

PEMETAAN TERUMBU KARANG DI PERAIRAN PULAU TABUHAN
KABUPATEN BANYUWANGI
MENGUNAKAN CITRA SATELIT QUICKBIRD

Reina Damayanti,

Alumni Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura

ABSTRACT

Pulau-pulau kecil di Jawa Timur mempunyai potensi terumbu karang yang masih tergolong baik salah satunya terumbu karang yang berada di perairan Pulau Tabuhan. Pulau Tabuhan terletak 20 km dari Kabupaten Banyuwangi tepatnya berada di Desa Banaring Kecamatan Wongsorejo. Ketersediaan data dan informasi mengenai potensi sumber daya alam pesisir dan lautan Pulau Tabuhan yang akurat, *up to date* dan siap pakai menjadi hal penting dalam upaya pengembangannya. Pemetaan terumbu karang menggunakan teknik penginderaan jauh yaitu menggunakan citra satelit *Quickbird* memberikan banyak kemudahan dan diperlukan pengecekan lapangan (*field check*) yang bertujuan sebagai data pembandingan.

Keywords: *Quickbird*, Pulau Tabuhan, terumbu karang, pemetaan

PENDAHULUAN

Pulau-pulau kecil di Jawa Timur mempunyai potensi terumbu karang yang masih tergolong baik salah satunya terumbu karang yang berada di perairan Pulau Tabuhan. Pulau Tabuhan terletak 20 km dari Kabupaten Banyuwangi tepatnya berada di Desa Banaring Kecamatan Wongsorejo yang mempunyai luas wilayah kurang lebih 5 hektar. Seperti pulau-pulau kecil pada umumnya, Pulau Tabuhan memiliki potensi sumber daya alam pesisir dan lautan yang besar. Beragamnya karakteristik dan besarnya potensi pulau-pulau kecil menjadikan pulau-pulau kecil sebagai salah satu sasaran prioritas pembangunan pada sektor kelautan dan perikanan, serta merupakan orientasi kebijakan perencanaan pembangunan di masa yang akan datang.

Upaya pengembangan pulau-pulau kecil kini terus diupayakan oleh pemerintah untuk mencapai pulau-pulau kecil yang

memiliki nilai ekonomi yang tinggi, tak luput juga pada Pulau Tabuhan. Ketersediaan data dan informasi mengenai potensi sumber daya alam pesisir dan lautan Pulau Tabuhan yang akurat, *up to date* dan siap pakai menjadi hal penting dalam upaya pengembangannya. Pemetaan terumbu karang menjadi salah satu informasi yang dapat dipakai, mengingat keberadaan ekosistemnya yang sangat penting bagi biota lain yang bernilai ekonomi tinggi sehingga sumber daya alam pulau-pulau kecil tetap bisa dimanfaatkan secara terus menerus (*sustainable use*). Pemetaan terumbu karang menggunakan teknik penginderaan jauh yaitu menggunakan citra satelit *Quickbird* memberikan banyak kemudahan dan diperlukan pengecekan lapangan (*field check*) yang bertujuan sebagai data pembandingan. Penggunaan citra satelit *Quickbird* untuk penelitian terumbu karang telah dilakukan oleh Siregar (2010) di Kepulauan Seribu dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan citra satelit resolusi tinggi *Quickbird* dalam memetakan

karakteristik dasar perairan dangkal dengan menggunakan karal biru dan hijau dan algoritma yang dipakai *deep invariant index*. Penelitian tersebut menghasilkan klasifikasi dalam 6 kelas karakteristik atau habitat dasar perairan, yaitu karang hidup, karang mati, lamun (makro alga), pasir campur lamun, pasir campur karang, dan pasir. Uji akurasi yang diperoleh sebesar 79 % yang artinya memadai.

