

**STUDI KANDUNGAN KLOROFIL A DAN SUHU KAITANNYA DENGAN
BIOMASSA IKAN TERUMBU KARANG DI KAWASAN KONSERVASI LAUT
DAERAH (KKLD) KOFIAU-BOO, KABUPATEN RAJA AMPAT
Arifismail Eko Riyanto, Muh. Yusuf, Diah Permata Wijayanti*)**

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698
Email :muh_yusuf_undip@yahoo.co.id; diah_permata@mail.com

Abstrak

Wilayah Kabupaten Kepulauan Raja Ampat merupakan kepulauan yang terdiri dari kurang lebih 610 buah pulau besar dan kecil yang memiliki potensi sumberdaya terutama terumbu karang. Keanekaragaman dan biodiversitas yang tinggi merupakan potensi bagi wilayah Raja Ampat yang perlu dikelola lebih baik agar memberikan dampak signifikan bagi kemakmuran masyarakat pesisir perairan Raja Ampat. Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan klorofil-a, dan suhu permukaan laut (SPL), mengetahui hubungan antara klorofil-a terhadap biomassa ikan karang di KKLD Kofiau – Boo , Raja Ampat. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif untuk menggambarkan keadaan lokasi secara jelas dengan data klorofil-a yang diperoleh dari citra MODIS, suhu dan biomassa ikan diambil secara insitu dari perairan Raja Ampat. Kandungan nilai klorofil-a berkisar antara 0,14mg/m³ - 0,22mg/m³, rata – rata nilai kandungan klorofil-a dari 16 lokasi sebesar 0,2 mg/m³. suhu permukaan laut berkisar antara 28,16°C – 29,82°C. lokasi yang memiliki kandungan klorofil-a sebesar 0,2 mg/m³ memiliki nilai biomassa ikan jenis herbivora tinggi, sedangkan pada ikan jenis karnivora nilai biomassa ikan rendah. Lokasi yang memiliki kandungan klorofil-a dibawah 0,2 mg/m³ memiliki nilai biomassa ikan jenis herbivora rendah, sedangkan pada ikan jenis karnivora nilai biomassa ikan tinggi.

Kata Kunci : *Klorofil-a, Suhu permukaan laut (SPL), Biomassa Ikan,*

Abstract

The district of Raja Ampat Islands are an archipelago consisting of 610 large and small islands that have the potential resources, especially coral reefs. Diversity and high biodiversity is a potential for Raja Ampat region that needs to be better managed in order to provide a significant impact to the prosperity of the coastal waters of Raja Ampat communities. The objective of this study was to determine of chlorophyll-a, and sea surface temperature (SST), determine the relationship between chlorophyll-a to the biomass of reef fish in KKLD Kofiau - Boo, Raja Ampat. This study used a descriptive method to describe clearly state the location of chlorophyll-a data obtained from MODIS imagery, temperature and biomass of fish take from the waters of Raja Ampat in-situ. Chlorophyll-a values ranged between 0,14mg/m³ - 0,22mg/m³, chlorophyll-a average value from 16 locations are 0,2 mg/m³. sea surface temperatures ranged from 28.16 ° C - 29.82 ° C. Location had the value of the chlorophyll-a 0.2 mg/m³ with the high value of herbivorous fish biomass, while low carnivorous fish biomass. Location which chlorophyll under 0.2 mg/m³ had the value of low herbivorous fish biomass, otherwise value of high carnivorous fish biomass

Keywords : *Chlorophyll-a, Sea Surface Temperature, fish biomass*

1. Pendahuluan

Keanekaragaman hayati laut tropis yang dimiliki Kabupaten Raja Ampat diperkirakan yang terkaya di dunia pada saat ini, berdasarkan hasil Rapid Assessment Program yang dilakukan oleh Tim CI disebutkan bahwa Kabupaten Raja Ampat memiliki keanekaragaman 456 spesies jenis karang keras, 699 spesies moluska, dan 972 spesies ikan karang. Tingginya biodiversitas tersebut, tentu mengindikasikan bahwa perairan laut di wilayah Raja Ampat merupakan perairan yang subur dan menjadi sentra produksi sumberdaya ikan untuk wilayah perairan laut sekitarnya (Coremap, 2007).

