



## **Pengaruh Konsentrasi Nutrien Terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Halmahera-Maluku**

**Hanny Meirinawati dan Nurul Fitriya**

Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI, Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta 14430

Email: [hanny.meirinawati@gmail.com](mailto:hanny.meirinawati@gmail.com); [nurulfitriya29@gmail.com](mailto:nurulfitriya29@gmail.com)

Submitted 15 May 2018. Reviewed 28 August 2018. Accepted 22 October 2018

DOI: [10.14203/oldi.2018.v3i3.129](https://doi.org/10.14203/oldi.2018.v3i3.129)

### **Abstrak**

Ketersediaan nutrien di laut sangat penting untuk pertumbuhan dan akumulasi biomassa fitoplankton. Masukan nutrien yang menyebabkan perubahan rasionya akan mempengaruhi komposisi spesies komunitas fitoplankton beserta biota yang tingkat tropiknya lebih tinggi. Pengaruh nutrien terhadap kelimpahan fitoplankton sangat penting untuk dikaji karena fungsinya sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan fitoplankton. Selain itu, kedua variabel tersebut merupakan faktor penting dalam menentukan produktivitas suatu perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi dan kelimpahan fitoplankton serta hubungannya dengan nutrien anorganik terlarut di Laut Halmahera-Maluku. Penelitian dilakukan pada Bulan November 2015 di 8 stasiun sampling Laut Halmahera-Maluku. Parameter kualitas air yang diukur yaitu pH menggunakan metode potensiometri, oksigen terlarut (DO) menggunakan metode titrimetri, serta nitrat, nitrit, amonium, fosfat, dan silikat yang diukur menggunakan metode kolorimetri. Fitoplankton diambil dengan menyaring air dari Rosette *sampler* dengan menggunakan *hand plankton net* ukuran mata jaring 20  $\mu\text{m}$ . Komposisi dan kelimpahan fitoplankton ditentukan melalui pengamatan mikroskopis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa amonium secara signifikan berkorelasi positif dengan kelimpahan fitoplankton ( $r=0,9133$  pada  $p < 0,01$ ). Hubungan antara nutrien dengan fitoplankton menjelaskan bahwa setiap genus memiliki preferensi terhadap nutrien yang berbeda. Keberadaan amonium secara signifikan meningkatkan kelimpahan fitoplankton dari genus *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Climacodium*, *Ceratium*, *Eucampia*, *Lauderia*, *Protoperidinium*, dan *Rhizosolenia*. Lain hal nya dengan ammonium, fosfat dapat meningkatkan kelimpahan fitoplankton dari genus *Coscinodiscus* meskipun tidak secara signifikan. Selain itu, silikat dapat meningkatkan kelimpahan fitoplankton dari genus *Thalassiothrix*, *Bacteriastrum*, *Skletonema*, dan *Hemiaulus* sedangkan nitrat dapat meningkatkan kelimpahan fitoplankton dari genus *Alexandrium*.

**Kata Kunci:** Nutrien, Fitoplankton, Kelimpahan, Halmahera

### **Abstract**

**Effects of Nutrients Concentration on Phytoplankton Abundance in The Halmahera-Molucca Sea.** The availability of nutrients in the ocean is essential for the growth and accumulation of phytoplankton biomass. The input nutrients can then changes its ratio which may affect the species composition of phytoplankton communities and higher trophic level biotas. The effects of nutrients on phytoplankton

abundance are very important to be studied due to its role as limiting factors for phytoplankton growth. Besides that, these two variables are most important factors in measuring aquatic productivity. This study aims to analyzed composition and abundance of phytoplankton and its relationship with dissolved inorganic nutrients in the Halmahera-Molucca Sea. This research was conducted in November 2015 covering 8 sampling station within the Halmahera-Molucca Sea. Water quality parameters, such as pH was measured using potentiometric method, dissolved oxygen (DO was measured using titrimetric method), and nitrate, nitrite, ammonium, phosphate and silicate, were measured using the colorimetric method. The water samples were taken using Rosette sampler and then filtered using hand net plankton with size 20  $\mu\text{m}$  to obtain the phytoplankton. Plankton composition and abundance were then determined by microscopic analysis. The result showed that ammonium positively correlated with phytoplankton abundance ( $r=0.9133$  at  $p<0.01$ ). The correlation between nutrients and phytoplankton show that each genus has a preference for different nutrients. The presence of ammonium significantly increase the phytoplankton abundance from genus *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Climacodium*, *Ceratium*, *Eucampia*, *Lauderia*, *Protoberidinium*, and *Rhizosolenia*. On the other hand, phosphates increase the phytoplankton abundance from genus *Coscinodiscus* although not significantly. Besides, silicates increase the phytoplankton abundance from genus *Thalassiothrix*, *Bacteriastrium*, *Skletonema*, and *Hemiaulus* while nitrates increase the phytoplankton abundance from genus *Alexandrium*.

