

## POTENSI KANDUNGAN PIGMEN KLOOROFIL a DAN b BEBERAPA RUMPUT LAUT GENUS *Gracilaria*: OPTIMALISASI KANDUNGAN KARBOHIDRAT

Rose Dewi<sup>1)</sup>, Dewi Nugrayani<sup>2)</sup>, Dyahruri Sanjayasari<sup>3)</sup>, Hadi Endrawati<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman  
Jl. Dr. Soeparno, Komp GOR Susilo Soedarman, Karang wangkal, Purwokerto

<sup>4)</sup> Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof.H.Soedarto, SH, Tembalang, Semarang

<sup>1)</sup>Email : raysa\_ose@yahoo.com

### ABSTRACT

Response pigment and ecological is major factor of photosynthesis. Quantity of chlorophyll a,b are not same in *Gracilaria*, though in one genus. Difference fluctuation ecological conditions on waters; (Station 1): estuaries, (Station 2): coastal, (Station 3): 100m from the shoreline, based on literature study will affect the rate of photosynthesis. This research aims need to measure of quantitatively pigments (chlorophyll a,b) and carbohydrate to know the difference. Method by purposive random sampling; chlorophyll a,b using UV-Vis spectrophotometer; carbohydrate with analysis by difference; also control physical and chemical parameters of waters. Results show the chlorophyll a, b and carbohydrates in *G. verrucosa* ( $163.58 \pm 8.90$  mg /L;  $79.32 \pm 5.53$  mg /L;  $37.19 \pm 1.50\%$ ); *G. gigas* ( $128.01 \pm 7.2$  mg /L;  $117.76 \pm 5,85$  mg /L;  $44.48 \pm 0.90\%$  ) and *G. salicornia* ( $100.36 \pm 23.35$  mg/L;  $93.73 \pm 11,59$  mg/L;  $36.94 \pm 0.72\%$ ). The highest correlation between pigments (chlorophyll b) with the formation of carbohydrate in *G. gigas* ( $r = 0.991$ ). Range of water quality measured during the study still the threshold that can be tolerated *Gracilaria*, found only high phosphorus content above the threshold that 1.935 to 2.517 mg/ L.

**Key words:** *G. verrucosa*, *G. gigas*, *G. salicornia*, Chlorophyll a, b , Carbohydrate

### PENDAHULUAN

Rumput laut sebagai biota autotrof mampu memproduksi materi organik yang melalui proses fotosintesis. Efektifitas penyerapan intensitas cahaya akan berkaitan dengan kandungan pigmen klorofil a dan b yang akan mempengaruhi laju fotosintesis dalam menghasilkan karbohidrat. Kuantitas kandungan pigmen klorofil a dan b tidak sama pada setiap rumput laut, meskipun dalam satu jenis kelas Rhodophyta, seperti pada jenis rumput laut *Gracilaria* (Amsler,2008). Perbedaan kandungan pigmen fotosintesis (klorofil) tersebut, akan berpengaruh pada perbedaan kemampuan penyerapan intensitas cahaya serta panjang gelombang tertentu berdasarkan pada pigmen yang dimilikinya, sehingga akan

mempengaruhi produk fotosintesis berupa kandungan karbohidrat yang dihasilkan (Clayton, 2002). Didukung oleh pernyataan Lee *et al.* (2013) semakin tingginya kandungan pigmen fotosintesis (klorofil a dan b) yang dimiliki oleh rumput laut, maka proses fotosintesis akan semakin optimal yang ditandai dengan tingginya kandungan karbohidrat yang dihasilkan. Adanya faktor ekologis perairan turut berperan mempengaruhi proses fotosintesis dalam menghasilkan karbohidrat. Perairan Pantai Santolo, Kabupaten Garut terdapat beberapa fluktuasi kondisi ekologis. Daerah muara, pesisir dan 100 m dari garis pantai memiliki ekologi berbeda,, sehingga dimungkinkan terjadinya variasi kandungan pigmen antara klorofil a, b (Indriani dan Sumiarsih, 2003). Ditambahkan Dewi. *et al*

(2010) bahwa untuk perbedaan faktor ekologis demikian diperlukan metoda determinasi kuantitatif untuk pengukuran tersebut. Penelitian ini untuk mengetahui jumlah kandungan pigmen klorofil a dan b rumput laut *Gracilaria verrucosa*, *Gracilaria salicornia* dan *Gracilaria gigas* pada kondisi ekologis yang berbeda dalam menghasilkan kandungan karbohidrat serta pengaruh parameter kualitas air dalam mendukung laju

fotosintesis.