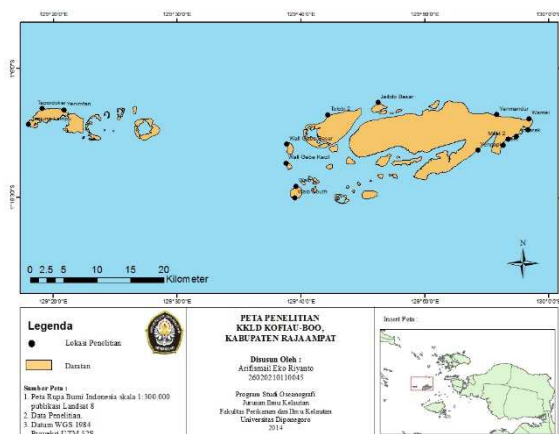
Klorofil-a telah mendapat perhatian lebih banyak dalam studi produktivitas primer, dibandingkan pigmen lain. Klorofil-a merupakan salah satu parameter indikator tingkat kesuburan perairan, tinggi rendahnya kandungan klorofil-a di laut sangat dipengaruhi oleh faktor oseanografi salah satunya adalah suhu permukaan laut. Tingginya kandungan klorofil-a pada lapisan permukaan diduga disebabkan adanya pengaruh dari faktor cahaya dibanding lapisan bawahnya, sehingga pada lapisan permukaan, laju fotosintesis dapat berlangsung lebih cepat (Afdal dan Riyono, 2004). Berdasarkan potensi sumberdaya perikanan yang melimpah di Kepulauan Raja Ampat, maka perlu kiranya dilakukan penelitian tentang “studi kandungan klorofil-a dan suhu kaitannya dengan biomassa ikan terumbu karang di KKLD Kofiau-Boo, Kabupaten Raja Ampat”. Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan klorofil-a, dan suhu permukaan laut (SPL) dan mengetahui hubungan antara klorofil-a terhadap biomassa ikan karang di KKLD Kofiau – Boo, Raja Ampat

2. Materi dan Metode

A. Materi Penelitian

Penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan berupa data pengukuran suhu permukaan laut (SPL) yang diukur langsung di lapangan, data konsentrasi klorofil-a dari citra satelit. Dalam pengumpulan data primer dilakukan pengukuran menggunakan *temperature logger*. Data sekunder merupakan data pendukung yang berasal dari citra satelit dan hasil survei monitoring pendataan ikan. Adapun data sekunder yang digunakan yaitu data citra MODIS level 3 komposit mingguan. data citra MODIS diunduh dari situs NASA yaitu <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>, data pendataan ikan yang diperoleh dari *The Nature Conservancy*

Penelitian mengenai studi kandungan klorofil-a dan suhu kaitannya dengan biomassa ikan terumbu karang di Kawasan Konservasi Laut daerah (KKLD) Kofiau-Boo, Kabupaten Raja Ampat ini dilaksanakan pada 18-27 Maret 2014. Lingkup daerah penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di KKLD Kofiau-Boo, Kabupaten Raja Ampat

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pengambilan data lapangan yaitu metode purposive sampling, metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan wilayah tertentu untuk mendapatkan gambaran situasi dan kondisi secara lokal. Metode purposive sampling adalah menentukan pengambilan sampel dengan pertimbangan tertentu, pertimbangan tersebut berupa hasil pengolahan citra.

Suhu permukaan laut diukur menggunakan logger. Pengukuran dilakukan pada kedalaman 1-10 meter di 16 lokasi yang berbeda. Pengambilan data klorofil digunakan metode penginderaan jauh adalah metode penginderaan suatu objek tanpa berhubungan langsung dengan objek tersebut (Sutanto, 1986). Pengambilan data ikan dipilih dengan menggunakan Metode Transek Sabuk (Belt Transect). Ikan-ikan karang disurvei dengan menggunakan transek 5 x 50m pada setiap lokasi pada kedalaman yang konstan yaitu 10 m.

