

## ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TERUMBU KARANG MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT DI PULAU BERAS BASAH BONTANG KALIMANTAN TIMUR.

“Analysis Of Change of Coral Reef Area Using Landsat Image In Beras Basah Island Bontang, East Kalimantan”

Ita Rohfika<sup>1)</sup>, Dewi Embong Bulan<sup>2)</sup>, M. Syahrir R.<sup>2)</sup>

- 1) Mahasiswa Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan  
2) Staf Pengajar Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman  
Jl. Gunung Tabur No. 1 Kampus Gunung Kelua Samarinda  
Email : ita.rohfika@gmail.com

### ABSTRACT

*Beras Basah Island is a small island located in North Bontang District which is included in the conservation area of Bontang city. Many activities that occur on Beras Basah Island that can pressure and even threat of damage to coral reef ecosystems. This study uses remote sensing technology to determine changes in the area of coral reefs in Beras Basah Island. Analysis of changes in the extent of coral reefs was carried out by the Lyzenga algorithm method using Landsat 8 satellite images and the classification was done by unsupervised classification (not guided). The results of processing image data show changes in the area of coral reefs in 2014-2016 by 6.48 Ha or 11% and in 2016-2018 by 3.24 Ha or 6%.*

*Keywords: coral reefs, Landsat 8 imagery, Beras Basah Island, Lyzenga algorithm.*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki gugusan karang yang cukup besar dan tersebar hampir di seluruh pulau di Indonesia. Terumbu karang merupakan ekosistem laut dangkal tropis yang paling kompleks dan produktif. Terumbu karang juga merupakan ekosistem yang rentan terhadap perubahan lingkungan, namun tekanan yang dialaminya semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah penduduk dan aktifitas yang dilakukan masyarakat wilayah pesisir.

Pulau Beras Basah adalah sebuah Pulau kecil yang terletak di Kelurahan Bontang Kuala Kecamatan Bontang Utara, Provinsi Kalimantan Timur yang berdekatan dengan Selat Makassar sehingga wilayahnya sebagian besar di dominasi oleh perairan. Perairan Pantai Bontang merupakan perairan dengan nilai habitat, ekosistem dan sumberdaya alam yang tinggi, baik dari aspek ekonomi, social budaya, ekologi maupun IPTEK.

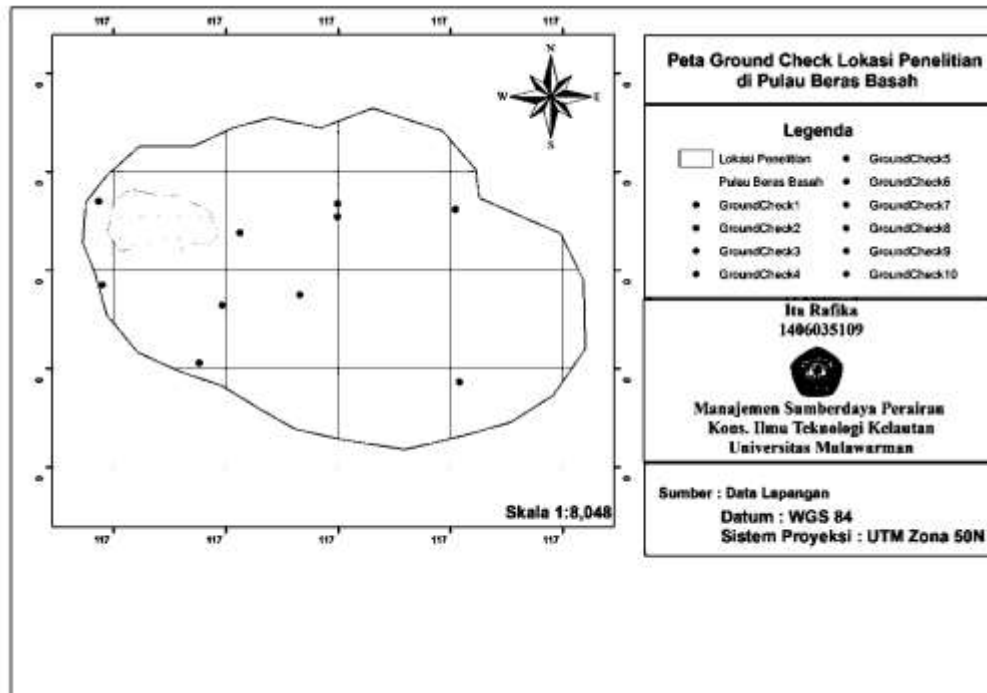
Teknologi yang mudah untuk memantau perubahan luasan terumbu karang adalah teknologi penginderaan jarak jauh melalui perekaman citra satelit sebagai datanya. Salah satu data yang digunakan dari hasil perekaman data citra satelit adalah citra Landsat. Oleh karena itu dalam penelitian perubahan luasan terumbu karang juga menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh dengan metode algoritma Lyzenga . Salah satu yang memberikan sumbangan terbesar untuk sumberdaya alam di lautnya adalah keberadaan komunitas karang.