### METODE PENELITIAN

#### Persiapan Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel rumput laut *G. verrucosa* menggunakan metode *purposive random sampling* (Nasoetion, 2007). Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun yang mempunyai karakteristik berbeda (Tabel. 1).

Tabel 1. Karakteristik ekologis stasiun pengambilan sampel

Stasiun	Lokasi	Keterangan
1	Dekat muara	Merupakan daerah sekitar muara yang masih dipengaruhi air laut
2	Pesisir	Daerah yang masih banyak dipengaruhi oleh ekologi daratan
3	100 m dari garis pantai	Daerah yang sedikit dipengaruhi oleh ekologi daratan

Menurut Kusuma *et al*, (2013) sampel yang didapat, selanjutnya dicuci bersih dari serasah-serasah dan garam-garam yang menempel menggunakan air tawar lalu ditiriskan atau diangin-anginkan hingga kering pada ruangan yang minim akan pencahayaan, kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel yang diberi rongga udara, kemudian sampel dimasukkan ke dalam ice box yang diberi es (pendingin), agar thallus *Gracilaria* tetap segar atau tidak mengalami kerusakan selama proses pengambilan hingga sampel siap untuk dianalisis laboratoris (Lee *et al*, 2013; Mudjarab, 2000).

#### Metode Ekstraksi Kandungan pigmen klorofil a dan b

Prosedur pengukuran klorofil a dan b menggunakan spektrofotometer UV-Vis 1200 V cole pormer. Sampel *Gracilaria* dihaluskan kemudian tahapan maserasi menggunakan pelarut aseton 99% hingga kandungan warna lepas dari jaringan. Ekstrak disaring dengan kertas Whatman no 42, sisa jaringan dicuci dengan aseton sampai tidak berwarna, kemudian sampel klorofil diletakkan pada cuvet (4mL). Pengukuran kandungan klorofil a dan b dengan mengukur nilai absorbansi cahayanya menggunakan metode spektrofotometer UV Vis (disetting pada

absorban 0,00 dengan diblanko menggunakan aseton). Absorban diukur pada panjang gelombang (630, 647 dan 664) nm. Perhitungan kandungan klorofil a dan b menurut APHA, (2005) dan Hutagalung, (1997) :

$$\text{Klorofil a (mg/ m}^3\text{)} : \frac{(11,85 \times E_{664}) - (1,54 \times E_{647}) - (0,008 \times E_{630}) \times V_e}{V_s \times d}$$

$$\text{Klorofil b (mg/ m}^3\text{)} : \frac{(21,03 \times E_{647}) - (5,43 \times E_{664}) - (2,66 \times E_{630}) \times V_e}{V_s \times d}$$

Keterangan: E<sub>664</sub> : Absorbansi 664 nm  
 E<sub>647</sub> : Absorbansi 647 nm  
 E<sub>630</sub> : Absorbansi 630 nm  
 V<sub>e</sub> : Volume ekstrak aseton (mL)  
 V<sub>s</sub> : Volume ekstrak (mL)  
 d : Lebar diameter kuvet (1 m)

#### Determinasi Kuantitatif Pengukuran Kandungan Karbohidrat

Analisa proksimat kandungan karbohidrat meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein dan kadar lemak yang dapat dihitung dengan cara sederhana. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

% Karbohidrat :  
 100% - (kadar air+ kadar abu+ lemak + protein)

Metode pengukuran karbohidrat dengan analisis *by difference* ini adalah penentuan

karbohidrat dalam bentuk prosentase (%). Nilai yang diperoleh dengan cara memperhitungkan parameter kandungan nutrisi secara menyeluruh berdasarkan perhitungan secara kuantitatif, meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kemudian 100% dikurangi total dari pengukuran tersebut merupakan kadar karbohidrat (Winarno, 1991).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pigmen Klorofil a, b dan Kandungan Karbohidrat

Hasil penelitian yang diperoleh dari ketiga stasiun (Tabel 2), yakni nilai klorofil a tertinggi terdapat pada stasiun 1 (163,58±

8,90) mg/L, namun karbohidrat yang dihasilkan lebih rendah dari stasiun 3. Hal ini disebabkan karena kinerja awal dari klorofil a yang terlalu tinggi dalam mekanisme penyerapan panjang gelombang 660 nm, sehingga diasumsikan pada respon penyerapan ini mengalami fase kejenuhan (*saturated phase*) terhadap proses fotosintesis dimungkinkan terjadinya penurunan kinerja atau penyerapan dari klorofil b (Goodwin, T. W., 1988; Kongkittayapun *et al.*, 2011). Hal ini ditunjukkan dengan rendahnya kandungan klorofil b bila dibandingkan dengan kedua stasiun yang lain. Sehingga hasil kandungan karbohidrat yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan stasiun 3.