**Keywords:** Nutrients, phytoplankton, abundance, Halmahera

---

## Pendahuluan

Perairan Laut Halmahera merupakan perairan dengan potensi perikanan yang besar di Indonesia dibuktikan dengan melimpahnya jumlah ikan pelagis besar, ikan pelagis kecil dan ikan demersal (Tangke et al. 2015). Hal tersebut didukung oleh kondisi fisika-kimia perairan yang sesuai untuk pertumbuhan fitoplankton sebagai sumber pakan ikan seperti suhu permukaan yang berkisar antara 27,718 °C dan 28,955 °C serta salinitas yang bervariasi antara 33,742-34,551 psu (Pusat Penelitian Oseanografi 2005). Fitoplankton memiliki peran sebagai produsen primer yang penting terutama dalam rantai makanan dalam ekosistem laut. Selain itu, fitoplankton berperan terhadap kesuburan laut ini distribusi spasialnya dipengaruhi oleh arus dan cahaya (Millero 2006). Dilihat dari kelimpahan fitoplankton di perairan barat Halmahera, kelompok diatom lebih dominan dibanding dinoflagellata. Genera diatom yang mempunyai frekuensi kejadian lebih dari 90% yaitu *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Ditylumsol*, *Skletonema* dan *Thalassiothrix* (Pusat Penelitian Oseanografi 2005). Kondisi fisik dan kelimpahan fitoplankton tersebut menunjukkan variabilitas yang dinamis di Laut Halmahera. Komposisi fitoplankton juga akan dipengaruhi oleh proses *upwelling*, tercatat selama musim timur komposisi fitoplankton lebih bervariasi dibandingkan musim peralihan. Fenomena *upwelling* di perairan Indonesia terjadi di perairan Banda pada musim timur yang teramati pada bulan Agustus 1997 (Sediadi 2004).

Faktor penting lain yang berpengaruh dalam pertumbuhan dan akumulasi biomassa fitoplankton di laut adalah ketersediaan nutrisi (Struyf et al. 2009). Nutrien merupakan senyawa yang mengandung unsur N, P, dan Si yang sangat dibutuhkan oleh organisme laut dalam metabolisme, proses fisiologis, dan reaksi biokimiawi (Riley and Chester 1971; Chen 2007). Konsentrasi nutrisi perairan dipengaruhi oleh masukan dari daratan yang kemudian dimanfaatkan untuk pertumbuhan fitoplankton (Koike et al. 2001). Sumber utama nutrisi di laut berasal dari pelapukan batu, pembusukan material organik dan limbah akibat aktivitas manusia yang dibawa oleh sungai menuju laut. Proses pencampuran massa air secara vertikal di lautan juga akan menyebabkan konsentrasi nutrisi yang berada di lapisan dalam terangkat ke lapisan eufotik (Sediadi 2004). Variasi temporal dan spasial konsentrasi nutrisi dapat mempengaruhi struktur komunitas fitoplankton dan produktivitas primer di ekosistem laut (Zhu et al. 2010). Masukan nutrisi dapat menyebabkan perubahan dalam rasionya yang berpengaruh terhadap komposisi spesies fitoplankton dan biota yang tingkat trofiknya yang lebih tinggi (Turner, 2002). Rasio N:P sebesar 16:1 merupakan indikator yang digunakan sebagai pembatas nutrisi dan status ekosistem (Li et al. 2012).

Variasi konsentrasi nutrisi dan kelimpahan fitoplankton dapat menjadi pendekatan dalam melakukan tinjauan profil kesuburan perairan (Millero 2006). Tinjauan ini menjadi cukup penting terutama pada perairan laut Halmahera

yang memiliki produksi perikanan yang sangat potensial. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis komposisi dan kelimpahan fitoplankton serta hubungannya dengan nutrisi anorganik terlarut di Laut Halmahera-Maluku.

## Metodologi

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2015 dengan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Pengambilan sampel untuk nutrisi dan fitoplankton dilakukan pada 8 stasiun yang tersebar di perairan Halmahera-Maluku (Tabel 1 dan Gambar 1).

### Pengukuran DO, pH, dan Kadar Nutrien

Parameter fisika-kimia yang diukur dalam studi ini adalah DO, pH dan kadar nutrisi (silikat, nitrat, nitrit, amonium dan ortofosfat). Pengukuran parameter tersebut dilakukan langsung di lapangan untuk meminimalkan bias hasil pengukuran. Oleh karena itu, selama di lapangan, sebanyak 500 mL sampel air laut diambil menggunakan *Rosette Sampler* dari lapisan permukaan laut kemudian dimasukkan ke dalam botol polietilena. Setelah sampel air laut didapat, oksigen terlarut (DO) diukur dengan metode Winkler dan pH diukur dengan menggunakan pH meter tipe pHTestr 20<sup>®</sup>. Untuk analisis nutrisi, sampel air disaring dengan menggunakan kertas saring nitroselulosa berdiameter pori 0,45 µm dan diameter 47 mm. Setelah itu, nutrisi dianalisis menggunakan metode spektrofotometri dengan alat spektrofotometer Shimadzu UV-1800 dengan beberapa panjang gelombang yang berbeda. Fosfat diukur pada panjang gelombang 885 nm, nitrat dan nitrit pada panjang gelombang 543 nm, sedangkan amonium dan silikat diukur masing-masing pada panjang gelombang 640 nm dan 810 nm. Konsentrasi DIN (*Dissolved Inorganic Nitrogen*) diperoleh dari penambahan konsentrasi nitrat, nitrit, dan amonium sedangkan DIP merupakan konsentrasi dari ortofosfat (Strickland and Parsons, 1972).

### Pengambilan, Pengawetan dan Pengamatan Sampel Plankton

Sampel air yang diambil kemudian disaring dengan menggunakan *hand plankton net* ukuran mata jaring 20 µm. Filtrat yang terkumpul di *bucket* lalu dimasukkan ke dalam botol sampel

250 ml dan difiksasi dengan formaldehida 4%. Selanjutnya botol sampel diberikan label data nomor stasiun, lokasi pengambilan, tipe alat, hari dan waktu pengambilan sampel.