Amri *et al.* (2010) juga memetakan terumbu karang di Kepulauan Seribu (Karang Congkak dan Karang Lebar) menggunakan citra satelit *Quickbird* dengan tujuan menguji tingkat akurasi klasifikasi citra satelit *Quickbird* untuk identifikasi tipe substrat dasar perairan dangkal dimana uji akurasi berdasarkan *matrix confusion* dan algoritma yang digunakan adalah *Lyzenga*. Hasil yang didapat adalah 7 kelas substrat dasar perairan yaitu karang hidup, karang mati, lamun, pasir, pasir campur karang mati, lamun campur pasir, karang mati campur lamun campur pasir, dan uji akurasinya adalah 70,677 %. Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kondisi dan penyebaran jenis substrat dasar perairan di Pulau Tabuhan Kabupaten Banyuwangi menggunakan citra satelit *Quickbird*.
2. Mengetahui prosentase penutupan terumbu karang di Pulau Tabuhan Kabupaten Banyuwangi dengan menggunakan teknik LIT.
3. Menguji akurasi klasifikasi jenis tutupan substrat dasar perairan hasil analisa citra satelit *Quickbird*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian pemetaan terumbu karang menggunakan citra satelit *Quickbird* di Pulau Tabuhan Kabupaten Banyuwangi. Penelitian dikerjakan pada bulan Juli sampai dengan Oktober 2011.



Gambar 1. Citra *Quickbird* Pulau Tabuhan

Pengolahan Citra

Citra yang digunakan adalah *Quickbird* dengan akuisisi 20 Mei 2011. Band yang dipakai adalah band 1 dan band 2 yang berada pada kisaran panjang gelombang biru (0,45-0,52 μm) dan panjang gelombang hijau (0,52 - 0,60 μm) yang mampu menembus kolom perairan hingga kedalaman 20 m pada perairan dangkal yang jernih dan algoritma yang digunakan adalah *lyzenga* (Wouthuyzen 2001). Alat dan bahan yang digunakan adalah

seperangkat komputer spesifikasi core i3, perangkat lunak pemrosesan data citra, perangkat lunak SIG. Secara lengkap, proses pengolahan citra terdiri dari :

1. Koreksi citra (koreksi geometri dan radiometri). Koreksi geometri bertujuan untuk menjadikan citra mempunyai arti geografis yang sebenarnya. Pemberian arti geografis ini dilakukan untuk dapat menentukan lokasi kenampakan objek pada citra dengan tepat di bumi dengan metode *image to image* dan *image to map* (Sukuryadi *et al.* 2007). Koreksi radiometri berfungsi untuk mengurangi gangguan visual pada citra yang disebabkan oleh gangguan atmosfer dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai.
2. *Cropping* adalah pemotongan citra sesuai dengan wilayah penelitian. Pemotongan citra bertujuan untuk membatasi area penelitian yang dikaji atau memperkecil luas area citra sehingga diperoleh daerah penelitian saja.
3. Pemilihan *training area*, dalam pemilihan *training area* citra yang digunakan adalah citra dengan komposit warna RGB (*true colour composite*) dan pemilihan area sebanyak 30 titik. Penentuan 30 titik dilakukan pada objek atau area pada citra baik band 1 dan band 2 yang secara visual diduga sebagai bagian dari ekosistem terumbu karang. Setelah itu melakukan penghitungan ragam (*varian*) dan peragam (*covarian*) dari band 1 dan band 2 yang dimaksudkan untuk mendapatkan nilai *ki/kj* dari algoritma Lyzenga.
4. Transformasi Lyzenga, sebagaimana transformasi dalam pengolahan citra lainnya, Lyzenga mampu memberikan efek penajaman pada objek perairan dangkal dengan kondisi perairan yang

jernih, karena nilai *ki/kj* sudah didapat maka algoritma Lyzenga langsung bisa diterapkan pada citra dengan menggunakan software ENVI 4.4. Metode yang digunakan adalah *klasifikasi unsupervised-isodata* dengan mengklasikan menjadi 7 kelas.

