahan karang dan pasir di atas permukaan air       |
| c) Karang keras dan karang mati ditumbuhi alga | h) Pasir                                                |
| d) Lamun dan pasir                             | i) Karang mati                                          |
| e) Lamun, alga dan pasir                       | j) Lamun                                                |



Gambar 5. Citra hasil klasifikasi terbimbing

Peta distribusi objek penutup dasar perairan dangkal dari hasil analisis citra terklasifikasi (Gambar 5) dan Tabel 3 memperlihatkan perbedaan jenis penutup dasar perairan dengan jelas antara karang, lamun dan pasir sampai pada kedalaman 7m. Sedangkan pada kedalaman 5-10m memperlihatkan penampakan yang berbeda secara visual di citra. Pada kedalaman lebih dari 10m, obyek yang ada di bawah permukaan air tidak dapat dibedakan lagi, mengingat keterbatasan penetrasi gelombang elektromagnetik ke dalam kolom air. Hal ini dipertegas oleh Sathyendranath (2000) yang mengemukakan bahwa pertambahan kedalaman signifikan dengan berkurangnya cahaya.

### 3.3. Uji ketelitian

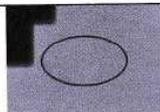
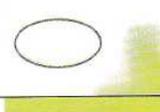
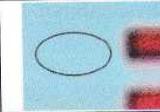
Pengecekan lapangan (*Ground truth*) dilakukan dengan mengambil 46 titik dimana pengambilan titik berdasarkan hasil klasifikasi citra tidak terbimbing. Data lapangan digunakan sebagai dasar interpretasi citra satelit yang mewakili daerah tersebut sehingga dapat mendukung dalam proses pembuatan peta. Hasil

pengecekan lapangan diperoleh 8,5 % kesalahan interpretasi sebaran.

Berdasarkan nilai besarnya penyimpangan atau kesalahan total, maka ketelitian hasil interpretasi sebesar 91,5 %. Nilai ini jika dibandingkan dengan kriteria Short yang mengemukakan bahwa akurasi interpretasi keseluruhan  $> 85 \%$ , maka citra Alos memenuhi syarat kehandalan untuk penelitian.

Kesalahan interpretasi sebanyak 8,5% (empat titik) disebabkan oleh perubahan jenis penutup dasar perairan dimana pada citra sebagai karang hidup sedangkan hasil validasi lapangan menunjukkan jenis objeknya adalah pecahan karang ditumbuhi alga. Kedua jenis objek ini menunjukkan sifat yang sama yakni memiliki pigmen khlorofil, kecenderungan ini diperkuat oleh teori yang dikemukakan oleh Sathyendranath (2000) bahwa suatu objek yang memiliki kandungan partikel dan warna yang sama akan memiliki nilai pantulan yang sama. Sampai saat ini, kekeliruan penafsiran karang mati yang ditumbuhi alga dengan karang hidup masih menjadi kendala bagi penginderaan jauh.

**Tabel 3.** Jenis, luasan, gambar citra dan gambar lapangan obyek penutup dasar perairan Dangkal

No Obyek	Jenis Obyek	Jumlah pixel	Luas Area (Ha)	Gambar Citra	Gambar Lapangan
1	Karang Mati ditumbuhi Alga & Pasir.	48847	0,48		
2	Pasir & Pecahan Karang	26605	0,26		
3	Karang keras dan karang mati ditumbuhi alga	17076	0,17		
4	Lamun dan pasir	22526	0,22		
5	Lamun, Alga dan pasir	19181	0,19		
6	Pecahan karang, pasir dan karang mati ditumbuhi alga	3347	0,03		
7	Pecahan Karang & Pasir (di atas permukaan air)	7192	0,07		
8	Pasir	12091	0,12		
9	Karang mati	17234	0,17		
10	Lamun	35561	0,35		

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan akhir maka dapat disimpulkan :

1. Citra Alos AVNIR-2 mampu membedakan 10 jenis objek penutup dasar perairan laut dangkal yakni (lamun bercampur pasir; lamun; pecahan karang bercampur pasir; karang mati ditumbuhi alga bercampur pasir; karang mati; karang keras dan karang mati ditumbuhi alga; pecahan karang bercampur pasir (di atas permukaan air); lamun, alga bercampur pasir; pecahan karang, pasir, dan pecahan karang ditumbuhi alga; pasir.
2. Jenis obyek penutup dasar perairan dangkal di Pulau Kalukalukuang secara berurutan didominasi oleh karang mati, lamun dan pasir bercampur pecahan karang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dahuri, R., 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut, Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- JAXA. 2008. *User Handbook ALOS*. Aerospace Exploration Agency. Earth Observation Research Center, Japan.
- Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J., Clark, C. D., (ed. A. J. Edwards). 2000. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. Coastal Management Sourcebooks 3, UNESCO, Paris.
- Lillesand T.M., Kiefer, R.W. 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Second Edition. Canada.
- Sathyendranath, S. 2000. *Remote Sensing of Ocean Colour in Coastal and Other Optically-Complex Water*. Report of the International Ocean-Colour Coordinating Group (IOCCG) Report Number 3.
- Siregar, V. 1995. *Pengembangan Algoritma Pemetaan Perairan Dangkal (Terumbu Karang) dengan Menggunakan Citra Satelit: Aplikasi pada Daerah Benoa, Bali*. PSP-Fakultas Perikanan. IPB. Bogor.
- Short, F. T., McKenzie, L. J., Coles, R.G., Gaeckle, J. L. 2004. *Seagrass Net Manual for Scientific Monitoring of Seagrass*. Habitat-Western Pacific Edition. University of New Hampshire USA, QDPI, Northern Fisheries Center Australia. 71pp.
- Sorokin, Y I. 1993. *Coral Reef Ecology*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg. New York.
- Suharsono. 1994. *Metode penelitian terumbu karang*. Pelatihan metode penelitian dan kondisi terumbu karang. Materi Pelatihan Metodologi Penelitian Penentuan Kondisi Terumbu Karang: 115 hlm.
- Veron, J.E.N.. 2000. *Coral of The World*. Vol 1-3. Australia Institute of Marine Science (AIMS). Australia.