Tabel 2. Hasil analisis pigmen fotosintesis dan kandungan karbohidrat selama penelitian

<i>Gracilaria verrucosa</i>			
Stasiun	Klorofil a (mg/ L)	klorofil b (mg/ L)	Karbohidrat (%)
1	163,58± 8,90	76,95±3,80	36,26± 0,47
2	116,73±19,50	77,38±8,60	36,07± 0,64
3	128,54±21,67	79,32±5,53	37,19±1,50
<i>Gracilaria gigas</i>			
Stasiun	Klorofil a (mg/ L)	klorofil b (mg/ L)	Karbohidrat (%)
1	128,01 ± 7,25	86,53 ± 2,91	44,48 ± 0,90
2	126,82 ± 15,21	117,76 ± 5,85	43,33 ± 0,87
3	105,22± 15,70	72,70 ± 2,40	39,17 ± 0,79
<i>Gracilariasalicornia</i>			
Stasiun	Klorofil a (mg/ L)	klorofil b (mg/ L)	Karbohidrat (%)
1	100,36±23,35	82,06 ± 6,55	36,94 ± 0,72
2	51,64±21,95	79,59 ± 2,85	35,14 ± 1,50
3	96,14± 8,50	93,73 ±11,59	35,72 ± 1,37

### *Gracilaria verrucosa*

Proses kinerja awal klorofil yang terlalu tinggi tanpa dibantu oleh pigmen asesoris, dapat menyebabkan rusaknya klorofil a (Nio, 2012), ditunjukkan dengan rendahnya klorofil b, diduga bahwa thallus *G. verucosa* telah mengalami penurunan kemampuan dalam merespon aktifitas fotosintesis (*Photoinhibition*) sehingga tidak mampu membantu klorofil dalam menghasilkan kandungan karbohidrat optimal (Lee., 2008). Tingginya klorofil b tersebut diikuti tingginya karbohidrat yang dihasilkan. Hal ini sesuai pernyataan Kimball (1990) bahwa klorofil b akan

bekerja pada proses reaksi gelap dengan menggunakan ATP dan NADPH yang dihasilkan pada reaksi terang memicu berbagai reaksi biokimia, dalam kurun waktu relatif singkat dalam proses pembentukan karbohidrat pada reaksi gelap.

### *Gracilaria gigas*

Pengamatan kandungan klorofil a tertinggi terdapat pada stasiun 1 (128,01 ± 7,25) mg/L diikuti tingginya kandungan karbohidrat yang dihasilkan (44,48 ± 0,90) %. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Riyono (2007) adanya intensitas cahaya yang cukup dan kondisi ekologis yang dapat ditoleransi dengan baik dapat

mempengaruhi kandungan klorofil yang dihasilkan. Semakin banyak pembentuk klorofil, maka proses fotosintesis semakin optimal, ditandai dengan tingginya karbohidrat yang dihasilkan. Hasil sebaliknya ditunjukkan pada stasiun 3 rendahnya kandungan klorofil a ( $105,22 \pm 15,70$ ) mg/L diikuti dengan menurunnya klorofil b. Hal ini dikarenakan rendahnya kinerja awal dari klorofil a pada saat penyerapan panjang gelombang 600-700 nm tidak dapat optimal, diduga kondisi ini terjadi karena pigmen pada thallus dari *G. gigas* telah mengalami fase kejenuhan (*saturated phase*) pada awal respon terhadap intensitas cahaya dengan panjang gelombang yang tinggi, diikuti rendahnya respon klorofil b sehingga mengakibatkan tidak optimalnya kandungan karbohidrat yang dihasilkan (Barsanti, 2006).