5. *Klasifikasi terumbu karang*. *Klasifikasi* dimaksudkan untuk mendapatkan kelas terumbu karang secara umum artinya dapat dikatakan hanya menyentuh aspek geomorfologinya saja dan belum dapat mengelompokkan terumbu karang sampai aspek ekologisnya. *Klasifikasi ekosistem terumbu karang* tersebut juga lebih didasarkan pada aspek keruangan dari karakteristik tempat tumbuh terumbu karang tersebut. Dalam penelitian ini, karena daratan tidak dipisah dengan laut maka pengelompokan dibagi menjadi semak belukar, vegetasi, pasir kasar, terumbu karang, karang mati, rubble, dan pasir halus. Cara pengejutannya adalah setelah didapatkan peta hasil *klasifikasi unsupervised* kemudian di *export* ke Arc GIS. Peta yang semula raster dirubah menjadi vektor sehingga bisa menambahkan informasi didalamnya yaitu berupa pengelompokan nama berdasarkan warna hasil *klasifikasi unsupervised*. Selain itu informasi mengenai luas keseluruhan tiap kelas pada citra *Quickbird* Pulau Tabuhan bisa diketahui dengan *mengeport atribut table* ke *microsoft excel* yang kemudian memanfaatkan *tool pivot table*.

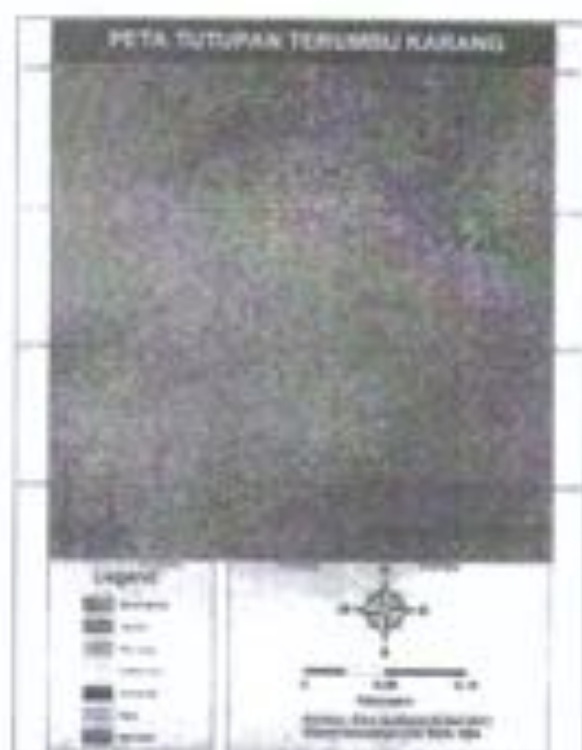
Hasil *klasifikasi* dari pengolahan citra perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat kebenarannya yaitu dengan mengacu pada data lapangan. Data lapangan yang dimaksud ada dua, pertama untuk kelas pada daratan menggunakan citra *Quickbird* komposit RGB, hal ini

dikarenakan citra Quickbird mempunyai resolusi spasial yang tinggi sehingga kenampakan rupa bumi cukup jelas namun untuk kelas karang hidup dan karang mati menggunakan pengecekan lapang (*field check*). Pengambilan sampel titik pada masing masing kelas dilakukan pada posisi geografis yang sama. Jumlah titik tiap kelas yang sesuai dan tidak sesuai ditampilkan dalam bentuk matriks kesalahan (*error matrix* atau *confusion matrix*). Dari matriks kesalahan dapat diketahui jumlah hasil klasifikasi yang sesuai pada diagonal matriks, dan hasil klasifikasi yang tidak sesuai. Makin homogen nilai keseluruhan piksel, maka diharapkan makin besar ketelitiannya. Hasil *confusion matrix* dalam bentuk persen, semakin mendekati 100% maka nilai akurasi semakin bagus (Noviar dan Wiradisastra 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Citra

Setelah tahap awal dilakukan yaitu koreksi geometri dan radiometri serta *cropping* untuk daerah penelitian didapat maka penghitungan *kl/kj* bisa dikerjakan. Penentuan 30 titik pada band 1 dan band 2 secara acak dan menyebar yang diduga terumbu karang serta penghitungan *kl/kj*. Didapatkan nilai *kl/kj* 0,9975, sehingga transformasinya ketika diekstraksi ke dalam citra dengan bantuan software ENVI 4.4 adalah $(\log_{10}(b1)) + (0,9975 * \log_{10}(b2))$ kemudian dikelaskan secara *unsupervised-class*. Citra hasil ekstraksi algoritma Lyzenga yang telah dikelaskan kedalam 7 kelas kemudian dianalisis menggunakan software sistem informasi geografis.