Data suhu permukaan laut di lapangan dilakukan verifikasi data dari citra Aqua MODIS level.3 agar dapat diketahui nilai kesalahan relatif dari suhu permukaan laut. Analisis verifikasi digunakan untuk membandingkan antara data suhu permukaan laut dari citra satelit Aqua-MODIS dengan nilai data lapangan serta mengetahui hubungan dua data variabel tersebut sehingga dapat mengetahui seberapa besar kemampuan data MODIS dalam memberikan nilai informasi suhu permukaan laut yang tepat dari nilai suhu permukaan laut lapangan yang sesungguhnya. Hasil Analisis tersebut dilakukan koreksi kesalahan relatif sehingga dapat membuktikan kevalidan data citra satelit.

Analisis data klorofil-a dan suhu permukaan laut menggunakan program envi 4.5. Data raster citra MODIS level 3 mingguan yang didapatkan dari situs NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) merupakan citra komposit mingguan yang beresolusi spasial 4 km, kemudian diolah dengan program Envi 4.5 untuk membatasi daerah kajian. Data Awal yang didapat dari citra MODIS berupa data Klorofil-a dan suhu permukaan laut secara global, selanjutnya dilakukan proses *cropping*. Proses *cropping* ini dilakukan untuk membatasi citra yang diolah agar sesuai dengan batasan daerah kajian penelitian. Data yang diperoleh dari hasil *cropping* disimpan dalam bentuk ASCII (.txt) agar dapat diolah menggunakan lembar kerja microsoft excel untuk memperoleh nilai komposit dan anomali klorofil-a per pixel. Data ASCII yang didapat dari program ENVI4.5 selanjutnya diolah dengan menggunakan microsoft excel untuk menghitung nilai komposit per pixel. Nilai komposit per piksel klorofil-a dan suhu permukaan laut merupakan rata-rata nilai klorofil-a dan suhu permukaan laut per pixel nya selama 1 minggu (7 hari).

C. Hasil dan Pembahasan

Suhu Permukaan Laut

Suhu di lokasi penelitian tidak memiliki perbedaan signifikan antar lokasi dan bersifat homogen. Lokasi yang memiliki suhu terendah dijumpai di Tapordoker yaitu 28,16°C sedangkan pada lokasi Wamei memiliki nilai suhu tertinggi yaitu 29,82°C. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada potensi terjadinya *upwelling*. Menurut Chen *et al.*, (2007) suhu di zona *upwelling* biasanya berkisar 24°C – 25°C, yang merupakan 3-5°C lebih dingin dari air sekitarnya. Untuk lebih jelasnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu Permukaan Laut di Lapangan

Stasiun	Nama Lokasi	Koordinat		Suhu (°C)
		S	E	
1	Yenimfan	01°09.388'	129°20.843	29,08
2	Tapordoker	01°09.277'	129°19.086'	28,16
3	Tanjung Lampu	01°10.573'	129°17.945'	29,4
4	Yenpapur	01°12.672'	129°54.260'	29,46
5	Maet	01°12.233'	129°56.302'	29,24

Tabel 1. (Lanjutan)	Maet 2	01°11.707'	129°56.848'	29,28
7	Tolobi 2	01°09.786'	129°42.153'	29,08
8	Jailolo Besar	01°08.792'	129°46.202'	29,18
9	Yenmandur	01°09.770'	129°55.785'	29,5
10	Andarek	01°11.478'	129°57.522'	28,82
11	Wambong Kecil	01°10.997'	129°58.323'	29,28
12	Wamei	01°10.090'	129°58.372'	29,82
13	Wall Gebe Kecil	01°13.721'	129°38.772'	29,06
14	Wall Gebe Besar	01°12.175'	129°38.839'	29,16
15	Walo	01°15.601'	129°39.578'	29,45
16	Walo South	01°16.514'	129°39.502'	29,59

(sumber : Data Hasil Penelitian, 2014)