Sejauh ini informasi tentang kondisi terumbu karang di wilayah kota Bontang masih terbatas. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian analisis perubahan luasan terumbu karang menggunakan citra landsat di Pulau Beras Basah Bontang, Kalimantan Timur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk

mengetahui perubahan luasan terumbu karang yang ada di Pulau Beras Basah. Hasil dari penelitian ini diharapkan nantinya menjadi sumber informasi terumbu karang yang digunakan oleh pemerintah setempat dalam pengambilan kebijakan, dan pertimbangan perencanaan pembangunan pemerintah setempat agar kelestariannya terumbu karang tetap terjaga.

### METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan maret hingga Juni 2018 di perairan Pulau Beras Basah Bontang Kalimantan Timur. Data citra yang digunakan adalah landsat 8. Peralatan yang digunakan terbagi menjadi 2 yaitu peralatan lapangan antara lain; GPS map 60 CSx, fins, masker, kamera bawah air dan alat tulis. Peralatan pengolahan data yaitu; laptop, MS Excel, Ermapper, google earth, dan ArGIS.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Perairan Pulau Beras Basah Bontang.

Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap, tahap pertama yaitu pengumpulan data citra landsat tahun 2014, 2016, dan 2018 yang di download dari USGS (Unites States Geological Survey). Yang kedua yaitu pengolahan data meliputi koreksi radiometrik dan geometrik, *Cropping* area, pemilihan training area, transformasi Lyzenga, klasifikasi dan *Layouting*. Tahap ketiga yaitu melakukan *ground check* lapangan.

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode algoritma lyzenga. MetodeLyzenga digunakan untuk mendapatkan tampilan citra objek dasar perairan (*benthic object*) yang lebih bagus dalam hal ini terumbu karang. Penelitian ini menggunakan metode Lyzenga (Lyzenga 1981). Pada model algoritma lyzenga menggunakan band 3, 2 dan 1. Aplikasi formula Lyzenga sebagai berikut dimana:

$$\text{Index}_{i,j} = B_i - (k_i/k_j) \times B_j$$

- Keterangan
- Index<sub>ij</sub> : *waterdepthinvariantbottomindex*
  - B<sub>i</sub> : saluran *i*
  - B<sub>j</sub> : saluran *j*
  - k<sub>i</sub>/k<sub>j</sub> : rasio koefisien pelemahan kolom air antara saluran *i* dan saluran *j*.

$$K_i/K_j = a + (a^2+1)^{1/2}$$

$$A + (\text{var } B_1 - \text{var } B_2) / (2*\text{cov}B_1B_2)$$

Transformasi citra dengan model formula *Lyzenga*; (if  $I1/I2 < 1$  then  $(\log(I3) + (ki/kj * \log(I2)))$  else null).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kota Bontang adalah sebuah kota di provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Kota ini terletak sekitar 120 kilometer dari Kota Samarinda, berbatasan langsung dengan Kabupaten Kutai Timur di utara dan barat, Kabupaten Kutai Kartanegara di selatan dan Selat Makassar di timur. Letak geografisnya  $0.137^{\circ}$  LU dan  $117.5^{\circ}$  BT. Kota Bontang memiliki letak yang cukup strategis yaitu terletak pada jalan trans Kaltim dan berbatasan langsung dengan Selat Makassar sehingga menguntungkan dalam mendukung interaksi wilayah Kota Bontang dengan wilayah lain di luar Kota Bontang.

