

PEMANFAATAN CITRA PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMETAAN TERUMBU KARANG DI TELUK TOMINI BAGIAN KOTA GORONTALO

Vellaria S. Bano
vellaria.bano@gmail.com

Nurul Khakhim
nurulkhakhim@ugm.ac.id

Abstract

The utilization of remote sensing technology in Indonesia is growing rapidly for the inventory of natural resources and environmental. However, not for the marine sector that still not been long using remote sensing technology. This research aims to determine the ability of remote sensing technologies for data extraction of coral reefs and to determine the location of distribution also condition of coral reefs in Tomini Gulf section Gorontalo City. This research is using a remote sensing application, namely Landsat 8 for coral reefs mapping. Image processing carried out by Lyzenga algorithm to correct the body of water (water column correction). Samples were taken using line transect method. The accuracy test conducted by using a confusion matrix. The result of this research indicates the ability of Landsat 8 for data extraction of coral reefs. Furthermore, the extraction process is used to map out the location of distribution and area of coral reefs in the Gulf of Tomini section Kota Gorontalo.

Keyword : Coral Reefs, Tomini Gulf, Lyzenga, Remote Sensing

Abstrak

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh di Indonesia berkembang pesat melalui pemanfaatan dalam kegiatan inventarisasi sumberdaya alam dan lingkungan. Namun, tidak demikian halnya untuk kelautan yang masih belum lama menggunakan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan teknologi penginderaan jauh untuk ekstraksi data terumbu karang dan mengetahui sebaran lokasi serta kondisi terumbu karang di Teluk Tomini. Penelitian ini menggunakan salah satu aplikasi penginderaan jauh yaitu Landsat 8 untuk pemetaan terumbu karang. Pemrosesan citra dilakukan dengan algoritma *Lyzenga* untuk mengoreksi tubuh air (*water column correction*). Pengambilan sampel menggunakan metode transek garis. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan Matriks Konfusi. Hasil penelitian ini menunjukkan kemampuan citra Landsat 8 untuk ekstraksi data terumbu karang. Selanjutnya proses ekstraksi ini digunakan untuk memetakan lokasi sebaran dan luasan terumbu karang yang ada di Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo

Kata Kunci Terumbu Karang, Teluk Tomini, Lyzenga, Penginderaan Jauh.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang memiliki garis pantai sepanjang 81.000 km dan ekosistem terumbu karang seluas kurang lebih 50.000 km². Potensi kekayaan sumber daya kelautan masih banyak yang belum dieksplorasi secara optimal, bahkan belum diketahui potensi yang sebenarnya. Oleh karena itu, diperlukan ketersediaan data yang lengkap, akurat, dan *up to date*, sehingga laut sebagai sumberdaya alternatif yang dapat diperhitungkan pada masa mendatang akan semakin berkembang.

Salah satu lokasi yang memiliki kekayaan laut berupa terumbu karang di Indonesia adalah Teluk Tomini. Teluk Tomini merupakan salah satu teluk terbesar di Indonesia dengan luas kurang lebih 6 juta hektar. Aset sumberdaya pesisir dan laut Teluk Tomini merupakan bagian dari segitiga terumbu karang dunia (*Coral Triangle*) dan Taman Nasional Laut Kepulauan Togean yang dikenal sebagai "*The Heart of Coral Triangle*".

Sejalan dengan pertumbuhan penduduk dunia yang sangat pesat yang diiringi dengan eksploitasi sumber daya alam secara besar-besaran tanpa mempertimbangkan kelestariannya berdampak pada penurunan kualitas lingkungan hidup, termasuk sumber daya terumbu karang. Berdasarkan data Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) setempat, dalam kurun waktu 6 tahun antara tahun 2001-2007, kerusakan terumbu karang mencapai 8,7 persen dari luas keseluruhan Teluk Tomini yang mencapai 411.373 ha. Teluk Tomini mengalami kerusakan akibat kurang serasinya pembangunan kawasan darat dan laut. Kerusakan ini dikhawatirkan akan semakin parah apabila tidak ditangani secara intensif. Upaya untuk mengurangi degradasi kerusakan terumbu karang sangat diperlukan, baik secara menyeluruh maupun dalam skala regional.

Teknologi penginderaan jauh, khususnya untuk bidang kelautan merupakan alternatif yang cukup baik untuk mengatasi permasalahan diatas. Kemampuan dari teknologi ini untuk mengumpulkan data untuk wilayah kajian yang luas dan sulit dijangkau secara langsung dalam waktu singkat secara periodik akan membantu dalam penyediaan informasi sumber daya kelautan.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh di Indonesia semakin berkembang pesat melalui

pemanfaatan secara nyata dalam kegiatan inventarisasi sumberdaya alam dan pemanfaatan lingkungan secara berkesinambungan. Namun, tidak demikian halnya untuk kelautan yang masih belum lama menggunakan teknologi penginderaan jauh. Salah satu aplikasi penginderaan jauh adalah pemetaan terumbu karang menggunakan citra satelit Landsat 8 yang akan dilakukan pada penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan teknologi penginderaan jauh untuk ekstraksi data terumbu karang serta mengetahui lokasi sebaran dan kondisi terumbu karang di sebagian perairan Teluk Tomini.