Sampel yang diperoleh selanjutnya diidentifikasi di P2O LIPI Jakarta menggunakan mikroskop dengan bantuan beberapa buku identifikasi antara lain Davis (1955), Wickstead (1965), Yamaji (1976), Taylor (1994), dan Omura et al. (2012). Pencacahan fitoplankton secara kualitatif dilakukan dengan menggunakan *Sedgwick rafter counting cell* atas fraksi sampel dan hasilnya dinyatakan dalam sel.m<sup>-3</sup>; Kelimpahan fitoplankton dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N = n \times \frac{V_t}{V_s} \times \frac{1}{V}$$

N = Jumlah total plankton

V<sub>t</sub> = Volume sampel

V<sub>s</sub> = Volume sub sampel (fraksi)

V = Volume air tersaring

n = Jumlah plankton yang tercacah pada sub-sampel

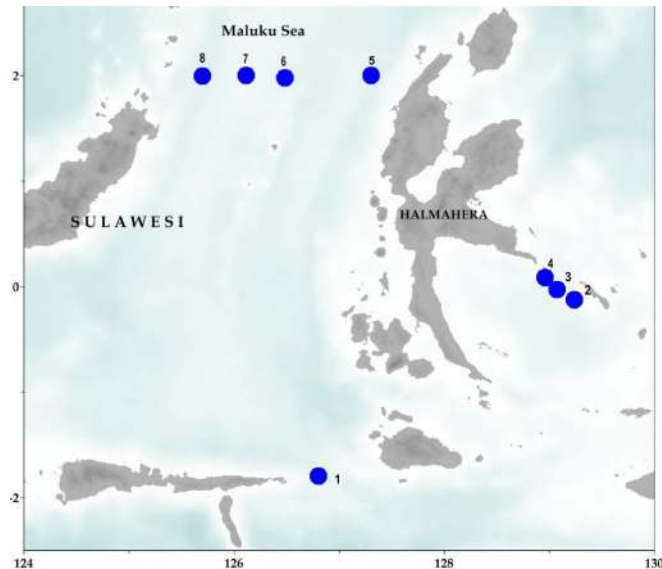
### Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 17. Korelasi antara kelimpahan fitoplankton dengan parameter kualitas air ditentukan dengan menggunakan korelasi Pearson. Hubungan antara nutrisi dengan genus fitoplankton dianalisis dengan menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*).

Tabel 1. Posisi stasiun penelitian di Laut Halmahera-Maluku.

Table 1. Research station position in Halmahera-Molucca Sea.

St	Long	Lat
1	126.80332	-1.7976
2	129.24008	-0.1242833
3	129.07217	-0.0256333
4	128.96105	0.0867167
5	127.3016	1.99995
6	126.48453	1.9776833
7	126.11657	1.9988167
8	125.70047	1.9962167



Gambar 1. Lokasi penelitian di Laut Halmahera-Maluku, November 2015.  
Figure 1. Sampling sites in Halmahera-Molucca Sea, November 2015.

### Hasil

Hasil pengukuran kualitas perairan yaitu pH, DO, fosfat, DIN, dan silika di laut Halmahera-Maluku disajikan pada Tabel 2. Nilai pH tidak menunjukkan variasi yang mencolok yaitu berkisar antara 7,79-8,24 dengan rata-rata 7,91. Tujuh dari delapan stasiun memiliki pH di bawah angka 8 dengan deviasi yang sempit sedangkan variasi lebih tinggi teramati di stasiun 1 dengan pH 8,24. DO juga menunjukkan variasi yang kecil dengan nilai antara 5,89-6,50 mg/L dan rata-rata 6,12 mg/L. Nilai DO tertinggi berada di stasiun 7 dan terendah di stasiun 2. Konsentrasi fosfat, yang terukur sebesar 0,004-0,007 mg/L dan uniknya lima stasiun memiliki nilai fosfat sebesar 0,004 mg/L. Nilai fosfat tertinggi dengan nilai 0,007 mg/L ditunjukkan oleh dua stasiun (stasiun 2 dan 7). Berbeda dengan fosfat, silikat memiliki rentangan nilai yang relatif lebih lebar yaitu antara 0,063-0,159 mg/L dengan rerata 0,111 mg/L. Konsentrasi silikat tertinggi berada di stasiun 8 dan terendah di stasiun 6. Setelah nilai tiap nutrisi didapat, dilakukan perhitungan lebih lanjut untuk mengetahui kadar nitrogen anorganik terlarut (DIN).

DIN merupakan representasi dari nitrat, nitrit dan ammonium sehingga fluktuasi ketiga unsur tersebut akan mempengaruhi nilai DIN. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai DIN berkisar antara 0,026-0,088 mg/L, dengan nilai

rata-rata 0,060 mg/L. Unsur nitrat merupakan parameter yang paling banyak memberikan kontribusi terhadap nilai DIN karena konsentrasi nitrat relatif lebih tinggi dibandingkan dengan nitrit dan ammonium. Dilihat dari distribusinya, konsentrasi DIN tertinggi berada di stasiun 6 dan terendah di stasiun 3.