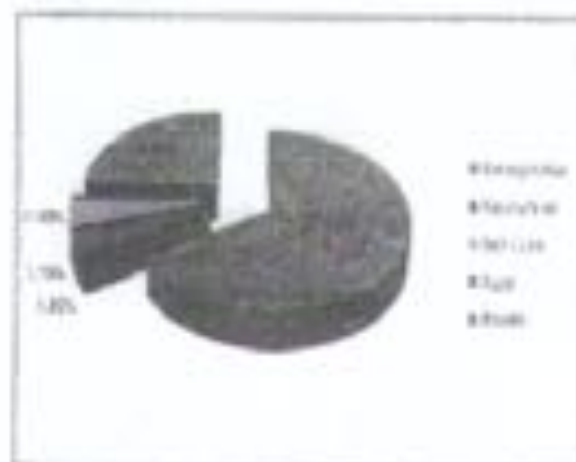


Gambar 2. Peta Tutupan Dasar Perairan Hasil Algoritma Lyzenga

Luas pada masing-masing kelas seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 adalah untuk kelas semak belukar 1.317,31 m², kelas vegetasi 3.448.395 m², kelas pasir kasar 1.259.297,96 m², kelas karang hidup 1.464.789,03 m², kelas karang mati 1.209.411,2 m², kelas pecahan karang (*rabie*) 8.909.864 m², dan pasir halus 5.824.910 m².

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran substrat terumbu karang pada kedalaman 3 m secara umum didominasi *Hard Coral* dari golongan *Non Acropora*, yaitu *Coral Branching* (CB) dengan persentase tutupan karang sebesar 33,05 %, spesies yang ditemukan pada kedalaman 3 m yaitu *Montipora digitata*, *Porites nigrescens*, *Porites cylindrica*, *Seriatopora hystrix*, *Seriatopora caliendrum*. Selain itu

juga ditemukan *Hard Coral* dari golongan *Acropora* yaitu *Acropora Branching* (ACB) dengan persentase tutupan karang sebesar 1,8%, berasal dari spesies *Acropora formosa*, *Acropora sellago*, *Acropora renata*.

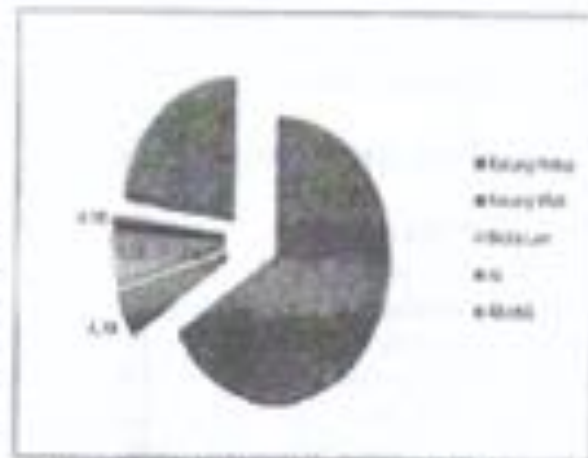


Gambar 3. Persentase Tutupan Substrat Dasar Perairan Kedalaman 3 meter

Pada diagram pie persentase penutupan karang di kedalaman 3 m terbagi menjadi karang hidup 66,15 % (kategori baik), karang mati 3,8 %, biota lain 5,2 %, algae 0 %, dan abiotik 24,85 %. Nilai tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa persentase penutupan jenis dimana karang hidup merupakan penjumlahan dari jenis *Acropora* dan non *Acropora*. Karang mati penjumlahan dari DC (*Dead Coral*) dan DCA (*Dead Coral Algae*), biota lain disini merupakan OT dan SC, dan abiotiknya adalah penjumlahan dari R (*Roble*) dan S (*Sand*).