METODE PENELITIAN

Lingkup wilayah kajian penelitian ini adalah sebagian perairan Teluk Tomini, tepatnya di Kota Gorontalo. Pemilihan Kota Gorontalo sebagai daerah penelitian karena daerah ini termasuk daerah yang memiliki penggunaan lahan yang paling beragam. Selain itu, belum ada penelitian terumbu karang yang berpusat pada bagian Kota Gorontalo. Penelitian dilakukan mulai bulan Juni 2014 dengan lokasi penelitian di sebagian perairan Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Pengambilan data dilakukan pada pertengahan Juni 2014. Pengambilan data dilakukan bertepatan pada musim angin Timur sehingga permukaan air laut tidak terlalu tinggi.

Data Sekunder yakni Profil Teluk Tomini yang diperoleh dari dokumentasi program SUSCLAM (*Tomini Bay Sustainable Coastal Livelihoods and Management*). Data Gorontalo Dalam Angka Tahun 2012 diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Gorontalo. Data-data yang diperoleh dari kegiatan analisis citra penginderaan jauh adalah data lokasi terumbu karang, dan kondisi terumbu karang. Tabel data penelitian dapat dilihat dibawah ini

Tabel Jenis dan Sumber Data

Nama Data	Jenis Data			Keterangan
	P J	Sekunder	Lapangan	
Citra Landsat 8	√			USGS
Profil Teluk Tomini		√		Program SUSCLAM
Gorontalo Dalam Angka		√		Badan Pusat Statistik
Lokasi Terumbu Karang	√		√	Interpretasi Citra
Kondisi Terumbu Karang	√		√	Interpretasi Citra

Tahapan penelitian utama dilakukan dengan menggunakan garis transek sepanjang 30 meter di lapangan dengan menggunakan peralatan dasar selam, alat tulis, *Coral Watch Chart* dan peralatan pelengkap lainnya. Penelitian utama ini dilakukan sebagai verifikasi dari tahapan yang telah dilakukan sebelumnya. Tahapan terakhir adalah *finishing* semua yang telah dilakukan. Re-klasifikasi karang berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, analisa keakuratan instrument penginderaan jauh dalam hal ini citra Landsat8 untuk pemetaan terumbu karang, dan pembuatan peta hasil penelitian, serta pembuatan laporan dan dokumentasi keseluruhan proses dan hasil penelitian.

Pengambilan data di lapangan bertujuan untuk mengetahui jenis obyek di lokasi penelitian yang tampak memiliki warna dan rona yang berbeda pada citra Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo. Data lapangan kemudian digunakan sebagai dasar penentuan jenis tutupan obyek pada saat identifikasi obyek serta validasi citra hasil interpretasi sebelumnya.

Citra yang digunakan adalah Citra Landsat 8 bulan September 2013. Pengolahan citra menggunakan Metode Lyzenga. Pengolahan Citra juga dilakukan untuk mengetahui sebaran terumbu karang di lokasi penelitian.

Proses perhitungan Algoritma Lyzenga antara lain adalah:

- Membuka data algoritma yang sebelumnya telah dilakukan pada saat memasukan statistik citra
- Mencari nilai *variance* dan *covariance* dari tiap-tiap band untuk mendapatkan nilai koefisien atenuasi

$$a_{12} = \frac{\text{variance}_1 - \text{variance}_2}{2 \times \text{covariance}_{12}}$$

- Mencari nilai Koefisien Atenuasi dengan rumus

$$\frac{ki}{kj} = a + \sqrt{a^2 + 1}$$

- Mencari nilai statistik citra baru dengan persamaan Lyzenga:

$$Y = \ln a_1 + \frac{ki}{kj} \ln a_2$$

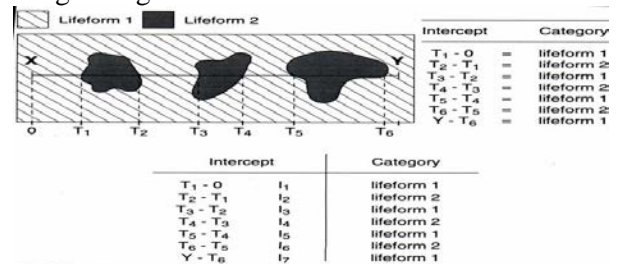
- Melakukan klasifikasi *Density Slice* menggunakan ENVI 5.0

Slicing yang dilakukan akan menghasilkan klasifikasi sebagai berikut:

- Cyan* untuk obyek air
- Magenta* untuk obyek terumbu karang
- Maroon* untuk substrat, dan
- Sea Green* untuk obyek pasir.