Kota Bontang juga memiliki pulau-pulau kecil salah satunya adalah pulau Beras Basah, Berdasarkan Surat Keputusan Walikota Bontang No 112 Tahun 2011, kawasan Pulau Beras Basah sudah ditetapkan sebagai kawasan konservasi kotamadya Bontang. Berdasarkan Peraturan Menteri (PERMEN) Kelautan dan Perikanan No 17 Tahun 2008 tentang kawasan konservasi di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, kawasan pulau Beras Basah telah dijadikan zona pemanfaatan terbatas, dengan peruntukan sebagai perlindungan habitat dan populasi ikan, perikanan berkelanjutan, pariwisata dan rekreasi, penelitian dan pengembangan atau pendidikan.

### B. Bentuk Terumbu Karang Disekitar Pulau Beras Basah

Pulau Beras Basah memiliki pantai yang berpasir putih. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan terumbu karang di Pulau Beras Basah mempunyai tipe terumbu karang tepi (*fringing reef*) dari arah pantai menuju tubir membentuk paparan (*reeflat*) (Budiarsa 2015). Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem yang sangat penting. Terumbu karang dimanfaatkan sebagai objek wisata bahari dan sebagai daerah penangkapan ikan". Pemanfaatan yang dilakukan sangat mempengaruhi kondisi terumbu karang tersebut.

### C. Kondisi Terumbu Karang Di Stasiun Penelitian

#### 1. Koreksi radiometrik

Koreksi radiometrik ini dilakukan untuk memperbaiki nilai pixel yang diakibatkan dari gangguan atmosfer. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek dipermukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan nilai aslinya tetapi menjadi lebih besar karena adanya hamburan ataupun adanya serapan. (USGS, 2013) :  $\rho\lambda' = M_{\rho}Q_{cal} + A_{\rho}$  dimana;

- $\rho\lambda'$  = TOA planetary reflectance, without correction for solar angle. Note that  $\rho\lambda'$  does not contain a correction for the sun angle. untuk mengoreksi reflectance terhadap sudut matahari.
- $M_{\rho}$  = Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata (REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, where x is the band number).
- $A_{\rho}$  = Band-specific additive rescaling factor from the metadata (REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, where x is the band number).
- $Q_{cal}$  = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN).

Tabel 1. Citra satelit landsat tahun 2014

No	Citra satelit Landsat	Band	Persamaan (Emc <sup>2</sup> )
1	Tahun 2014	Band 1	$((0.00002*band1+(0.100000)/0.88505137689799717993477564995631)$
2		Band 2	$((0.00002*band2+(0.100000)/0.88505137689799717993477564995631)$
3		Band 3	$((0.00002*band3+(0.100000)/0.88505137689799717993477564995631)$
4		Band 4	$((0.00002*band4+(0.100000)/0.88505137689799717993477564995631)$
5		Band 5	$((0.00002*band5+(0.100000)/0.88505137689799717993477564995631)$
6		Band 6	$((0.00002*band6+(0.100000)/0.88505137689799717993477564995631)$
7		Band 7	$((0.00002*band7+(0.100000)/0.88505137689799717993477564995631)$

Tabel 2. Citra satelit landsat tahun 2016

No	Citra satelit Landsat	Band	Persamaan (Emc <sup>2</sup> )
1	Tahun 2016	Band 1	$((0.00002*band1+(0.100000)/0.85359157444232476560989187386714)$
2		Band 2	$((0.00002*band2+(0.100000)/0.85359157444232476560989187386714)$
3		Band 3	$((0.00002*band3+(0.100000)/0.85359157444232476560989187386714)$
4		Band 4	$((0.00002*band4+(0.100000)/0.85359157444232476560989187386714)$
5		Band 5	$((0.00002*band5+(0.100000)/0.85359157444232476560989187386714)$
6		Band 6	$((0.00002*band6+(0.100000)/0.85359157444232476560989187386714)$
7		Band 7	$((0.00002*band7+(0.100000)/0.85359157444232476560989187386714)$