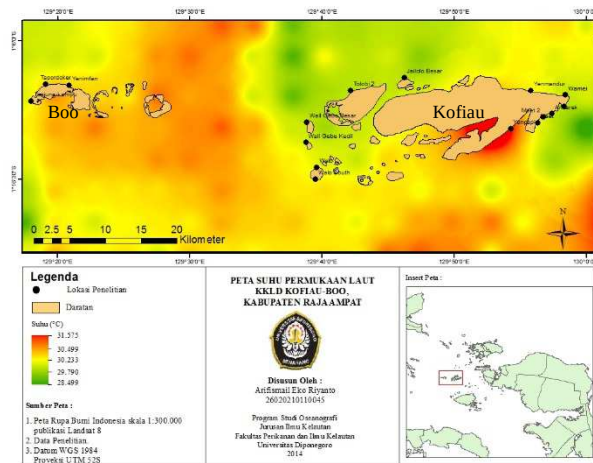
Hasil Verifikasi antara Data Lapangan dengan Data Citra

Data dari 16 titik penelitian yang didapat dari citra dan dari lapangan memiliki nilai rata-rata kesalahan relatif 0,03 atau 3%, sehingga data citra ini dapat digunakan. Menurut Diposaptono dan Budiman (2006) jika nilai *error* kurang dari 10% maka citra dapat digunakan. Hasil verifikasi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Verifikasi antara Data Lapangan dengan Data Citra

Stasiun	Nama lokasi	Suhu (°C)	suhu Citra (°C)	RE
1	Yenimfan	29,08	30,37	0,04
2	Tapordoker	28,16	30,34	0,07
3	Tanjung Lampu	29,40	30,21	0,02
4	Yenpapur	29,46	30,9	0,04
5	Maet	29,24	30,21	0,03
6	Maet 2	29,28	30,14	0,02
7	Tolobi 2	29,08	30,02	0,03
8	Jailolo Besar	29,18	30,01	0,02
9	Yenmandur	29,50	30,25	0,02
10	Andarek	28,82	30,08	0,04
11	Wambong Kecil	29,28	30,02	0,02
12	Wamei	29,82	30,09	0,01
13	Wall Gebe Kecil	29,06	30,12	0,03
14	Wall Gebe Besar	29,16	30,03	0,02
15	Walo	29,45	30,18	0,02
16	Walo South	29,59	30,25	0,02
MRE				0,03

(Data Hasil Penelitian, 2014)



Gambar 2. Peta Suhu Permukaan Laut (°C)
(Sumber : Data Penelitian, 2014)

Nilai Kandungan Klorofil-a

Nilai kandungan klorofil-a yang didapat dari citra satelit disajikan pada Tabel 9. Nilai kandungan klorofil-a berkisar antara 0,14-0,22 mg/m³. Kandungan nilai klorofil-a tertinggi terdapat di lokasi Walo sebesar 0,22 mg/m³ dan terendah adalah Wamei sebesar 0,138 mg/m³. Kandungan klorofil di atas 0,2 mg/m³ menunjukkan kehadiran planktonik yang cukup untuk menopang berlangsungnya perikanan secara komersil (Gower, 1972 dalam Widodo, 1999).

Tabel 3. Nilai kandungan klorofil-a dari citra satelit MODIS

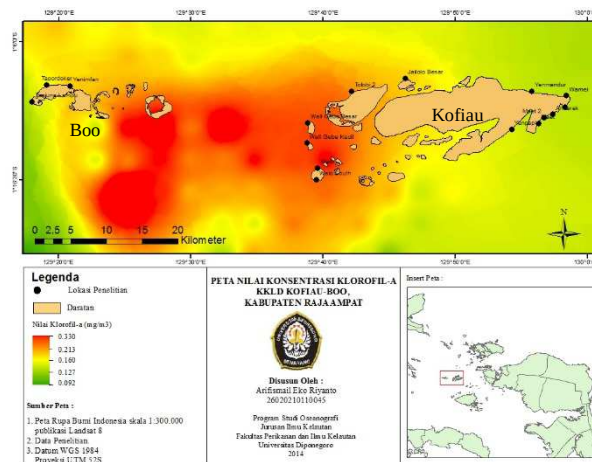
Stasiun	Nama lokasi	Klorofil mg/m ³
1	Yenimfan	0,21
2	Tapordoker	0,2
3	Tanjung Lampu	0,14
4	Yenpapir	0,15
5	Maet	0,14
6	Maet 2	0,14
7	Tolobi 2	0,2
8	Jailolo Besar	0,2
9	Yenmandur	0,14
10	Andarek	0,14
11	Wambong Kecil	0,14
12	Wamei	0,14
13	Wall Gebe Kecil	0,22
14	Wall Gebe Besar	0,21
15	Walo	0,22