Tahapan penelitian utama dilakukan dengan metode transek garis. Transek garis digunakan untuk melihat tutupan karang hidup, karang mati, dan pecahan karang, serta substrat lain yang ada pada daerah penelitian. Pemilihan lokasi survei dianggap memenuhi keterwakilan komunitas karang pada lokasi penelitian. Titik pengamatan dilakukan pada 3 lokasi yang berbeda yang memiliki kelimpahan karang paling banyak dari seluruh bagian Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo. 3 titik pengamatan terletak pada Kelurahan Tanjung Kramat, Mes Todak, dan Pantai Kurinae yang terletak di Kelurahan Leato Selatan.

Penarikan garis transek dilakukan pada kedalaman yang sama pada ketiga titik sampel, yaitu pada kedalaman 5 meter. Panjang garis transek yang digunakan adalah 30 meter disesuaikan dengan resolusi spasial citra Landsat, yaitu 30 x 30 meter per piksel. Penarikan garis transek dilakukan sejajar dengan garis pantai. Pengukuran dan pencatatan karang dilakukan dengan tingkat ketelitian sentimeter.



Cara pencatatan data koloni terumbu karang pada metode transek garis

Peta hasil pemrosesan data menggunakan Algoritma Lyzenga dikombinasikan dengan hasil survey langsung di perairan Teluk Tomini untuk mendapatkan hasil eksisting di lapangan. Reklasifikasi karang berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, analisa keakuratan instrument penginderaan jauh dalam hal ini citra Landsat untuk pemetaan terumbu karang, dan pembuatan peta hasil penelitian, serta pembuatan laporan dan dokumentasi keseluruhan proses dan hasil penelitian.

Uji akurasi dilakukan dengan cara mengambil sampel pada tiap-tiap obyek yang diteliti. Cara yang dilakukan adalah dengan membandingkan kedua hasil tersebut seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel Matriks Uji Akurasi Interpretasi

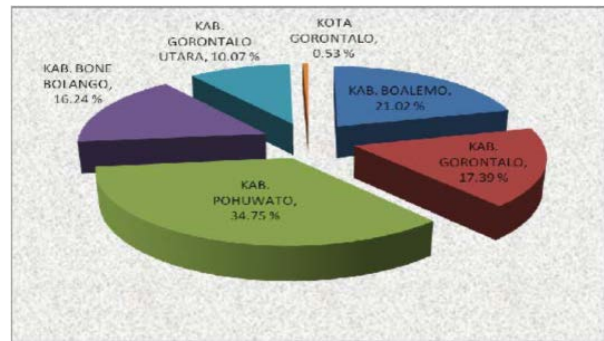
		Reference Data					Row Total
		A	B	C	D	E	
Classified Data	A	70	5	0	13	0	88
	B	3	55	0	0	0	58
	C	0	0	99	0	0	99
	D	0	0	4	37	0	41
	E	0	0	0	0	121	121
Column total		73	60	103	50	121	407

PEMBAHASAN

Deskripsi Wilayah Penelitian

Teluk Tomini tergolong perairan semi tertutup (*semi-enclosed*) yang bersinggungan langsung dengan tiga provinsi yaitu Sulawesi Utara, Gorontalo, dan Sulawesi Tengah juga 14 kabupaten/kota serta 23 muara daerah aliran sungai (DAS). Aset sumberdaya pesisir dan laut Teluk Tomini berupa terumbu karang merupakan bagian dari segitiga terumbu karang dunia (*coral triangle*) dan Taman Nasional Laut Kepulauan Togeon dikenal dengan "*The Heart of Coral Triangle*".

Provinsi Gorontalo merupakan salah satu dari tiga wilayah administratif provinsi yang mengelola Teluk Tomini. Dengan luas 12.215,4 km², Gorontalo dibagi menjadi 6 wilayah Kabupaten/kota dengan luas yang bervariasi seperti terlihat pada gambar berikut.



Persentase Luas Wilayah Provinsi Gorontalo

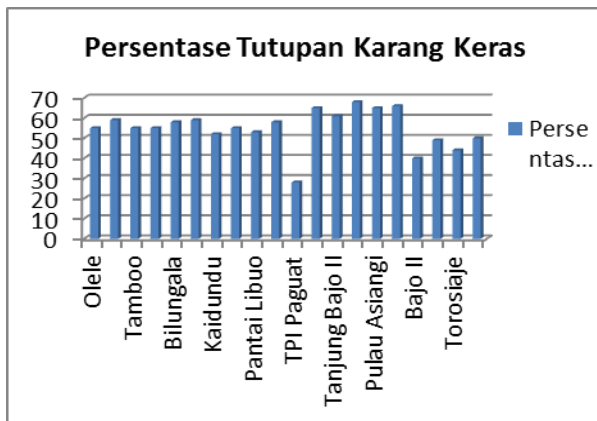
Teluk Tomini merupakan perairan laut terbesar yang dilewati oleh garis khatulistiwa. Terletak diantara 0°30' Lintang Utara hingga 1°30' Lintang Selatan dan 120° hingga 120°30' Bujur Timur. Teluk Tomini memiliki luas wilayah laut sekitar 59.