Pada kedalaman 10 m, terumbu karang yang banyak ditemukan sama dengan kedalaman 3 m yaitu jenis non *Acropora* (CB) sebesar 46,49 %. Tercatat 65,74 % substrat tertutupi oleh karang hidup, hal ini termasuk dalam kategori baik. Koloni-koloni karang hidup yang ditemukan

umumnya berukuran kecil dan pendek, memiliki bentuk hidup beragam yaitu bercabang, mengentak, lembaran, massif, submassif dan jumar. Akibat arus yang terlalu kencang, pengamat tidak melakukan pengamatan kesekaragaman jenis karang secara menyeluruh, namun secara kualitatif, dapat dipastikan lokasi ini memiliki kekayaan jenis karang yang cukup tinggi. Sebagian kecil jenis yang sempat tercatat oleh pengamat diantaranya adalah *Hydnopora*, *Fungia Euphyllia*, *Montipora*, *Galaxea*, *Millepora*, *Porites*, *Favia*, *Pocillopora*, *Favites*, *Dendrophyllia*, *Cyphastrea*, *Montipora*, *Prismocora*, dan *Symphylia*. Karang mati yang ditemukan di lokasi ini relatif kecil, hanya 4,7 %.



Gambar 4. Persentase Tutupan Substrat Dasar Perairan Kedalaman 10 meter

Uji akurasi menggunakan matriks kesalahan (*error matrix* atau *confusion matrix*) dimana penghitungan uji akurasinya menggunakan data pada tabel matrix uji akurasi (Tabel 4.3). kelas 1 adalah semak belukar, kelas 2 vegetasi, kelas 3 pasir kasar, kelas 4 terumbu karang, kelas 5 karang mati, kelas 6 rable dan kelas 7 adalah pasir halus. Rumus uji akurasinya adalah (total diagonal/jumlah keseluruhan

titik sampel)*100 % atau $(42/70)*100$ % sehingga diperoleh nilai 60 %. Jadi nilai akurasi untuk mengetahui tingkat kebenaran pengolahan citra dengan keadaan sebenarnya di lapangan sebesar 60 %.

Hasil pengolahan citra *Quickbird* menggunakan algoritma *Lyzenga* didapatkan klasifikasi tutupan terumbu karang sebanyak 7 kelas. Pemilihan 7 kelas dikarenakan dalam tahapan pengerjaannya tidak melakukan *masking* darat dan laut jadi objek lain di darat juga harus dikelompokkan misal semak belukar, vegetasi atau tumbuhan di darat, pasir halus dan pasir kasar. Hal ini berbeda dengan penelitian Siregar (2010) yang mendapatkan klasifikasi sebanyak 6 kelas. Objek yang dikelompokkan hanya sebatas pada laut saja karena sebelumnya telah dilakukan *masking*. Dimana kelasnya adalah karang hidup, karang mati, pasir bercampur karang, pasir bercampur lamun, lamun (makro alga), dan pasir.

Peneliti menemukan kesulitan pada pengkelasan tiap objek, hal ini dikarenakan ada beberapa piksel yang terbaca masuk dalam kelas yang lain padahal secara visual citra satelit *Quickbird* yang mempunyai resolusi tinggi yaitu 2,4 m sudah mampu memberikan kenampakan objek di muka bumi. Pada penentuan antara kelas semak belukar, vegetasi dan pasir kasar misalnya, dalam citra *Quickbird* dengan komposit warna *true color* nampak jelas bahwa daerah tersebut adalah vegetasi di pulau namun setelah melakukan ekstraksi algoritma *Lyzenga* lokasi tersebut terbaca menjadi pasir kasar. Hal ini dimungkinkan karena sinar pantulan yang diterima sensor untuk vegetasi sama dengan pasir kasar di lokasi tersebut ditambah jarak indra yang berdekatan membuat sensor salah menafsirkannya.