***Gracilaria salicornia***

Pola respon pigmen fotosintesis pada *Gracilaria salicornia* serupa dengan *Gracilaria gigas* bahwa kondisi ekologis pada stasiun 1 dapat direspon dengan baik oleh klorofil a ( $100,36 \pm 23,35$  mg/L) ditunjukkan dengan kandungan karbohidrat

yang dihasilkan menunjukkan nilai tertinggi ( $36,94 \pm 0,72\%$ ). Bahwa kandungan klorofil menjadi tolok ukur laju fotosintesis dan pertumbuhan pada rumput laut. Klorofil merupakan pigmen yang terdapat dalam kloroplas dan memanfaatkan cahaya yang diserap sebagai energi untuk proses fotosintesis. Klorofil merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi laju fotosintesis yang akan meningkat seiring peningkatan penetrasi intensitas cahaya dan sebaliknya (Clayton, 2002).

**Hubungan Pigmen Klorofil a, b dalam Pembentukan Kandungan Karbohidrat**

Hasil analisis korelasi regresi (Tabel 3) menunjukkan bahwa pada ketiga spesies *Gracilaria*, klorofil b mampu mempengaruhi besarnya kandungan karbohidrat yang dihasilkan bila dibandingkan klorofil a. Nilai korelasi tertinggi *Gracilaria gigas* ( $r = 0,991$ , stasiun 1), hal tersebut dikarenakan adanya kesesuaian peran klorofil b dalam reaksi gelap, ketika menghasilkan 1 molekul  $O_2$ , akan terjadi proses transfer 4 elektron dari  $H_2O$  kedalam molekul  $NADP^+$ .

Tabel 3. Hubungan pigmen klorofil a dan b dengan kandungan karbohidrat yang dihasilkan

<b><i>Gracilaria verrucosa</i></b>				
Stasiun / karbohidrat	Regresi / korelasi	Klorofil a	Klorofil b	
1	r	0,274	0,517	
2	r	0,333	0,348	
3	r	0,446	0,693	
<b><i>Gracilaria gigas</i></b>				
Stasiun / karbohidrat	Regresi / korelasi	Klorofil a	Klorofil b	
1	r	0,860	0,991	
2	r	0,322	0,189	
3	r	0,142	0,308	
<b><i>Gracilaria salicornia</i></b>				
Stasiun / karbohidrat	Regresi / korelasi	Klorofil a	Klorofil b	
1	r	0.182	0.837	
2	r	0.516	0.551	
3	r	0.696	0.712	

Sementara jumlah  $m$  pada ATP, tergantung jumlah energi cahaya yang dibutuhkan oleh per molekul oksigen. Banyak yang mengatakan dalam setiap proses fotosintesis terjadi 4 atau 2 molekul ATP. Ditambahkan menurut Kimball (1990) ATP dan NADPH digunakan dalam reaksi gelap, dan adanya reaksi reduksi unsur  $\text{CO}_2$  yang difiksasi oleh Ribosom 1,5 diphosphat melalui siklus Calvin dengan produk akhirnya berupa karbohidrat ( $\text{CH}_2\text{O}$ ).

#### Parameter ekologis pada habitat *Gracilaria verrucosa*, *Gracilaria salicornia* dan *Gracilaria gigas*

##### Stasiun 1 (daerah dekat muara)

Adapun kandungan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan fosfat ( $\text{PO}_4$ ) pada stasiun 1 (0,43 dan 1,935) mg/L yang didapat lebih rendah dibandingkan dengan stasiun 2 (1,3 dan 1,998) mg/L dan

3 (1,25 dan 2,517) mg/L, sehingga diasumsikan proses pembentukan karbohidrat tidak dapat optimal. Diperjelas menurut Sedjati *et al.* (2012) bahwa kurangnya nutrisi pada suatu perairan akan berpengaruh terhadap pembentukan kandungan karbohidrat pada *Gracilaria verrucosa*. Komposisi kimia rumput laut utamanya dipengaruhi oleh konsentrasi nutrisi N dan P di perairan. Rendahnya kandungan nitrat dan fosfat pada stasiun 1, diduga karena terdapatnya biomassa rumput laut genus *Gracilaria* yang melimpah, sehingga dimungkinkan terjadinya kompetisi ruang dalam memperoleh nutrisi untuk pertumbuhan, sehingga mengakibatkan penurunan kandungan N dan P.