Kondisi terumbu karang dapat dinilai dengan berbagai cara, salah satu metode yang paling umum digunakan adalah menghitung persentase tutupan karang keras (% *hard coral*) sebagai parameter utama. Skala yang dikembangkan oleh *Global Coral Reef Monitoring Network* (GCRMN) atau Jaringan Global Pemantauan Terumbu Karang ditampilkan dalam tabel dibawah ini:

Tabel Skala Kondisi Terumbu Karang GCRMN

Kategori	Sangat Buruk	Buruk	Sedang	Baik	Sangat Baik
% Penutupan Karang Keras (HC)	0-10%	>10-30%	>30-50%	>50-75%	>75-100%

Laporan penelitian tim PSL-LP Universitas Gorontalo tahun 2008 yang dituangkan dalam laporan SUSCLAM, hampir semua terumbu karang di Gorontalo dikelompokkan dalam kategori "baik" dengan persentase tutupan karang sebesar 50-75%. Data kondisi terumbu karang pada 20 lokasi di tiga kabupaten di Propinsi Gorontalo dituangkan dalam gambar



Data Kondisi terumbu karang pada 20 lokasi di 3 kabupaten di Propinsi Gorontalo

Proses Ekstraksi Data Terumbu Karang melalui Citra Landsat 8 Menggunakan Metode Lyzenga

Citra yang digunakan adalah citra dengan waktu perekaman tanggal 8 September 2013. Waktu perekaman ini diambil karena citra pada tanggal perekaman ini memiliki tutupan awan paling sedikit pada lokasi penelitian. Proses pengolahan citra menggunakan ENVI 4.5 meliputi beberapa tahap diantaranya adalah pemilihan wilayah yang akan dipetakan (*cropping*), pemasukan algoritma Lyzenga dari Microsoft Excel, dan klasifikasi *Density Slice*. Proses *Cropping* dilakukan agar citra yang ditampilkan untuk selanjutnya diolah hanya citra yang mencakup wilayah penelitian. Setelah citra yang diinginkan diperoleh, langkah selanjutnya adalah memasukkan algoritma dari statistik citra. Dari statistik citra ini diperoleh statistik kolom air. Statistik citra ini digunakan untuk memperoleh nilai varian dan kovarian dari tiap-tiap band untuk mendapatkan koefisien atenuasi. Koefisien atenuasi digunakan untuk memperoleh nilai statistik citra baru dengan menggunakan algoritma Lyzenga yang pada prosesnya menggunakan *microsoft excel*. Statistik citra baru yang telah dioperasikan menggunakan algoritma Lyzenga menghasilkan citra yang memiliki kenampakan yang lebih tajam dan lebih sesuai dengan kenampakan sebenarnya didalam tubuh air.

Tahapan selanjutnya adalah proses *masking* citra yang bertujuan untuk membedakan obyek daratan dan obyek lautan pada citra agar lebih mudah dikenali. Kanal yang digunakan dalam proses *masking* ini adalah kanal (*band*) 4 karena kanal ini dapat memisahkan objek darat dan lautan. Setelah proses *masking* dan pemasukan

Algoritma Lyzenga menghasilkan citra baru yang lebih sesuai dengan kenampakan pada tubuh air, citra kemudian diklasifikasi menggunakan *Density Slice*. *Density Slice* ini dilakukan untuk mengumpulkan objek-objek homogen pada suatu *scene* citra untuk menghasilkan sekumpulan kurva. Kemudian, ini dipilah sesuai dengan nilai kecerahan dengan cara mengiris (*slicing*) kurva besar menjadi kurva-kurva kecil sesuai obyek masing-masing. Pengirisan (*slicing*) kurva-kurva tersebut menghasilkan klasifikasi berupa air dengan warna *Cyan*, Terumbu Karang dengan warna *Magenta*, dan obyek pasir dengan warna *Sea Green*. Proses ekstraksi data terumbu karang telah selesai. Setelah ekstraksi data terumbu karang dari citra satelit dilakukan, selanjutnya adalah pembuatan peta hasil pemrosesan citra untuk mengetahui sebaran terumbu karang sementara yang digunakan sebagai panduan untuk melakukan survei lapangan dan pengambilan sampel.

Kegiatan interpretasi pada citra belum tentu menghasilkan kenampakan sebenarnya di lapangan, oleh karena itu diperlukan survei lapangan untuk mendapatkan hasil interpretasi yang lebih akurat. Untuk mengetahui seberapa besar kemampuan citra dalam memetakan terumbu karang dapat dilakukan dengan uji akurasi interpretasi. Uji akurasi ini menggunakan Metode Short yaitu membandingkan hasil pengolahan citra dengan hasil survei lapangan dalam Matriks Konfusi dan perhitungannya.