Pada penghitungan luas di tiap kelas didapatkan luas karang hidup lebih besar dari pada luas karang mati yaitu 146478,903 m dan 120941,12 m. Pada pemetaan terumbu karang klasifikasi terumbu karang yang dihasilkan penggambarannya secara umum artinya hanya pada kenampakan yang terjadi di permukaan bumi setelah pengolahan citra dilakukan dan juga lebih didasarkan pada aspek keruangan dari karakteristik tempat tumbuh terumbu karang tersebut.

Hasil prosentase penutupan karang hidup pada kedalaman 3 m dan 10 m yaitu 66,15 % dan 65,74 %, angka tersebut termasuk dalam kategori baik sesuai dengan pembagian kategori English *et al.* (1994). Meskipun dalam kedalaman 10 m prosentase terumbu karang lebih kecil namun keanekaragaman dari jenis terumbu karang lebih banyak dan berukuran kecil. Hal ini dikarenakan topografi yang berbeda antara kedalaman 3 m dan 10 m. Pada kedalaman 10 m mempunyai kemiringan yang cukup curam antara 45°- 60°, arus perairan lebih besar. Menurut Nybakken (1988) arus sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan terumbu karang karena berkaitan dengan ketersediaan makanan jasad renek, oksigen maupun terhindarnya karang dari timbunan endapan, namun arus yang terlalu besar juga bisa mematahkan terumbu karang. Itulah sebabnya pada kedalaman 10 m terumbu karang lebih bervariasi jenisnya namun hampir semuanya berukuran kecil, diduga terumbu karang hanya mampu tumbuh sampai ukuran sedang. Karang yang berukuran besar, umumnya mengalami kematian karena tidak mampu hidup dengan kemiringan yang cukup curam atau patah karena diterpa arus. Hal tersebut yang

menyebabkan banyaknya pecahan karang yang ditemukan di lokasi pengamatan.

Pada hasil matrix uji akurasi terdapat kolom omisi dan komisi. Omisi adalah jumlah piksel yang masuk kekelas lain sedangkan komisi adalah jumlah piksel masuk dari kelas lain. Terlihat bahwa omisi paling besar terdapat pada kelas vegetasi, hal ini dikarenakan pada waktu perbandingan antara citra hasil transformasi algoritma Lyzenga dan citra *Quickbird* komposit RGB nampak jelas perbedaan yang didapat. Pada citra komposit nampak jelas sebuah vegetasi namun pada citra hasil transformasi algoritma Lyzenga terbaca menjadi kelas yang lain misal pasir kasar. Komisi paling besar terdapat pada kelas semak belukar dan pasir kasar. Dua kelas tersebut banyak piksel yang masuk pada kelas vegetasi. Tentu permasalahannya sama, letak kesalahan terdapat pada waktu identifikasi. Semas itu akan mempengaruhi pada jumlah diagonal yang nantinya dipakai dalam penghitungan uji akurasi.

Dalam beberapa penelitian terumbu karang yang menggunakan penginderaan jauh dan data lapangan sebagai perbandingannya, menghasilkan uji akurasi yang berbeda meskipun dengan citra yang sama. Dalam penelitian ini didapatkan nilai uji akurasi adalah 60 %. Ada beberapa literatur yang menyebutkan nilai uji akurasi bisa dikatakan benar-benar mewakili keadaan lapangan apabila nilainya minimal 80 %. Namun pada penelitian Siregar (2010) di kepulauan Seribu yang juga menggunakan citra satelit *Quickbird* didapatkan hasil uji akurasi 76% dan itu disimpulkan uji akurasinya memadai, yang menjadi patokannya adalah pesawat dan CASI dimana keduanya memiliki uji akurasi 67 % dan 81 %. Merujuk dari hal ini uji akurasi 60 % yang didapatkan bisa dikatakan juga

cukup memadai, artinya informasi tutupan terumbu karang yang diberikan oleh citra *Quickbird* menggunakan algoritma Lyzenga cukup mewakili keadaan di lapangan.