16

Walo South

0,21

(Sumber : Data Penelitian, 2014)



Gambar 3. Peta Nilai Konsentrasi Klorofil-a mg/m^3
(Sumber : Data Penelitian, 2014)

Biomassa Ikan di KKLD Kofiau- Boo

Nilai biomassa ikan di KKLD Kofiau-Boo tertinggi terdapat pada lokasi Andarek sebesar 2587,896 kg/ha sedangkan nilai biomassa ikan terendah terdapat pada lokasi Tolobi 2 sebesar 115,800 kg/ha. Hal ini diduga karena komposisi ikan yang berada di lokasi penelitian berbeda-beda. Pada lokasi penelitian ditemukan beberapa macam jenis ikan herbivora, ikan karnivora, dan ikan omnivora. Untuk lebih jelas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Biomassa Ikan di KKLD Kofiau-Boo

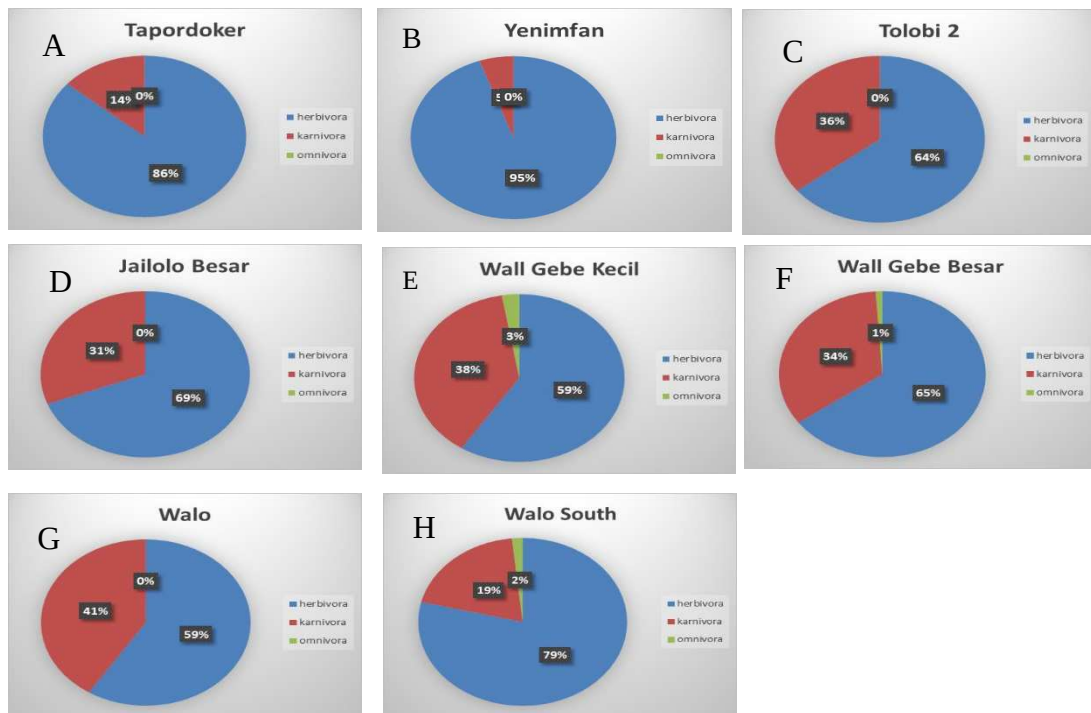
Biomassa rata-rata family /ha (kg)	Nama Lokasi / Stasiun															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Yenimfan	Tapordoker	Tanjung Lampu	Yenpapir	Maet	Maet 2	Tolobi 2	Jailolo Besar	Yenmandur	Andarek	Wambong Kecil	Wamei	Wall Gebe Kecil	Wall Gebe Besar	Walo	Walo South
Acanthuridae	8.935	182.589	4.637	190.669	77.108	71.830	10.625	34.215	41.544	106.608	27.469	321.663	63.754	51.929	162.118	95.934
Caesionidae	21.437	0.000	0.000	26.760	35.092	0.000	0.000	0.000	0.000	252.230	115.197	0.000	0.000	0.000	19.443	229.062
Carangidae	0.000	0.000	0.000	0.000	6.178	0.000	4.078	0.000	19.322	28.073	0.000	0.000	0.000	4.947	0.000	0.000
Carcharhinidae	0.000	0.000	0.000	285.402	425.692	0.000	0.000	0.000	0.000	1129.752	111.867	87.819	0.000	140.290	0.000	0.000
Dasyatidae	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.818	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.057	0.000	0.000	0.000	0.000