Berikut ini adalah matriks perhitungan uji akurasi yang dilakukan oleh peneliti.

		CEK LAPANGAN			TOTAL	OMISI (%)	KOMISI (%)	OVERALL (%)
		KA	SUB	PAS				
HASIL INTERPRETASI	KA	48	11	32	91	100	52.75	
	SUB		1		1	8.33	100	
	PAS			1	1	3.03	100	
					50			
TOTAL		48	12	33	93	37.12	84.25	53.76

Hasil Perhitungan Ketelitian Interpretasi

Keterangan:

Ka = Terumbu Karang

Pas = Pasir

Sub = Substrat Lain

$$\begin{aligned} \% \text{ Akurasi Interpretasi Keseluruhan} &= \frac{\text{Jumlah sampel benar}}{\text{Jumlah keseluruhan sampel}} \times 100\% \\ \% \text{ Akurasi Interpretasi Keseluruhan} &= \frac{50}{93} \times 100\% \\ &= 53.76\% \end{aligned}$$

Tingkat ketelitian ini dikatakan baik jika memenuhi syarat tertentu tergantung tujuannya. Pada umumnya ketelitian yang disyaratkan adalah memiliki rata-rata seluruh ketelitian > 84% dan kesalahan komisi < 20%. Dari matriks diatas diperoleh tingkat akurasi antara 3.03% hingga 100% dan tingkat akurasi keseluruhan sebesar 53.76%. Rata-rata kesalahan komisi 46.24%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa secara keseluruhan hasil uji akurasi belum memenuhi syarat rata-rata seluruh ketelitian >84% dan kesalahan komisi < 20%. Dengan demikian, secara keseluruhan kemampuan instrumen penelitian dalam hal ini citra Landsat 8 untuk ekstraksi data terumbu karang cukup baik apabila jumlah titik sampel yang disurvei lebih dari tiga titik sampel.

Sebaran Terumbu Karang di Teluk Tomini, Kota Gorontalo

Gambaran sebaran terumbu karang di Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo diperoleh dari hasil pengolahan citra Landsat 8 dikombinasikan dengan pengukuran lapangan langsung dan melakukan penghitungan persentase tutupan karang hidup (% *hard coral*) sebagai parameter utama dalam skala yang dikembangkan oleh *Global Coral Reef Monitoring Network* (GCRMN) atau Jaringan Global Pemantauan Terumbu Karang. Berdasarkan klasifikasi karang yang ditemui di lapangan, kondisi karang diklasifikasi kedalam 3 kategori, yaitu karang hidup atau *Coral* (CO), karang mati atau *dead coral* (DC), dan pecahan karang atau *Rubble* (RBL).

Pengolahan citra Landsat 8 dilakukan dengan menggunakan Algoritma Lyzenga sebagaimana yang telah dibahas pada sub-bab sebelumnya. Selanjutnya peta sebaran hasil pengolahan citra Landsat 8 dikombinasikan dengan pengukuran lapangan. Metode yang dilakukan peneliti dalam melakukan pengambilan data primer terumbu karang adalah metode transek garis (*line transect*).

Peneliti melakukan survei terumbu karang menggunakan transek garis agar memperoleh hasil dengan akurasi data yang baik dan data yang lebih detail pada setiap garis transek. Ketersediaan

tenaga ahli yang memiliki kemampuan selama yang cukup baik juga membuat peneliti memilih jenis metode survei ini. Selain itu metode ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan lain yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel Kelebihan dan Kekurangan Metode Survei Transek Garis (*line transect*)

Kelebihan	Kekurangan
Akurasi data dapat diperoleh dengan baik.	Membutuhkan tenaga peneliti yang banyak.
Data yang diperoleh jauh lebih baik dan lebih banyak dibandingkan dengan metode lainnya.	Survei memerlukan waktu yang lama.
Penyajian struktur komunitas seperti persentase tutupan karang hidup/karang mati, kekayaan jenis, dominasi, frekuensi kehadiran, ukuran koloni dan keanekaragaman jenis dapat disajikan secara menyeluruh.	Dituntut keahlian peneliti dalam identifikasi karang, minimal <i>life form</i> dan sebaliknya <i>genus</i> atau spesies. Peneliti dituntut sebagai penyelam yang baik.
Struktur komunitas biota yang berasosiasi dengan terumbu karang juga dapat disajikan dengan baik.	Biaya yang dibutuhkan relatif lebih besar daripada metode survei lainnya.