Perhitungan lain yang telah dilakukan dalam studi ini adalah perhitungan rasio DIN:DIP dan rasio DIP:Si sehingga diketahui faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton di perairan Halmahera-Maluku. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rasio DIN:DIP memiliki rentangan nilai yang lebih lebar dibandingkan DIN:Si. Rasio DIN:DIP berkisar antara 4,38-21,28 dengan rata-rata 12,61. Rasio DIN:DIP tertinggi berada di stasiun 6 dan terendah di stasiun 2. Rasio DIN:Si berkisar antara 0,259-1,403 dengan rata-ratanya 0,610. Rasio DIN:Si tertinggi berada di stasiun 6 dan terendah di stasiun 3.

### Kelimpahan Plankton

Fitoplankton yang berhasil diidentifikasi terdiri atas dua kelas dan 23 genus, yaitu 15 genus Bacillariophyceae/Diatom dan delapan genus Dynophyceae/Dinoflagellata. Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 721.500–9.100.000 sel.  $m^{-3}$  dengan kelimpahan tertinggi di stasiun 4 dan kelimpahan terendah di stasiun 5 (Gambar 2).

Gambar 3 menunjukkan komposisi fitoplankton yang lebih didominasi oleh kelompok

Diatom dari genus *Chaetoceros* (53%), *Rhizosolenia* (11%), dan *Bacteriastrum* (11%). Genus *Chaetoceros* memiliki kelimpahan tertinggi di semua stasiun. Demikian juga dalam kelompok Diatom itu sendiri (Gambar 4) komposisi Diatom terbesar didominasi oleh genus *Chaetoceros* (57%), *Rhizosolenia* (12%) dan *Bacteriastrum* (11%). Genus ini umum dijumpai sering mendominasi di perairan Indonesia sedangkan kelas *Dinophyceae* didominasi oleh *Alexandrium* (51%) dan *Prorocentrum* (25%) (Gambar 5).

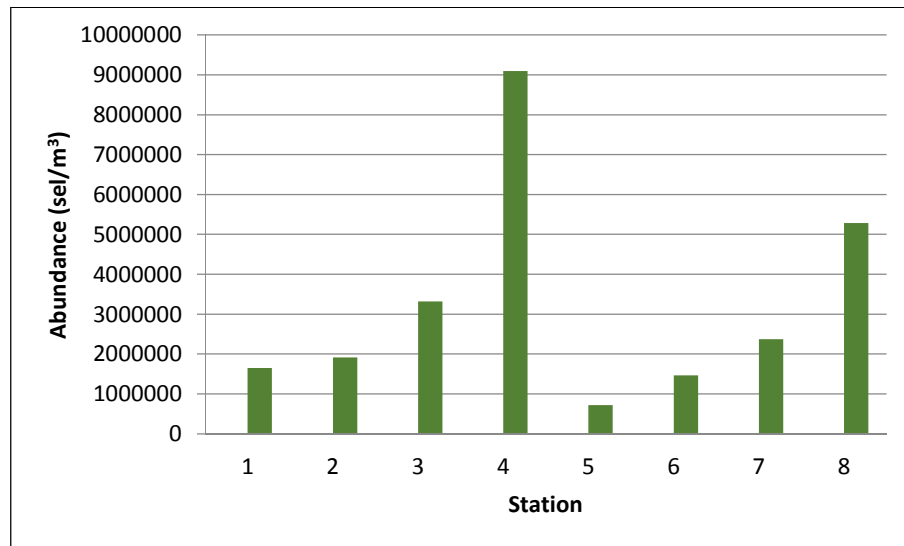
#### Pengaruh nutrisi terhadap kelimpahan fitoplankton

Berdasarkan analisis PCA yang disajikan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa amonium, fosfat, dan silikat lebih berpengaruh terhadap berbagai genus fitoplankton dibandingkan nitrat yang cenderung lebih mempengaruhi genus *Alexandrium* dan *Dinophysis*. Amonium berpengaruh terhadap kelimpahan genus *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Climacodium*, *Ceratium*, *Eucampia*, *Lauderia*, *Protoperdinium*, *Rhizosolenia*, *Coscinodiscus* dan *Prorocentrum*. Adapun fosfat memberi pengaruh terhadap genus