Tabel 4. Parameter ekologis pada habitat Rumput Laut *Gracilaria*

Parameter	Stasiun			Kisaran Optimal	Literatur
	1	2	3		
Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	28	30	29	20-31	Lee, 2008
Kedalaman (cm)	15	22	24	21-26	Lee, 2008
Kecerahan (cm)	15	22	24	21-26 cm	Lee, 2008
Intensitas cahaya (Lux)	2210-4500	2450-4520	2850-4650	400-5000	Clayton, 2002
pH	7	7	7	6,9-7,1	Lee, 2008
Salinitas (ppt)	32	30	32	28-30	Amsler, 2008
$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	0,43	1,3	1,25	0,9-3,50	Amsler, 2008
$\text{PO}_4$ (mg/L)	1,935	1,998	2,517	0,021-0,201	Amsler, 2008
Tss (mg/L)	0,091	0,098	0,068	<30	Amsler, 2008
DO (ppm)	5	8	6	>5	Amsler, 2008

##### Stasiun 2 (pesisir)

Adanya kandungan nutrisi N (1,3mg/L) dan TSS (0,098 mg/L) yang tinggi pada stasiun 2 diduga karena terdapatnya lokasi budidaya keramba jaring apung disekitar area pengambilan sampel. Menurut Darmono (2001) bahwa adanya usaha perikanan yang menggunakan jaring apung dapat menyebabkan peningkatan kandungan nitrat di perairan, dikarenakan adanya sisa-sisa pakan maupun kotoran ikan yang terbuang ke perairan. Kondisi

tersebut turut mendukung tingginya tingkat kekeruhan (TSS) pada kolom perairan. Faktor tersebut mengakibatkan berkurangnya kemampuan penetrasi intensitas cahaya untuk dapat masuk ke dalam perairan yang pada akhirnya akan mempengaruhi laju fotosintesis. Hal tersebut ditunjukkan dengan tidak terdapatnya optimalitas kandungan karbohidrat pada ketiga spesies *Gracilaria* pada stasiun ini. Peningkatan nutrisi yang berlebih akan menyebabkan timbulnya

proses eutrofikasi di suatu ekosistem perairan yang menyebabkan terjadinya penurunan kadar oksigen terlarut dalam perairan (Barus, 2004; Setiaji, 2012).

### Stasiun 3 (100 m dari garis pantai)

Kondisi ekologis pada stasiun 3 memiliki kandungan fosfat yang tinggi yang diduga disebabkan adanya arus serta pengadukan massa air secara vertikal yang mengakibatkan terdistribusikannya kandungan fosfat yang tinggi dari dasar ke lapisan perairan di atasnya. Adanya kandungan TSS yang rendah pada stasiun ini dikarenakan mulai berkurangnya biota yang berasosiasi dan terbatasnya individu tumbuhan yang dapat beradaptasi pada kedalaman ini, sehingga mengakibatkan menurunnya kompetisi ruang, sehingga intensitas cahaya dapat optimal masuk ke kolom perairan. Hanya pada *Gracilaria verrucosa* yang dapat optimal menghasilkan karbohidrat pada stasiun ini. Dijelaskan oleh Rukmi *et al* (2012) bahwa peningkatan proses fotosintesis akan merangsang rumput laut untuk memanfaatkan atau menyerap unsur hara yang cukup seperti nitrat dan fosfat. Senyawa ini diperlukan sebagai bahan dasar penyusunan protein dan pembentukan klorofil dalam proses fotosintesis serta akan menunjang pertumbuhannya.

### KESIMPULAN

1. Jumlah pigmen klorofil a, b dan kandungan karbohidrat berturut pada *Gracilaria verrucosa* (163,58± 8,90 mg/L; 79,32±5,53 mg/L ; 37,19±1,50% stasiun 3); *Gracilaria gigas* (128,01 ± 7,25 mg/L; 117,76 ± 5,85mg/L ; 44,48 ± 0,90% stasiun 1) dan *Gracilaria salicornia* (100,36±23,35; 93,73 ±11,59 mg/L; 36,94 ± 0,72% stasiun 1)
2. Hubungan pigmen yang paling berpengaruh terhadap pembentukan kandungan karbohidrat adalah klorofil b ditunjukkan *Gracilaria gigas* (  $r = 0,991$ , stasiun 1).

### DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 2005. Standart Methods For The Examination Of Water And Waste water. 21<sup>st</sup> Edition. Edited By: Andrew.D Eaton, Lenore.S Clesceri, Eugene.W Rice, Arnold.E Greenberg. Centennial Edition. American Public Health Association, American Water Work Association. Water Environment Federation. ISBN 0-87553-047-8, ISSN 55-1979.
- Amsler, Charles. 2008. Algal Chemical Ecology. Springer- Verlag Berlin Heidelberg. Pp 322
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan: USU Press. hlm: 43.
- Barsanti, L and P, Gualtieri. 2006. Algae,; Anatomy, Biochemistry and Biotechnology. CRC Press. Taylor and Francis Group. Pp 320
- Clayton Roderick. K. 2002. Research On Photosynthetic Reaction Centre From 1932 to 1987. Minireview. Photosynthetic Research. 73: 63 -71. Kluwer Academic Publishers. Printed In The Netherlands.
- Dewi.R, Muhammad,Z, Triani,H. 2010. *Uji Optimalisasi Intensitas Cahaya Terhadap Kandungan Klorofil (a,b) Pada Sistem Kultur Dunaliella salina dan Chlorella vulgaris*. Prosiding Seminar Nasional Biologi "Biodiversitas dan Bioteknologi Sumberdaya Akuatik" Hal 552-559.
- Goodwin, T. W. 1988. *Plant Pigments*. Academic Press. London. pp. 5-47.
- Rasyid, A. 2004. Beberapa Catatan Tentang Agar. *Oseana*, 2 (9) : 1-7.
- Hutagalung Horas. P, Deddy Setiapermana, S. Hadi Riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen*

- dan Biota. Buku 2. P<sub>3</sub>O-LIPI. Jakarta. 181 hlm.
- Kimball, J.W. 1990. Biologi Jilid , Nawangsari S.,S.S. Tjitrosomo (Penerjemah). Jakarta: Erlangga. Hal 173-189.
- Kusuma, I.W., Gunawan, W., Santoso, Rini, P. 2013. Pengaruh Konsentrasi NaOH yang Berbeda Terhadap Mutu Agar Rumput Laut *Gracillaria verrucosa*. *Marine Research*, 2 (2) : 120-129.
- Kongkittayapun, N., Chirapart, A. 2011. Morphometric and molecular analysis of *Gracilaria salicornia* and its Adelphoparasite in Thailand. *Science Asia*, 10 (37):6-16.
- Lee, Robert.E. 2008. Phycology. Fourt Edition. Publihed in the United States of America by Cambridge University Press, Newyork. E Book ISBN: 13 978-0-511-38669-5. Pp 561.
- Lee, W., Parameswari, N., Chailing, H. 2013. Effects of Sulfate Starvation on Agar Polysaccharides of *Gracilaria* species (Gracilariaceae, Rhodophyta) from Morib, Malaysia. *J Appl Phycol*.
- Lobban, C. S., D. J. Chapman, B. P. Kremer. 1988. Spectrophotometric andFluorometric Chlorophyll Analysis. Cambridge University Press. New York. p. 35 – 38
- Mollet, J.C. M.C. Verdus and H. Morvan. 1995.Improved Protoplast Yield and Cell Wall Regeneratio in *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papaenfuss (Gracilaridae, Rhodophyta). France. Pp 2 – 4.
- Mudjarab, S.A. 2000. *Kandungan Agar dan Kekuatan Gel dari Beberapa Spesies Alga Merah di Pantai Tongkaina Sulawesi Utara*. Laporan Penelitian. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perikanan. Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNSRAT. Manado. 45 hal.
- Nasoetion, S. 2007. *Metode Research (Penelitian Ilmiah)*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Nio, S.A. 2012. Evolusi Fotosintesis Pada Tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Sains*. 12 (1).
- Riyono, S.H. 2007. Beberapa Sifat Umum dari Klorofil. *Oseana*, Vol XXXII(1). Hal 23-31 Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. 526
- Sedjati,S., Ervia Y., Suryono. 2012. Profil Pigmen Polar dan Non Polar Mikroalga Laut *Spirulina* sp. dan Potensinya sebagai Pewarna Alami. *ILMU KELAUTAN*. 17 (3) : 176-181.
- Setiaji,K., Gunawan W.S., Sunaryo. 2012. Pengaruh Penambahan Npk Dan Urea Pada Media Air Pemeliharaan Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Caulerpa racemosa* var. *Uvifera*. *Journal Of Marine Research*. 1( 2): 45-50.
- Rukmi, A. S., Sunaryo, Ali D. 2012. Sistem Budidaya Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* di Pertambakan dengan Perbedaan Waktu Perendaman di Dalam Larutan NPK. *Journal of Marine Research*. 1 (1): 90-94.
- Winarno, F.G. 1991. *Kimia Pangan dan Gizi*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. Hal 37.