Pemilihan lokasi survei dilakukan dengan melihat peta sebaran terumbu karang yang telah dibuat sebelum survei. Lokasi yang dipilih adalah lokasi yang mewakili komunitas karang pada lokasi penelitian. Pada penelitian ini lokasi penelitian berada pada 3 titik stasiun yang dianggap mewakili komunitas terumbu karang disepanjang perairan Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo karena memiliki komunitas Terumbu Karang paling banyak. Ketiga titik stasiun penelitian yaitu Stasiun Tanjung Kramat Kecamatan Hulonthalangi, Stasiun Mes Todak Kecamatan Dumbo Raya, dan Perairan Kurinae Kecamatan Dumbo Raya.

Garis transek dimulai dari titik kedalaman yang masih dapat ditemukannya terumbu karang dan diseragamkan pada seluruh stasiun. Pada umumnya penarikan garis transek dilakukan pada kedalaman 3 meter, 5 meter, dan 10 meter, tergantung keberadaan karang pada lokasi dimasing-masing kedalaman. Selain itu, kedalaman 3 hingga 10 meter merupakan kedalaman yang sangat baik untuk pertumbuhan karang yang ditunjang oleh kecerahan yang masih baik untuk pertumbuhan karang. Peneliti memilih penarikan garis transek pada kedalaman 5meter. Hal ini dilakukan karena survei pengambilan data primer dilakukan pada pertengahan bulan Juni dimana pada lokasi penelitian sedang mengalami

angin musim timur yang menyebabkan permukaan perairan dikawasan Teluk Tomini termasuk stasiun-stasiun penelitian mengalami kenaikan. Panjang transek yang digunakan biasanya 30meter atau 50meter dan penempatannya biasanya disejajarkan dengan garis pantai. Peneliti menggunakan panjang garis transek 30meter karena disesuaikan dengan resolusi spasial Landsat yaitu 30meter.

Pengukuran dilakukan dengan ketelitian centimeter. Pada metode ini, satu koloni dianggap satu individu. Jika satu koloni dari jenis yang sama dipisahkan oleh satu atau beberapa bagian yang mati maka tiap bagian yang hidup dihitung sebagai satu individu. Namun, penelitian ini hanya mengklasifikasikan karang menjadi tiga bagian, yaitu karang hidup, karang mati, dan pecahan karang.

Hasil yang diperoleh pada pengambilan data primer menunjukkan bahwa terumbu karang dikawasan perairan Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo masih termasuk dalam kategori baik dalam skala yang dikembangkan oleh *Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN)* atau Jaringan Global Pemantauan Terumbu Karang. Hal ini dikarenakan persentase tutupan karang hidup pada setiap garis transek ada pada setiap titik stasiun pengamatan menunjukkan angka 51-66%.

Pada stasiun pengamatan pertama yang terletak pada perairan Kelurahan Tanjung Kramat, tercatat terdapat 23 koloni disepanjang garis transek yang berada pada 00°29'39,8" LU hingga 00°29'40,1" LU dan 123°20'28,8" BT hingga 123°20'27,8" BT. Dari 23 koloni yang terdapat disepanjang garis transek, hanya terdapat 4 koloni besar karang hidup yang dipisahkan oleh beberapa koloni pecahan karang dan karang mati. Total koloni karang hidup yang ada dilokasi stasiun pengamatan pertama sebanyak 10 koloni dengan persentase sebesar 53,07%. Persentase ini disusul oleh besar persentase pecahan karang (*rubble*) sebesar 36.30% dan ditutup oleh persentase karang mati yang hanya berkisar diantara 10.63%. Tabel Persentase klasifikasi tutupan koloni terumbu karang pada stasiun pengamatan pertama disajikan pada tabel dibawah ini.

Persentase Klasifikasi Tutupan Karang pada Perairan Tanjung Kramat

NO.	STASIUN I	
	Biotik dan Abiotik	Tutupan Keseluruhan (%)
1	CO	53.07
2	DC	10.63
3	RBL	36.30
Jumlah		100.00

Kondisi karang ini termasuk dalam kategori baik. Pertemuan muara sungai dengan air laut teluk membuat banyaknya karang yang hidup dilokasi ini. Namun, kondisi sekitar perairan yang digunakan sebagai tempat sandaran perahu nelayan yang telah rusak menjadikan kawasan sekitar stasiun pengamatan ini cenderung tidak terawat. Sedimentasi dari daratan yang tidak terawat menjadikan karang disekitar kawasan ini tertutup pasir. Tak jauh berbeda dengan stasiun pengamatan pertama, kondisi karang distasiun pengamatan kedua juga termasuk dalam kategori baik walaupun kondisinya lebih buruk dari kondisi karang distasiun pengamatan pertama.