KESIMPULAN

1. Kondisi dan penyebaran terumbu karang di Pulau Tobuban tergolong dalam kategori baik, dengan luas karang hidup 146478,903 m.
2. Prosentase terumbu karang dengan menggunakan metode LIT pada kedalaman 3 m dan 10 m menghasilkan prosentase 66,15 % dan 65,74 % yang termasuk dalam kategori baik
3. Uji akurasi yang dihasilkan 60%, hal ini mengartikan bahwa pemetaan terumbu karang menggunakan citra satelit *Quickbird* dapat memberikan informasi yang cukup mewakili keadaan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri K, Takwir A, Asmadin, dan Siregar VP. 2010. Kajian Akurasi Citra Satelit *Quickbird* dengan Metode Differensial Global Positioning System Untuk Klasifikasi Tipe Substrat Dasar Perairan Karang Cangkak dan Karang Lebar, Kepulauan Seribu. *Jurnal Kelautan Nasional* Volume 5 No 1 edisi April 2010
- Anonim. 2011. Jenis- Jenis Karang Di Pulau Rarua, Kepulauan Padofo, (online) <http://karang.blogspot.com/>

- , diakses tanggal 2 Oktober 2011)
- Arief M, 2008. Analisis Penentuan Ekosistem Laut Pulau-Pulau Kecil Dengan Menggunakan Data Satelit Resolusi Tinggi Studi Kasus Pulau Bokor. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara* Volume 3 No 4 edisi Desember 2008: 149-157.
- Assad S. 2000. Aplikasi Penginderaan Jauh Dalam Evaluasi Perubahan Terumbu Karang Di Taman Nasional Ujung Kulon. [skripsi]. Bogor: IPB
- Bakonurtanal. 2005. Pedoman Survei dan Pemetaan Terumbu Karang. Pusat Survei Sumber Daya Alam Laut
- Dahuri R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- DKP Kabupaten Selayar. 2006. Project Management Unit Coral Reef Rehabilitation And Management Program (Coremap) Tahap II Kabupaten Selayar. Laporan Akhir Lokakarya Agenda Penelitian Makassar
- DKP Provinsi Jawa Timur. 2011. Laporan Akhir Pemetaan Potensi Sumber Daya Pulau-Pulau Kecil. Jawa Timur
- English SC, Wilkinson, dan Baker V. 1994. *Survey Manual For Tropical Marine Resources*. Australian Institut Of Marine Science. Townsville
- Insafitri. 2010. *Presentase Perutupan Terumbu Karang Di Pulau Kangran Sumenep*. Bangkalan: Universitas Trunojoyo
- Jupp DLB. 1988. *The Application Of Digital Remote Sensing Techniques In Coral Reef, Oceanographic And Estuary Studies*. Report on a Regional UNESCO/GBRMPA Workshop. Australia
- Kordi MGH. 2010. *Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta: Rineka Cipta
- Lilleson T M dan Kiefer R W. 1993. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, New York
- Muhsoni FF. 2011. *Pemetaan Terumbu Karang Menggunakan Citra ALOS Di Pulau Kangran Kabupaten Sumenep*. EMBRYO Volume 8 no 1 edisi 21 Juni 2011
- Murdianayah. 2010. *Biologi Terumbu Karang*. (online) (<http://tkarang.blogspot.com/>, diakses tanggal 2 Oktober 2011)