Ephippidae	0.000	0.000	6.383	0.000	4.068	3.191	0.000	0.000	0.000	71.816	15.848	20.340	6.383	6.936	0.000	11.116
Haemulidae	4.761	13.284	158.126	76.658	0.000	46.679	0.000	0.000	0.000	60.690	0.000	264.417	0.000	0.000	3.762	74.907
Hemigaleidae	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	68.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Kyphosidae	0.000	0.000	28.852	0.000	0.000	0.000	0.000	67.135	0.000	0.000	0.000	74.938	0.000	0.000	0.000	0.000
Labridae	0.000	1.571	2.188	0.000	0.000	8.769	0.000	3.876	0.000	0.000	0.000	1.571	0.000	31.949	0.000	0.000
Lethrinidae	16.208	62.785	39.655	12.007	0.000	64.375	13.897	0.000	44.283	168.772	24.452	9.434	0.000	278.258	11.721	6.489
Lutjanidae	54.898	137.776	164.638	130.184	301.675	158.697	38.887	58.051	75.427	430.522	276.666	352.154	26.703	26.874	32.134	187.994
Scorpaenidae	45.257	48.510	89.203	79.071	72.603	44.288	35.890	69.034	40.208	295.456	84.704	559.583	85.840	81.101	126.614	52.079
Scombridae	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	16.693	0.000	0.000	0.000	0.000	39.338	0.000
Serranidae	13.237	21.294	22.997	25.330	28.786	26.010	11.177	7.746	6.681	20.603	20.633	144.281	51.509	55.123	35.010	13.532
Siganidae	15.056	2.507	13.239	7.724	7.717	0.000	1.247	7.151	28.868	6.481	10.289	2.715	5.406	5.274	10.461	5.091
Grand Total	179.789	470.316	721.346	548.403	818.630	920.451	115.800	247.209	256.333	2587.696	687.124	1850.973	239.595	682.681	440.603	676.193

(Sumber : Tim Survei dan TNC, 2014)

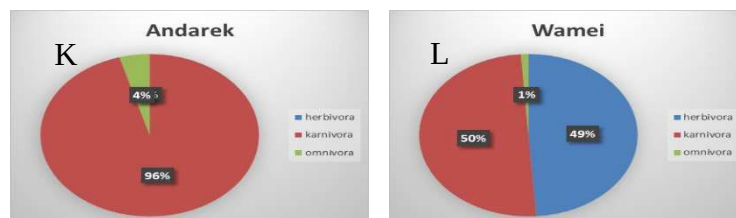
Analisis Klorofil-a terhadap Biomassa Ikan Karang di KKLD Kofiau-Boo