Tabel 3. Citra satelit landsat tahun 2018

No	Citra satelit Landsat	Band	Persamaan (Emc <sup>2</sup> )
1	Tahun 2018	Band 1	$((0.00002*band1+(0.100000)/0.8292242413278126542568492701962)$
2		Band 2	$((0.00002*band2+(0.100000)/0.8292242413278126542568492701962)$
3		Band 3	$((0.00002*band3+(0.100000)/0.8292242413278126542568492701962)$
4		Band 4	$((0.00002*band4+(0.100000)/0.8292242413278126542568492701962)$
5		Band 5	$((0.00002*band5+(0.100000)/0.8292242413278126542568492701962)$
6		Band 6	$((0.00002*band6+(0.100000)/0.8292242413278126542568492701962)$
7		Band 7	$((0.00002*band7+(0.100000)/0.8292242413278126542568492701962)$

			0.8292242413278126542568492701962)
--	--	--	------------------------------------

Hasil dari koreksi citra saat belum terkoreksi dan setelah terkoreksi memiliki kenampakan gambar yang sama hanya saja memiliki nilai dari pixel yang berbeda.

2. Koreksi kolom air (algoritma lyzenga)

Metode Lyzenga dikenal dengan nama metode *depth invariant index* atau metode *water column correction* (koreksi kolom air). Koreksi kolom air bertujuan untuk mengeliminasi kesalahan identifikasi spektral habitat karena faktor kedalaman (Lyzenga, 1981).

Rumus yang digunakan dalam koreksi kolom air ini adalah : (Lyzenga, 1981).

$$Index_i j = B_i - (ki/kj) \times B_j$$

Keterangan :

Index<sub>ij</sub> : *water depth invariant bottom index*

B<sub>i</sub> : saluran *i*

B<sub>j</sub> : saluran *j*

ki/kj : rasio koefisien pelemahan kolom air antara saluran *i* dan saluran *j*.

$$K_i/K_j = a + (a^2+1)^{1/2}$$

$$A = (\text{var } B_1 - \text{var } B_2) / (2 * \text{cov} B_1 B_2)$$

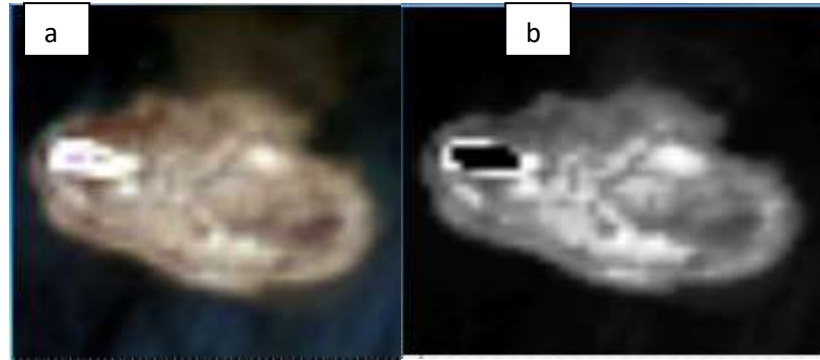
Transformasi citra dengan model formula *Lyzenga*;

$$Y = \ln(B_1) - ((k_i/k_j) \times \ln(B_2)).$$

Tabel 4. Hasil training sampel area

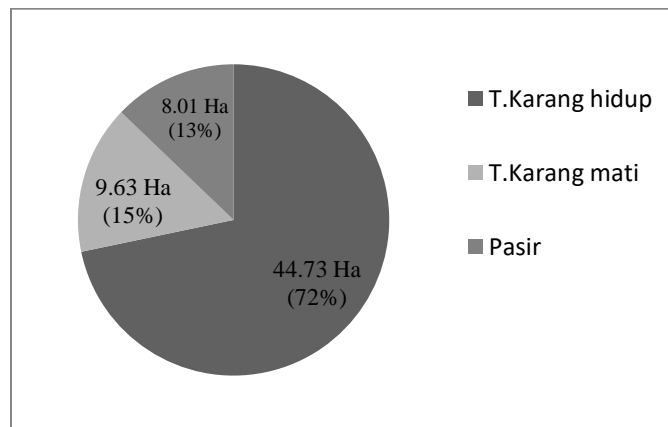
Tahun	Training area	Hasil koreksi
2014	Varian Band 1	1423.457
	Varian Band 2	1747.734
	Covarian Band1 dan Band2	1507.442
	A	-0.10756
	Ki/Kj	1
2016	Varian Band 1	824.9023
	Varian Band 2	1319.667
	Covarian Band1 dan Band2	1002.436
	A	-0.246781
	Ki/Kj	1
2018	Varian Band 1	457.4428
	Varian Band 2	747.3092
	Covarian B1 dan B2	555.9794
	A	-0.26068
	Ki/Kj	1