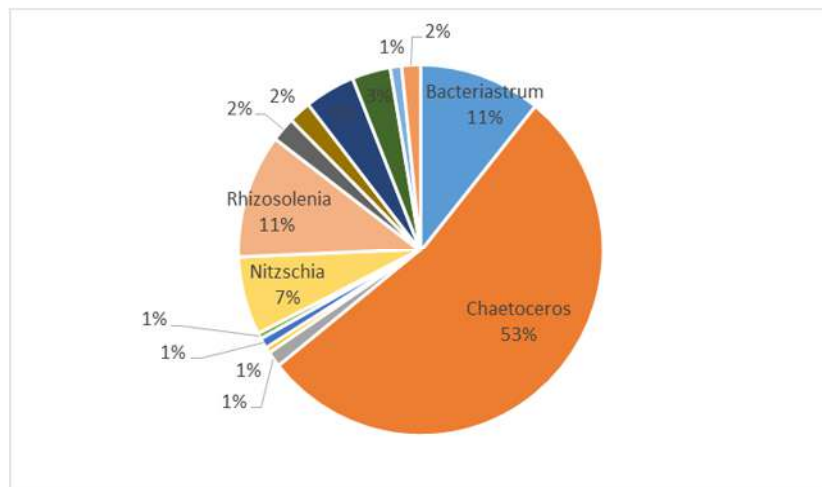
yang sama dengan amonium, sedangkan silikat mempengaruhi kelimpahan dari genus *Thalassiothrix*, *Bacteriastrum*, *Skletonema*, *Hemiaulus*, *Guinardia*, *Pyrophacus*, dan *Thalassiosira*. Hal ini diperkuat dari hasil korelasi antara fitoplankton dan nutrisi (Tabel 2) meskipun tidak semua genus berkorelasi secara signifikan dengan nutrisi. Dari hasil korelasi diketahui bahwa: amonium berkorelasi signifikan terhadap *Chaetoceros* ( $p < 0,01$ ;  $r = 0,91$ ), *Nitzschia* ( $p < 0,05$ ;  $r = 0,83$ ), *Climacodium* ( $p < 0,01$ ;  $r = 0,94$ ), *Ceratium* ( $p < 0,01$ ;  $r = 0,94$ ), *Eucampia* ( $p < 0,01$ ;  $r = 0,85$ ), *Lauderia* ( $p < 0,01$ ;  $r = 0,85$ ), *Protoperdinium* ( $p < 0,05$ ;  $r = 0,74$ ), dan *Rhizosolenia* ( $p < 0,05$ ;  $r = 0,80$ ). Fosfat memiliki pengaruh terhadap *Coscinodiscus* dengan korelasi yang tidak cukup signifikan ( $r = 0,64$ ;  $p < 0,10$ ). Sementara itu, silikat memiliki pengaruh terhadap *Thalassiothrix*, *Bacteriastrum*, *Skletonema*, dan *Hemiaulus*. *Bacteriastrum* ( $r = 0,67$ ), *Thalassiothrix* ( $r = 0,65$ ), *Skletonema* ( $r = 0,63$ ) memiliki korelasi tidak cukup signifikan dengan silikat pada  $p < 0,10$ . Kemudian, nitrat juga memiliki pengaruh terhadap *Alexandrium*, namun tidak cukup signifikan ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,10$ ).

Tabel 2. Kualitas perairan di Laut Halmahera-Maluku.  
Table 2. Water quality in Halmahera-Molucca Sea.

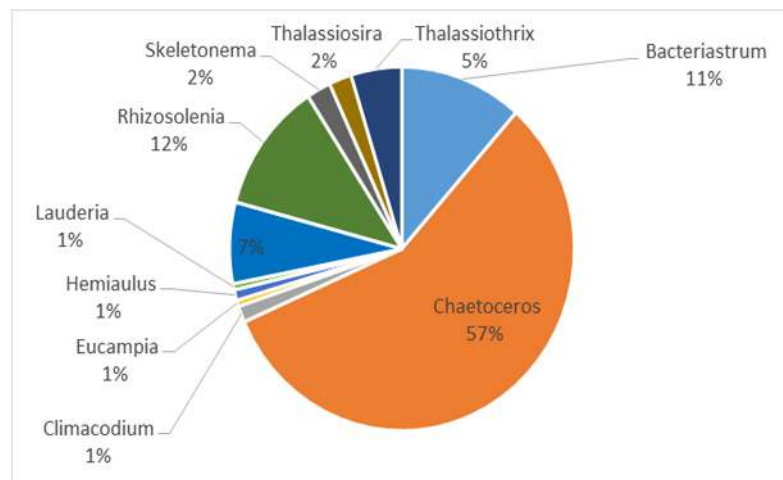
Station	Parameters of Water Quality									
	pH	DO (mg/L)	SiO <sub>3</sub> (mg/L)	PO <sub>4</sub> (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	NO <sub>2</sub> (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)	DIN (mg/L)	DIN:D IP	DIN:Si
1	8.24	6.03	0.146	0.004	0.052	0.004	0.006	0.063	15.18	0.429
2	7.84	5.89	0.109	0.007	0.024	0.004	0.004	0.032	4.38	0.295
3	7.86	6.09	0.100	0.004	0.018	0.005	0.003	0.026	6.29	0.259
4	7.79	6.17	0.126	0.006	0.040	0.005	0.025	0.070	12.27	0.560
5	7.85	6.06	0.100	0.004	0.065	0.005	0.003	0.073	17.65	0.727
6	7.88	6.30	0.063	0.004	0.074	0.006	0.008	0.088	21.28	1.403
7	7.88	6.50	0.084	0.007	0.061	0.004	0.005	0.070	9.56	0.836
8	7.90	5.95	0.159	0.004	0.043	0.005	0.010	0.059	14.24	0.371



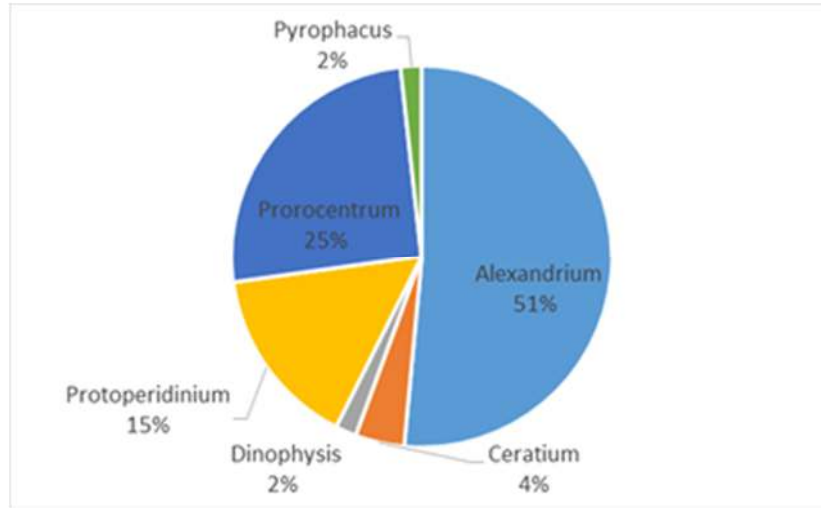
Gambar 2. Kelimpahan fitoplankton di delapan stasiun.  
 Figure 2. Phytoplankton abundance at eight sampling sites.