- Nahaban T. 2009. *Perser Tutupan (Percent Cover) Terumbu Karang Hidup Di Bagian Timur Pesisir Pulau Rubiah Nangroe Aceh Darussalam*. [skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Nontji A. 1993. *Laat Nusantara*. Jakarta: Djambatan
- Noviar H dan Wiradisastri US. 2005. *Kemampuan Interpretasi Kebun Semangka dari Citra Satelit Landsat 7 ETM+*. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV. Surabaya: ITS
- Nurdin N dan Sally M. 2007. *Analisa Pemisahan Spektral Karang Menurut Bentuk Pertumbuhannya Berdasarkan Analisis Gerombol Dan Diskriminan*. Jurnal Ilmu kelautan dan perikanan: UNHAS. Volume 17 (2) edisi Juni 2007: 151-158
- Nybakken JW. 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*. Jakarta: Gramedia
- Nybakken JW, Hutomo M, Eidman M. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*. Jakarta: Djambatan
- Rahmat ML, Yosephine TH, dan Giyanto. 2001. *Manual Lifeform 5.1. Coral Reef Information And Training centre (CRITC) dan Coral Reef Rehabilitations And Management Program (COREMAP)*. Jakarta
- Ramly AF. 2000. *Pemetaan Pesisir Dangkal Dengan Menggunakan Citra Satelit LANDSAT TM (Studi Kasus: Pulau Panojan Besar, Teluk Banten, Jawa Barat)*. [skripsi]. Bogor: IPB
- Saleh A. 2000. *Teknik Pengukuran Dan Analisis Kondisi Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta
- Sangaji MU. 2003. *Zonasi Ekosistem Terumbu Karang Di Teluk Kotania Pulau Seram Provinsi Maluku Berdasarkan Indeks Kepakaan Lingkungan (Suatu Kajian Cell Based Modelling Berbasis Citra Satelit Dan GIS)*. [tesis]. Bogor: IPB
- Sidabutar HM. 2000. *Pemetaan Terumbu Karang Dengan Citra Satelit LANDSAT TM Daerah Menjangan Bali Barat*. [skripsi]. Bogor: IPB
- Sirengar V. 2010. *Pemetaan Substrat Dasar Pesisir Dangkal Karang Congkak dan Lebar Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Satelit Quickbird*. E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis: IPB. Volume 2 No 1 edisi Juni 2010: 19-30
- Sugandhy A. 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Kata

- Pengantar Asisten Menteri Negara Lingkungan Hidup Bidang Pengelolaan lingkungan Alam atau Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan Hidup BAPEDAL. Penerbit: Djambatan
- Susilo SB dan Oael JL. 2008. Dasar- Dasar Penginderaan Jauh Kelautan. Bogor: IPB
- Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Jilid II. Yogyakarta: UGM
- Sutrisno. 2002. Fenomena Alam dan Perkembangan Teknologi Penginderaan Jauh: Hakikat Ilmu Untuk Produktivitas Perikanan. Bogor: IPB
- Sakuryadi, Osawa T, Arthana W. 2007. Pemetaan Distribusi Terumbu Karang Dengan Menggunakan Data Satelit ALOS/ AVNIR-2 Di Sekitar Perairan Sekotong Kabupaten Lombok Barat, (Online), (<http://sksakuryadi.wordpress.com/artikel-penelitian-2/>, diakses tanggal 19 Desember 2010)
- Tomascik T, Mah AJ, Nontji A, dan Mocoza MK. 1997. The Ecology Of The Indonesian Seas. Edisi 1. Singapore: Periplus Editions
- Wicaksono P. 2008. Perbandingan Kemampuan Citra ASTER dan Landsat 7 ETM+ Dalam Pemetaan Kondisi Kesehatan Terumbu Karang Di Pulau Menjangan Besar Dan Menjangan Kecil, Kepulauan Karimunjawa. PIT MAPEN XVII. Bandung: UGM
- Wouthuizen S. 2001. Pemetaan Perairan dangkal Dengan Menggunakan Citra Satelit LANDSAT TM 5 Guna Dipakai Dalam Pendugaan Ikan Karang: Suatu Studi Di Pulau-Pulau Paduido. In: Prosiding seminar potensi dan eksploitasi sumberdaya alam nasional dalam mendukung otonomi daerah di Jakarta; 29 Maret 2001. LIPI