Nilai ki/kj yang didapat 1 sehingga transformasinya ketika diekstrasi ke dalam citra adalah (if I1/I2 < 1 then (log (I3)+(1\*log(I2))) else null) . Gambar berikut merupakan perbedaan sebelum dilakukan transformasi lyzenga dan sesudah transformasi ;



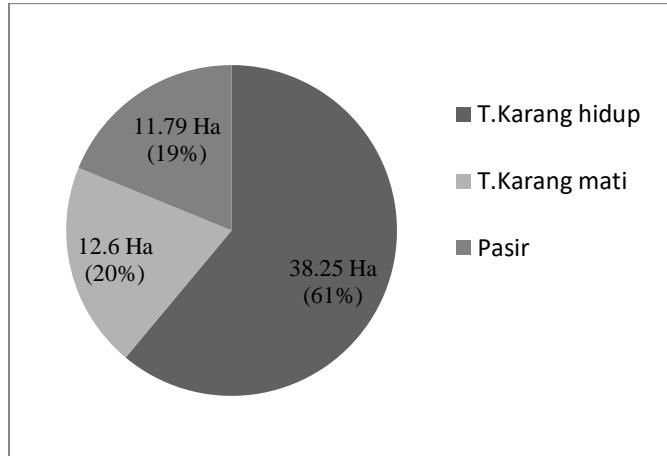
Gambar 2. perbedaan sebelum (a) dan sesudah koreksi Lyzenga (b).

Daerah pada citra hasil klasifikasi dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu, laut, pasir, terumbu karang hidup dan terumbu karang mati. Kelas laut merupakan daerah yang paling luas dimana kedalamannya kira-kira lebih dari 15 meter, dan informasi mengenai daerah tersebut tidak dapat ditangkap oleh sensor pemetaan habitat dangkal. Kelas pasir mewakili dari daerah yang terdiri dari pasir-pasir halus dan kumpulan pecahan kecil karang-karang mati. Kelas terumbu karang mati mewakili daerah yang terdiri dari karang mati dan pecahan-pecahan karang berukuran besar. Dan kelas terumbu karang hidup mewakili daerah yang terdiri dari karang-karang yang masih hidup dan tumbuh dengan baik. Hasil klasifikasi kelas terumbu karang pada tahun 2014, 2016, dan 2018 terbagi dalam tiga (3) kelas yaitu: terumbu karang hidup, terumbu karang mati, dan pasir (gambar 3-5).



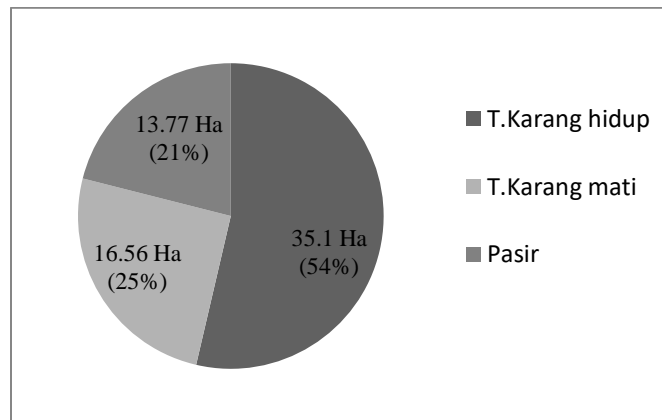
Gambar 3. klasifikasi kelas terumbu karang tahun (Ha) tahun 2014

Dari gambar di atas dapat dilihat untuk luas masing-masing kelas tahun 2014 adalah untuk kelas terumbu karang hidup sebesar 44.73 Ha atau 72%, kelas terumbu karang mati yaitu 9.63 Ha atau 15%, dan kelas pasir yaitu 8.01 Ha atau 13%.