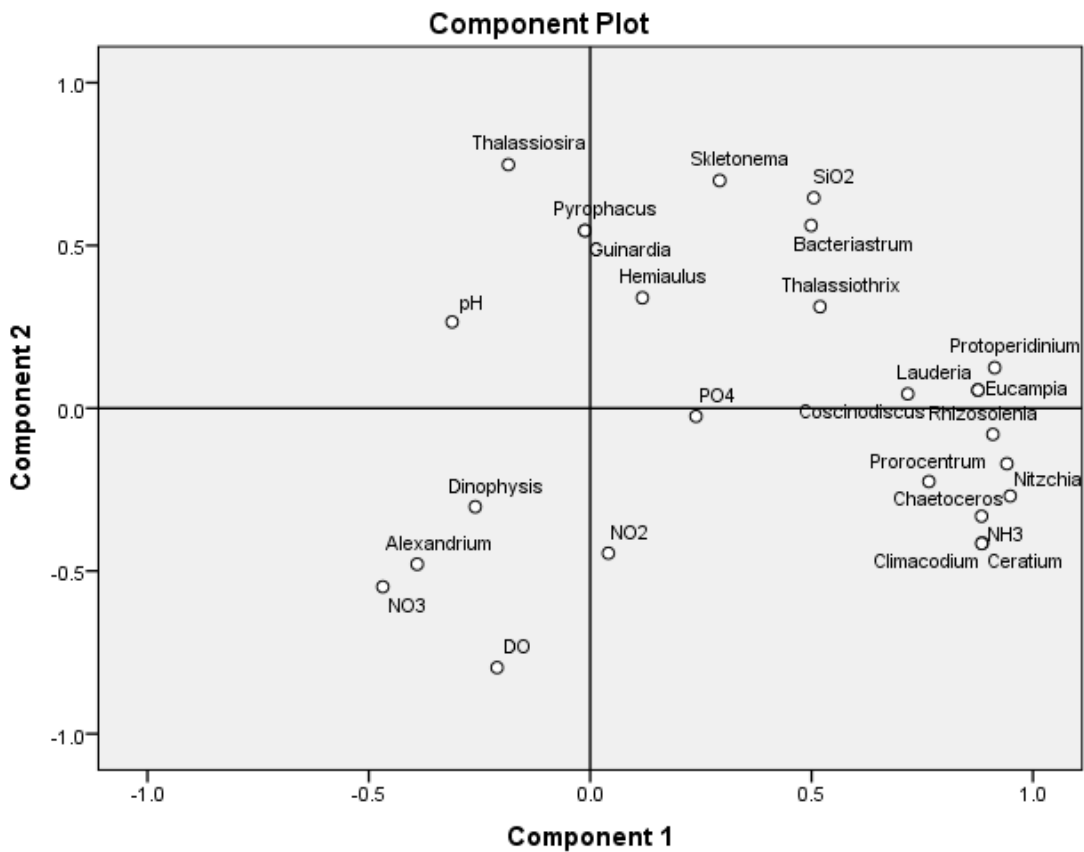
Gambar 3. Komposisi fitoplankton di delapan stasiun.  
 Figure 3. Phytoplankton composition at eight sampling sites.



Gambar 4. Komposisi *Bacillariophyceae* di delapan stasiun.  
 Figure 4. *Bacillariophyceae* composition at eight sampling sites.



Gambar 5. Komposisi *Dinophyceae* di delapan stasiun.  
Figure 5. *Dinophyceae* Composition at eight sampling sites.



Gambar 8. Analisis PCA antara fitoplankton dengan parameter kualitas air.  
Figure 8. PCA analysis between phytoplankton and water quality parameter.

Tabel 2. Korelasi antara parameter kualitas air dengan kelimpahan fitoplankton.  
 Table 2 . Correlation between water quality parameter and phytoplankton abundance.

		SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
Bacteriastrum	Pearson Correlation	.677	-.228	-.456	.287
	Sig. (2-tailed)	.065	.586	.256	.490
	N	8	8	8	8
Chaetoceros	Pearson Correlation	.332	.246	-.295	.909**
	Sig. (2-tailed)	.421	.557	.478	.002
	N	8	8	8	8
Climacodium	Pearson Correlation	.193	.286	-.146	.942**
	Sig. (2-tailed)	.647	.493	.729	.000
	N	8	8	8	8
Eucampia	Pearson Correlation	.589	.033	-.179	.850**
	Sig. (2-tailed)	.125	.937	.671	.008
	N	8	8	8	8
Lauderia	Pearson Correlation	.589	.033	-.179	.850**
	Sig. (2-tailed)	.125	.937	.671	.008
	N	8	8	8	8
Nitzchia	Pearson Correlation	.252	.353	-.532	.826*
	Sig. (2-tailed)	.547	.392	.175	.012
	N	8	8	8	8
Rhizosolenia	Pearson Correlation	.488	.243	-.482	.799*
	Sig. (2-tailed)	.220	.562	.226	.017
	N	8	8	8	8
Skeletonema	Pearson Correlation	.629	-.085	-.246	.128
	Sig. (2-tailed)	.095	.841	.556	.762
	N	8	8	8	8
Thalassiothrix	Pearson Correlation	.645	-.023	-.059	.472
	Sig. (2-tailed)	.084	.957	.890	.237
	N	8	8	8	8
Coscinodiscus	Pearson Correlation	.141	.635	-.453	.616
	Sig. (2-tailed)	.739	.090	.259	.104
	N	8	8	8	8
Alexandrium	Pearson Correlation	-.653	-.206	.606	-.024
	Sig. (2-tailed)	.079	.624	.111	.955
	N	8	8	8	8
Ceratium	Pearson Correlation	.192	.284	-.144	.941**
	Sig. (2-tailed)	.649	.496	.734	.000
	N	8	8	8	8
Protoperidinium	Pearson Correlation	.447	.362	-.627	.741*
	Sig. (2-tailed)	.267	.378	.096	.036
	N	8	8	8	8

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



## Pembahasan

### Profil Nutrien di Perairan Halmahera-Maluku

Penelitian ini memperlihatkan variasi pada tiap parameter fisika-kimia di tiap stasiun sehingga menyebabkan beragamnya kelimpahan fitoplankton. Kondisi fisika-kimia air laut seperti pH dan DO di Perairan Halmahera-Maluku tidak menunjukkan perbedaan nilai yang mencolok dan tergolong normal di perairan laut lepas. Kedua parameter tersebut termasuk faktor pendukung utama bagi pertumbuhan fitoplankton. Berge et al. (2010) menyebutkan bahwa laju pertumbuhan optimum untuk fitoplankton berkisar pada pH 7-8,5. Jika kondisi perairan bersifat asam dan basa maka akan mengganggu proses metabolisme dan respirasi beberapa jenis fitoplankton. Pada saat kondisi asam, laju pertumbuhan dinoflagellata *Heterocapsa triquetra* dan *Teleaulax amphioxiea* menurun pada rentang pH 6,4-6,5 sedangkan *Thalassiosira pseudonana* dan *T. oceanica* menurun laju pertumbuhannya pada saat kondisi basa yaitu nilai pH diatas 8,8 (Berge et al. 2010 & Chen et al. 1994). Nilai pH di stasiun 1 lebih basa dibandingkan dengan stasiun lainnya karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti fotosintesis alga, respirasi biota, temperatur air, dan dekomposisi senyawa organik. Ketika temperatur turun, maka pH semakin meningkat akibat naiknya kelarutan karbon dioksida di air (Zang et al. 2011). Sementara itu, nilai DO di perairan dipengaruhi oleh respirasi, fotosintesis, pencampuran dan pergerakan massa air, dan kandungan limbah sehingga nilainya berfluktuasi. Selain pH dan DO, elemen lain yang penting dalam air laut untuk mendukung pertumbuhan fitoplankton adalah nutrien yang diukur dalam penelitian ini adalah silikat, fosfat, dan nitrogen anorganik terlarut (dalam bentuk nitrat, nitrit dan amonium).

Silikat dan nitrat memiliki variasi yang mencolok sedangkan fosfat dan nitrit cenderung memiliki nilai yang hampir sama di setiap stasiun. Perbedaan kelimpahan nutrien tersebut disebabkan karena perbedaan sumber dan perbedaan karakteristik pemanfaatan masing-masing nutrien dalam proses fisika, kimia, dan biologi di lautan (Libes, 2009, Patey et al. 2008). Fosfat merupakan unsur yang cepat diserap oleh fitoplankton (Patey et al. 2008). Fitoplankton memerlukan fosfat untuk mentransfer energi ADP

rendah menjadi ATP tinggi (Tomascik et al. 1997). Akibat penyerapan langsung oleh fitoplankton inilah sehingga konsentrasi fosfat cenderung rendah dengan nilai yang hampir sama di semua stasiun. Nitrit dan ammonium menunjukkan nilai yang juga hampir sama di setiap stasiun meskipun variasi ammonium dengan lonjakan nilai yang tinggi tampak di stasiun 4 dan 8. Hal ini disebabkan kedua unsur ini mengalami transformasi dengan urutan fase ammonium-nitrit-nitrat (Patey et al. 2008). Ketika nilai ammonium tinggi maka proses transformasi belum terjadi. Setiap nitrit ataupun ammonium yang masuk ke laut akan ditransformasikan menjadi bentuk akhirnya yaitu nitrat dan menyebabkan konsentrasi kedua unsur ini rendah dan hampir sama di semua stasiun. Sebaliknya, tambahan masukan nitrat dari transformasi ammonium dan nitrit menyebabkan kelimpahan nitrat yang bervariasi di setiap stasiun.