Stasiun pengamatan kedua berada pada Mes Todak di Kelurahan Leato Selatan. Penarikan garis transek dilakukan pada titik 00°29'01,3" LU hingga 00°29'02,1" LU dan 123°04'46,9" BT hingga 123°04'47,4" BT. dari garis transek sepanjang 30 meter ini, tercatat adanya 40 koloni yang terdiri dari karang hidup, karang mati, dan pecahan karang. Dibeberapa tempat sekitar garis transek terdapat obyek lain berupa pasir. Total koloni karang hidup distasiun ini adalah 9 koloni yang sebagian besar berupa koloni besar yang dipisahkan oleh beberapa bagian karang mati. Persentase karang hidup distasiun ini sebesar 51.33%, sedangkan persentase karang mati mencapai 42.83% dan 5.83% pecahan karang. Persentase karang hidup termasuk menunjukkan lokasi ini memiliki klasifikasi terumbu karang yang cukup baik. Namun, besarnya persentase karang mati hampir sama dengan karang hidup. Tingkat kerusakan yang cukup besar ini dikarenakan lokasi ini sering digunakan sebagai tempat latihan penyelaman. Tabel persentase klasifikasi karang pada stasiun pengamatan kedua dapat dilihat dibawah ini.

Tabel Persentase Klasifikasi Tutupan Karang pada Perairan Tanjung Kramat

NO.	STASIUN II	
	Biotik dan Abiotik	Tutupan Keseluruhan Kategori (%)
1	CO	51.33
2	DC	42.83
3	RBL	5.83
Jumlah		100.00

Stasiun pengamatan ketiga berada pada perairan Kurinae di Kelurahan Leato Selatan. Penarikan garis transek dilakukan pada titik 00°28'44,0" LU hingga 00°28'45,5" LU dan 123°05'07,1" BT hingga 123°05'07,8" BT. Garis transek ini melewati 3 koloni yang terdiri dari karang hidup, karang mati, dan pecahan karang (*rubble*). Persentase karang distasiun ketiga ini mencapai 66.37%. Persentase ini merupakan persentase tutupan karang terbesar diantara 3 stasiun pengamatan yang dilakukan peneliti. Persentase karang mati sebesar 25.73% dan pecahan karang (*rubble*) sebesar 7.9%. Catatan pengamatan tutupan karang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

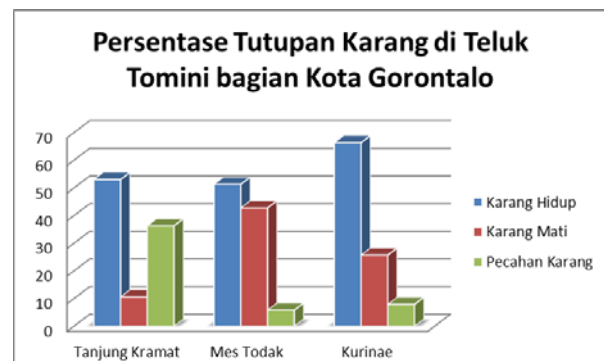
Tabel Persentase Klasifikasi Tutupan Karang pada Perairan Kurinae

NO.	STASIUN III	
	Biotik dan Abiotik	Tutupan Keseluruhan Kategori (%)
1	CO	66.37
2	DC	25.73
3	RBL	7.90
Jumlah		100.00

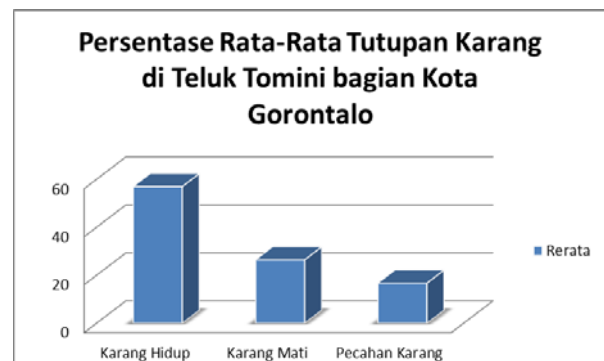
Titik pengamatan ketiga ini sebelumnya merupakan pabrik pengolahan ikan, namun sudah lama tidak difungsikan. Banyaknya ikan di perairan Kurinae ini diasumsikan dengan banyaknya koloni karang yang pertumbuhannya masih baik. Persentase tutupan karang diketiga titik stasiun pengamatan yang dianggap mewakili kondisi karang di perairan Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo adalah 56.92%, sedangkan persentase karang mati adalah 26.40% dan pecahan karang (*rubble*) sebesar 16.68%. Tabel persentase tutupan karang secara keseluruhan di Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo ditampilkan dibawah ini.

Tabel Rata-Rata Persentase Tutupan Karang di Perairan Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo.