Gambar 4. klasifikasi kelas terumbu karang tahun (Ha) tahun 2016

Dari gambar di atas dapat dilihat untuk luas masing-masing kelas tahun 2016 adalah untuk kelas terumbu karang hidup sebesar 38.25 Ha atau 61%, kelas terumbu karang mati yaitu 12.6 Ha atau 20%, dan kelas pasir yaitu 11.79 Ha atau 19%.



Gambar 5. klasifikasi kelas terumbu karang tahun (Ha) tahun 2018

Dari gambar di atas dapat dilihat untuk luas masing-masing kelas tahun 2018 adalah untuk kelas terumbu karang hidup sebesar 35.1 Ha atau 54%, kelas terumbu karang mati yaitu 16.56 Ha atau 25%, dan kelas pasir yaitu 13.77 Ha atau 21%.

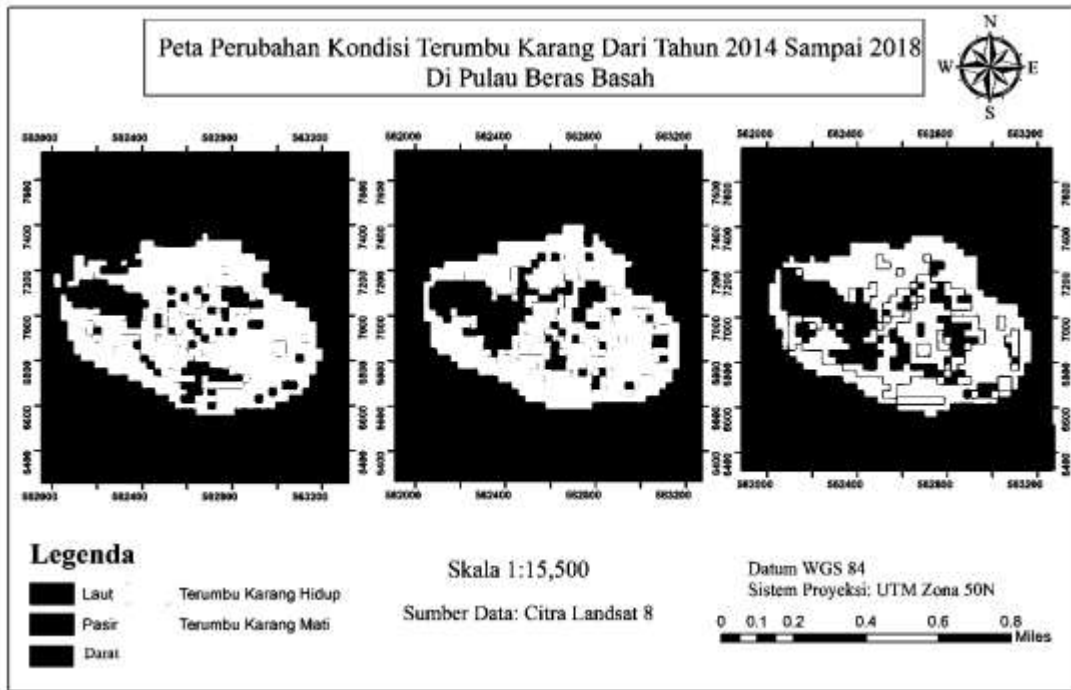
Berdasarkan tabel di atas Dari gambar di atas dapat dilihat untuk luas masing-masing kelas tahun 2016 adalah untuk kelas terumbu karang hidup sebesar 38.25 Ha atau 61%, kelas terumbu karang mati yaitu 12.6 Ha atau 20%, dan kelas pasir yaitu 11.79 Ha atau 19%.

dapat dilihat luasan terumbu karang hidup pada tahun 2014 sebesar 44.73 Ha atau 72%, tahun 2016 sebesar 38.25 Ha atau 61%, dan tahun 2018 sebesar 35.1 Ha atau sebesar 54%. Setiap tahunnya mengalami degradasi, namun degradasi tertinggi terjadi pada tahun 2014-2016 yaitu sebesar 6.48 Ha atau 11%. Sedangkan degradasi antara tahun 2016-2018 berkurang sebesar 3.24 Ha atau 6%.