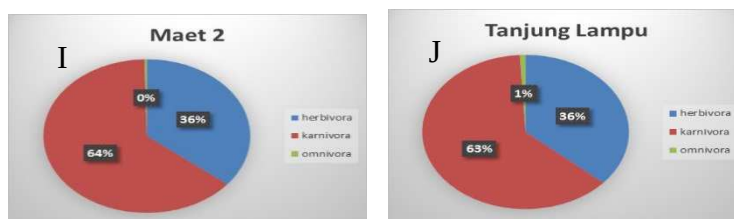
Menurut Mujiman (1994), Ikan dikelompokkan berdasarkan jenis makanan yaitu terdiri dari ikan herbivora, ikan karnivora, ikan omnivora, ikan pemakan plankton, dan ikan pemakan detritus. Hasil dari pendataan ikan yang dilakukan, ditemukan beberapa famili ikan herbivora, ikan karnivora, dan ikan omnivora. Untuk menentukan keterkaitan antara biomassa ikan karang dengan klorofil-a dilihat dari ikan herbivora. Ikan herbivora merupakan ikan yang makanannya berasal dari tumbuh – tumbuhan (Mujiman, 1994). Dari 16 titik lokasi penelitian didapatkan lokasi Yenimfan, Tapordoker, Tolobi 2, Jailolo Besar, Wall

Gebe Kecil, Wall Gebe Besar, Walo, dan Walo South nilai kandungan klorofil-a sebesar $0,2 \text{ mg/m}^3$, memiliki nilai biomassa ikan jenis herbivora tinggi sedangkan pada ikan jenis karnivora nilai biomassa ikan kecil. Hal ini diduga, konsentrasi klorofil-a di atas $0,2 \text{ mg/m}^3$ menunjukkan kehadiran planktonik yang cukup untuk menopang berlangsungnya perikanan secara komersial (Gower, 1972 dalam Widodo, 1999). Sedangkan lokasi yang memiliki nilai kandungan klorofil-a rendah dibawah $0,2 \text{ mg/m}^3$ dijumpai di lokasi Tanjung Lampu, Maet 2, Andarek, dan Wamei memiliki nilai biomassa ikan kecil terutama pada ikan jenis herbivora yang membutuhkan makanan, dalam hal ini berbentuk klorofil-a. Sedangkan untuk ikan jenis karnivora biomassa ikan lebih tinggi. Dapat dikatakan bahwa klorofil-a memiliki hubungan antara biomassa ikan khususnya ikan herbivora. Namun di beberapa lokasi ditemukan adanya perbedaan, saat nilai kandungan klorofil-a rendah, nilai biomassa ikan herbivora tinggi dibandingkan ikan karnivora. Seperti dijumpai pada lokasi Yenpapir, Maet, Yenmandur, dan Wambong Kecil. Hal ini diduga lokasi tersebut sedang mengalami resiliensi/pemulihan terumbu karang dari beberapa indikator penilaian. Ditunjukkan di lokasi penelitian memiliki banyak alga yang merupakan makanan bagi ikan herbivora. Menurut Smith *et al.*, (2001) dan McCook (2001), turunnya kelimpahan ikan jenis herbivora dan meningkatnya konsentrasi nutrisi merupakan faktor yang menyebabkan terjadinya pergantian dari fase yang dominan karang menjadi dominan alga di sejumlah terumbu karang wilayah tropis. Ikan herbivora merupakan salah satu indikator penting dalam resiliensi terumbu karang dari beberapa indikator penilaian resiliensi suatu terumbu karang (Obura, 2008). Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4, 5 dan 6.

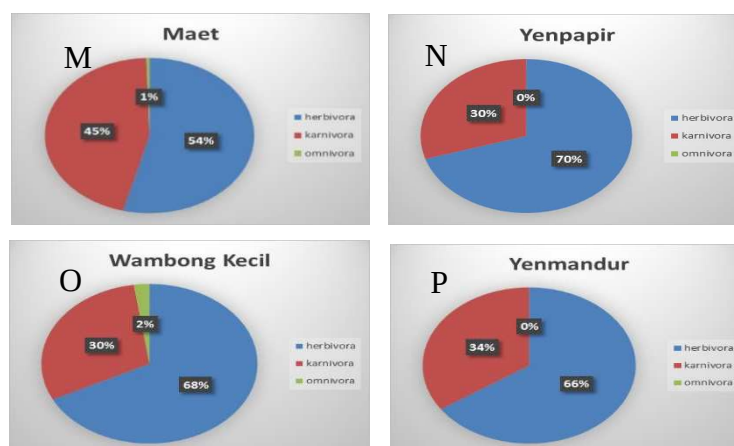


Gambar. 4 A, B, C, D, E, F, G, H
Lokasi yang Memiliki Nilai Kandungan Klorofil-a $0,2 \text{ mg/m}^3$
(Sumber : Data Penelitian, 2014)