NO.	PERSENTASE RATA-RATA PENUTUPAN	
	Biotik dan Abiotik	Tutupan Keseluruhan (Li Coverage) (%)
1	CO	56.92
2	DC	26.40
3	RBL	16.68
Jumlah		100.00



Gambar Diagram Persentase Tutupan Karang pada 3 Titik Penelitian



Gambar Diagram Persentase Rata-Rata Tutupan Karang di Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo

Secara umum, persentase karang hidup ini digolongkan dalam kategori baik menurut skala yang dikembangkan oleh *Global Coral Reef Monitoring Network* (GCRMN). Namun kondisi ini cukup mengkhawatirkan karena aktivitas manusia yang berlebihan dapat mengancam keberlangsungan hidup karang di perairan ini. Aktivitas latihan penyelaman biasanya cukup mengkhawatirkan, karena para penyelam sering mematahkan karang untuk diambil dan dijadikan pemberat. Aktivitas lain seperti penangkapan ikan secara destruktif juga akan mengancam koloni terumbu karang dan biota lain yang hidup

didalamnya. Pencegahan dan pengelolaan yang baik dan sistematis diharapkan dapat meningkatkan kualitas karang di Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo ini.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Proses ekstraksi data dari citra satelit Landsat 8 dengan menggunakan algoritma Lyzenga cukup membantu dalam proses pembuatan peta sebaran terumbu karang di Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo. Dengan tingkat ketelitian 53.76% dan kesalahan komisi 46.24%, citra Landsat 8 dapat digunakan untuk ekstraksi data terumbu karang dengan pengambilan sampel lebih dari 3 titik sampel. Klasifikasi menggunakan *Density Slice* juga memudahkan dalam pengelompokan obyek yang ada pada tubuh air, sehingga memudahkan peneliti dalam melakukan pembuatan peta.
2. Kondisi terumbu karang di Teluk Tomini bagian Kota Gorontalo termasuk dalam kategori baik menurut Skala Kondisi Terumbu Karang GCRMN yang menggunakan persentase tutupan karang hidup sebagai parameter utama. Kategori baik ini ditunjukkan oleh persentase karang hidup sebesar 56.92%, 26,40% karang mati, dan 16.68% pecahan karang. Kerusakan terumbu karang diakibatkan oleh aktivitas manusia yang menempati wilayah sekitar perairan Teluk Tomini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, Muchlisin. 2013. *Pengembangan Metode Lyzenga untuk Deteksi Terumbu Karang di Kepulauan Seribu dengan Menggunakan Data Satelit AVNIR-2*. Jakarta: LAPAN
- Aryanto, Noor. 2004. *Penyelidikan Potensi Sumber Daya Mineral Perairan Teluk Tomini, Gorontalo*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan
- Dako, Rahman. 2012. *Profil Teluk Tomini*. Gorontalo: SUSCLAM
- Fadhilah, Afrizal. 2013. *Pemanfaatan Citra Quickbird untuk Evaluasi Kesesuaian Antara Lokasi Industri dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Tegallega*. Bandung: UPI
- Fatwa, M. Khair. 2014. *Analisis Penggabungan Citra (Image Fusion) Menggunakan Citra ALOS AVNIR-2 dan PRISM untuk Pemetaan Dasar Perairan Dangkal di Pulau Barrang Lompo*. Makassar: Unhas.
- Guntur, M. S. 2012. *Pemetaan Terumbu Karang : Teori, Metode, dan Praktik*. Bogor: Ghalia Indonesia
- Guntur. M. S.2011. *Ekologi Karang pada Terumbu Buatan*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Hikmah, Rival. 2009. *Kerusakan Terumbu Karang di Kepulauan Karimunjawa*. Depok: UI
- Johan, Ofri. 2003. *Metode Survei Terumbu Karang*. Depok: Yayasan TERANGI
- Lestari, Wiji. 2009. *Pemanfaatan Citra Ikonos untuk Pendataan Pajak Bumi dan Bangunan di Kecamatan Jebres Kota Surakarta*. Surakarta: USM
- Mastu, La Ode Khairum. 2014. *Pemetaan Terumbu Karang Menggunakan Citra Satelit di Perairan Pulau Lara Kabupaten Konawe Selatan*. Kendari: UHO
- Muhsoni, Firman Farid. 2011. *Pemetaan Terumbu Karang Menggunakan Citra Alos di Pulau Kangean Kabupaten Sumenep*. Madura: Universitas Trunojoyo
- Nugrahadi, Geryanto. 2003. *Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Terumbu Karang*. Kalawarta Vol.04 No. 1.Indonesia
- Prayudha, Bayu. 2013. *Kajian Spasial Kerusakan Ekosistem Terumbu Karang untuk Pengelolaan Lingkungan di Teluk Jakarta*. Yogyakarta: UGM.
- Wahyudi, Rifqi. 2013. *Keanekaragaman Jenis Terumbu Karang di Pantai Kondang Merak Kabupaten Malang*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Wulan, Theresia Retno. 2006. *Karakterisasi Ekosistem Terumbu Karang dengan Citra Satelit Landsat-TM di Provinsi Gorontalo*. Jakarta: Pusat Survey Sumber Daya Alam Bakosurtanal.
- Wyrcki, Klaus. 1987. *Indonesian Through Flow and the Associated Pressure Gradient*. *Journal of Geophysical Research* Vol. 92. Hawaii
- <http://geomatika.its.ac.id>, 2013 diakses oleh Vellaria S. Bano pada tanggal 24 September 2013