Luasan terumbu karang mati pada tahun 2014 sebesar 9.63 Ha atau 15%, tahun 2016 sebesar 12.6 Ha atau 20%, dan tahun 2018 sebesar 16.56 Ha atau 25%. Degradasi pada tahun 2014-2016 sebesar 2.97 Ha atau 5%. Dan kenaikan luas terumbu karang mati terjadi antara tahun 2016-2018 sebesar 3.96 Ha atau 6%.

Luas pasir pada tahun 2014 sebesar 8.01 Ha atau 13%, tahun 2016 sebesar 11.79 Ha atau 19%, dan tahun 2018 sebesar 13.77 Ha atau 21%. Terjadi kenaikan perubahan luasan pasir pada tahun 2014-2016 sebesar 3.78 Ha atau 6%. Serta mengalami penurunan luasan tahun 2016-2018 sebesar 1.98 Ha atau 2%. Perubahan luasan

terumbu karang di Pulau Beras Basah dari tahun 2014 sampai 2018 lebih detail dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini:



Gambar 6. Kondisi terumbu karang dari tahun 2014-2018

Kerusakan terumbu karang yang terjadi tidak lepas dari kondisi perairan dan aktivitas-aktivitas masyarakat di wilayah tersebut. Dan juga bertambahnya jumlah penduduk yang aktifitas ekonominya mengandalkan hasil laut. Disamping itu, kegiatan wisata, khususnya wisata bawah air seperti penyelaman yang tidak benar dan tidak memperhatikan kelestarian lingkungan yaitu menginjak dan mengambil terumbu karang, juga menjadi salah satu faktor yang merusak ekosistem terumbu karang (Kordi 2010).

**D. Kondisi Terumbu Karang Dari Hasil Ground Check**

Berdasarkan pengamatan di lapangan lokasi terumbu karang menyebar seluruh bagian pulau dan masing-masing titik memiliki kondisi yang berbeda. Berikut adalah tabel hasil titik sampling di lapangan.

Tabel 6. Hasil ground check

NO	Kordinat		Substrat di lapangan	Substrat di citra
	Longitude (Bujur)	Latitude (Lintang)		
1	00°03'52,1"N	117°33'27,8"E	Terumbu karang hidup	Terumbu karang hidup
3	00°03'49,7"N	117°33'38,5"E	Pasir	Pasir
4	00°03'44,25"N	117°33'37,15"E	Pasir	Pasir
5	00°03'39,9"N	117°33'35,4"E	Terumbu karang hidup	Terumbu karang hidup
6	00°03'33,55"N	117°33'43,85"E	Terumbu karang mati	Terumbu karang mati
7	00°03'50,93"N	117°33'45,87"E	Pasir	Pasir
8	00°03'51,92"N	117°33'45,89"E	Terumbu karang mati	Terumbu karang mati



9	00°03'51,5"N	117°33'54,8"E	Terumbu karang hidup	Terumbu karang hidup
10	00°03'45,02"N	117°33'43,05"E	Terumbu karang mati	Terumbu karang mati

Dari hasil tabel di atas menunjukkan bahwa hasil titik sampling mewakili tingkat kesesuaian data lapangan dan citra satelit lansat 8. Kondisi di lapangan menunjukkan terumbu karang terus mengalami kerusakan setiap tahunnya. Hal ini disebabkan oleh adanya aktivitas-aktivitas yang dilakukan oleh masyarakat di Pulau Beras Basah serta terjadinya pemanasan global.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Dari hasil pengolahan data citra dengan algoritma lyzenga didapat 4 (empat) kelas yaitu pasir, laut, terumbu karang hidup, dan terumbu karang mati.
2. Perubahan luasan terumbu karang tertinggi terjadi pada tahun 2014-2016 yaitu sebesar 6.48 Ha atau 11%, sedangkan perubahan luas terumbu karang tahun 2016-2018 yaitu sebesar 3.96 Ha atau 6%.