Gambar. 5 I, J, K, L Lokasi yang Memiliki Nilai Kandungan Klorofil-a dibawah 0.2 mg/m^3
(Sumber : Data Penelitian, 2014)



Gambar. 6 M, N, O, P Lokasi yang Memiliki Nilai Kandungan Klorofil-a dibawah 0.2 mg/m^3 dan biomassa ikan herbivora tinggi
(Sumber : Data Penelitian, 2014)

D. Kesimpulan

1. Kandungan klorofil-a berkisar antara $0,14 - 0,21$, rata – rata nilai kandungan klorofil-a dari 16 lokasi sebesar $0,2 \text{ mg/m}^3$. Kandungan nilai klorofil-a tertinggi terdapat di lokasi Walo sebesar $0,22 \text{ mg/m}^3$ dan terendah adalah Wamei sebesar $0,14 \text{ mg/m}^3$. Nilai suhu permukaan laut berkisar antara $28,16^\circ\text{C} - 29,82^\circ\text{C}$. Nilai suhu terendah terdapat di lokasi Tapordoker sebesar $28,16^\circ\text{C}$ dan tertinggi pada lokasi Wamei sebesar $29,82^\circ\text{C}$.
2. Secara deskriptif terdapat hubungan antara klorofil-a dengan biomassa ikan, terutama ikan jenis herbivora ditunjukkan jika klorofil-a tinggi maka biomassa ikan jenis herbivora tinggi, sedangkan pada ikan jenis karnivora nilai biomassa ikannya kecil. Sebaliknya lokasi yang memiliki klorofil-a rendah (dibawah $0,2 \text{ mg/m}^3$) mempunyai nilai biomassa ikan jenis herbivora kecil, sedangkan nilai biomassa ikan jenis karnivora tinggi.

Daftar Pustaka

- Afdal dan S.H. Riyono. 2004. *Sebaran Klorofil-a Kaitannya dengan Kondisi Hidrologi di Selat Makassar. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 36:69-82.
- Chen, C., H. Huang, R. C. Beardsley, H. Liu, Q. Xu and G. Cowles. 2007. *A finite volume numerical approach for coastal ocean circulation studies: Comparisons with finite difference models*, J. Geophys. Res., 112, C03018, doi: 10.1029/2006JC003485.
- Coremap dan Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Raja Ampat. 2007. *Laporan Akhir Penyusunan Rencana Strategi Pengelolaan Terumbu Karang Kabupaten Raja Ampat. Kerja Sama Antara tahapII, Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Raja Ampat*. CV. Mandiri Cakti Perkasa. Raja Ampat.
- Diposaptono, S. dan Budiman. 2006. *Hidup Akrab Dengan Gempa dan Tsunami*. Buku Ilmiah Populer. 383 hlm.
- Mujiman, S. 1994. *Makan Ikan*. Penerbit Penebar Swadaya Jakarta.
- McCook, L. J. 2001. Competition between coral and algal turfs along a gradient of terrestrial influence in the nearshore central Great Barrier Reef. *Coral Reef*, 19: 419–425.
- Obura, D. 2008. *Resilience Assessment of Coral Reef – Draft Manual*. IUCN CORDIO, Ghana.
- Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Gadjah Mada University Press. Jogjakarta.
- Smith, J.E., C.M. Smith., C.L. Hunter. 2001. *An experimental analysis of the effect of herbivore and nutrient enrichment on benthic community dynamics on a Hawaiian reef*. *Coral Reef*, 19: 332–342
- Widodo, J. 1999. *Prosiding Seminar Validasi Data Inderaja Untuk Bidang Perikanan*. Jakarta. Indonesia.