### Saran

1. Sebaiknya menggunakan data citra yang resolusinya lebih tinggi, untuk lebih memudahkan saat pengamatan objek.
2. Metode klasifikasi yang digunakan sebaiknya terbimbing (supervised) sehingga dapat melakukan uji akurasi.

## REFERENSI

- Aldila, A. 2011. Inventarisasi dan Kondisi Terumbu Karang Di Pulau Rimau Balak, Kandang Balak, Dan Prajurit Kec. Bakauheni, Lampung Selatan. Lampung: Unila.
- Amin. 2009. Terumbu Karang; Aset yang Terancam (Akar Masalah dan Alternatif Solusi Penyelamatannya). Region I(2): 1-12.
- Bengen, D.G. 2002. Ekosistem dan sumberdaya alam pesisir dan laut serta prinsip pengelolaannya. Sinopsis. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Bogor.
- Jensen, J. R. 2004, *Introductory Digital Image Processing – A Remote Sensing Perspective*, 3rd edition, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Dinas Perikanan, Kelautan dan Pertanian Kota Bontang. 2011. DKP Kota Bontang.
- Kiefer, dan Lillesand. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* (Diterjemahkan oleh Dulbahri, Prapto Suharsono, Hartono, dan Suharyadi) Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kordi KMGH. 2010. *Ekosistem Terumbu Karang*. Rineka Cipta. Jakarta
- LAPAN. (2010). *Pengembangan Bank Data Inderaja untuk Mendukung Jaringan Data Spasial Nasional*. Jakarta Timur: Bidang Produksi Data.
- Lyzenga, D. R., 1978. *Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Features*, *Applied Optics*, 17(3), 379–83. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20174418>.
- Marwasta, D. dan K. D. Priyono. 2007. *Analisis Karakteristik Permukiman Desa-desa Pesisir di Kabupaten Kulonprogo*. *Forum Geografi*. Vol 21 (1): 57-68.

- Lyzenga, D. R., 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. <http://doi.org/10.1080/01431168108948342>.
- Mapstone GM. 1990. Reef Corals and Sponges of Indonesia: A Video-based Learning Module. Netherland: Division of Marine Science, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization.
- Mather, P.M., 2004, *Computer Processing of Remotely Sensed Data: An Introduction*, 3rd edition, Brisbane: John Wiley and Sons.
- Nybakken, J. W. 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia: Jakarta.
- Marwasta.D K.D Priyono. 2007. *Prinsip Pengelolaannya*. Cetakan Kedua. Bogor: Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor.
- Putranto, S. 1997. Pengaruh Sedimentasi dan Limbah Terproduksi Terhadap Komunitas Terumbu Karang di Selat Sele, Sorong-Irian Jaya. Institut Pertanian Bogor.
- Radiarta, I. N., N. Kumar, dan F. Borne. 2002. Coral Reef Habitat Mapping: A Case Study in Mensanak Island-Senayang Lingga, Riau Province, Indonesia. <http://www.gisdevelopment.net/application/nrm/coastal/mnm>. 20 Juli 2008.
- Simarangkir OR, Yulianda F, Boer M. 2015. Pemulihan Komunitas Karang Keras Pasca Pemutihan Karang di Amed Bali. *JUPI* Vol 20, 2: 158-163
- Siregar, V.P. 1996. Pengembangan Algoritma Pemetaan Terumbu Karang di Pulau Menjangan Bali dengan Citra Satelit. Kumpulan Seminar Maritim 1996. BPPT, Jakarta.
- Siswandono, 1987. Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Kajian Terumbu Karang Kepulauan Seribu. Tesis Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Suharsono. 1998. Conditions of coral reef resources in Indonesia. *J Pesisir Lautan* Vol. 1 No. 2. PKSPL-IPB. Bogor.
- Tomascik, T, A. J. Mah, A. Nontji and Mouch. K Moosa. 1997. *The Ecology of Indonesia Seas Part two*. Periplus Edition. Singapore.