Silikat merupakan unsur yang banyak digunakan oleh diatom sehingga perbedaan kelimpahan silikat ini juga akan menyebabkan perbedaan kelimpahan diatom yang ditemui. Kelimpahan genus *Chaetoceros* dan *Bacteriastrium* tertinggi ditemukan pada area penelitian yang konsentrasi silikatnya tinggi. Silikat dibutuhkan oleh radiolaria *sponge* dan silicoflagellata untuk membangun dinding sel. Dinding sel diatom membentuk struktur yang disebut frustula yang mengandung silika amorf terhidrasi dengan rumus umum  $[\text{Si}_n\text{O}_{2n-(n \times 2)}(\text{OH})_{n \times 2}]_x$ ,  $x \leq 4$ . Proses silisifikasi melibatkan pengangkutan silikon melewati membran plasma dan kemudian melalui sitoplasma ke lokasi polimerisasi di dalam vesikula pengendapan silika (Jézéquel et al. 2000). Bentuk kimia Si yang tersedia adalah asam silikat yang tidak terdisosiasi dan dipengaruhi oleh nilai pH. Di laut Halmahera-Maluku, nilai pH sebesar 7,91 sehingga sekitar 97% Si berada dalam bentuk DSi (silikat terlarut) dan  $\text{SiO}(\text{OH})_3^-$ . Kebanyakan spesies diatom mengangkut asam silikat yang tidak terdisosiasi (Jézéquel et al. 2000).

### Pengaruh Konsentrasi Nutrien terhadap Kelimpahan Fitoplankton

Identifikasi keberagaman fitoplankton menunjukkan bahwa Diatom merupakan kelompok dominan yang ditemukan di Laut Halmahera-Maluku. Hal ini disebabkan diatom dapat beradaptasi dengan lingkungan, dapat hidup

di berbagai habitat, dan tahan terhadap berbagai kondisi. Diatom juga dapat bereproduksi dengan cepat, yaitu sebanyak tiga kali dalam 24 jam sedangkan dinoflagellata hanya mampu melakukannya satu kali dalam 24 jam pada kondisi nutrisi yang sama (Praseno dan Sugestiningih, 2000). Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan nutrisi sangat mendukung dominansi dan kelimpahan diatom di lokasi penelitian ini.

Hasil lain dari penelitian ini memperlihatkan bahwa *Chaetoceros* dan *Bacteriastrum* ditemukan dengan jumlah terbanyak di perairan Halmahera-Maluku. Ukuran tubuh dan kemampuan metabolisme *Chaetoceros* dan *Bacteriastrum* menjadi kunci utama keberhasilan jenis ini dalam mendominasi populasi. Menurut Tan dan Ransangan 2017, *Chaetoceros* dan *Bacteriastrum* lebih mampu untuk menyerap nutrisi karena ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan diatom yang berukuran lebih besar. Ukuran kecil ini menyebabkan total area permukaan Diatom menjadi lebih tinggi dibandingkan rasio volume sehingga dapat menyerap lebih banyak nutrisi per unit biomassa dengan laju yang tinggi. Selain itu, fitoplankton berukuran kecil memiliki metabolisme sel yang lebih rendah sehingga dapat bertahan pada konsentrasi nutrisi yang rendah (Tan and Ransangan 2017). Pernyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa secara umum *Chaetoceros* memiliki kelimpahan tertinggi di perairan Indonesia (Thoha dan Rachman, 2013).

Setiap fitoplankton memiliki perbedaan kemampuan dalam penyerapan nutrisi dan perbedaan kondisi lingkungan yang khusus untuk tumbuh. Berdasarkan analisis hubungan antara fitoplankton dan nutrisi di laut Halmahera-Maluku memperlihatkan bahwa variasi konsentrasi silikat mempengaruhi kelimpahan *Thalassiothrix*, *Bacteriastrum*, *Skletonema*, dan *Hemiaulus*. Hal ini disebabkan karena *Thalassiothrix*, *Bacteriastrum*, *Skletonema*, dan *Hemiaulus* merupakan jenis diatom yang membutuhkan silikat untuk membangun dinding sel mereka. *Skletonema* akan mendominasi pada kondisi silikat lebih tinggi dari 2  $\mu\text{mol/L}$  (Hu et al. 2011) dan lebih toleran terhadap kondisi eutrofikasi (Abdalla et al. 1995). Selain itu, dari penelitian yang dilakukan oleh Tan and Ransangan (2017), *Skletonema* menunjukkan korelasi positif dengan  $\text{PO}_4\text{-P}$  sedangkan *Bacteriastrum* berkorelasi positif dengan DIN dan rasio N:P. Akan tetapi, penelitian ini tidak

menunjukkan hubungan tersebut karena kondisi lingkungan seperti salinitas yang berbeda antara lokasi penelitian dengan literatur.

*Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Climacodium*, *Ceratium*, dan *Prorocentrum* memiliki korelasi positif yang signifikan terhadap amonium. Hal ini mengisyaratkan jenis Diatom dari perairan Halmahera-Maluku tersebut mampu menggunakan amonium sebagai sumber nitrogen. Tiap jenis fitoplankton memiliki kemampuan yang berbeda dalam mendapatkan nitrogen untuk metabolismenya. Beberapa jenis fitoplankton hanya mampu memanfaatkan nitrogen dari unsur sederhana seperti nitrat dan jenis lainnya mampu menyerap nitrogen dari unsur yang lebih kompleks seperti ammonia dan urea (Patey et al. 2008). Karthikeyan et al. pada tahun 2012 melakukan penelitian mengenai pertumbuhan dari diatom *Chaetoceros curvisetus* and *C. simplex* terhadap sumber nitrogen yang berbeda. Hasilnya menyebutkan *C. curvisetus* tumbuh cepat pada nitrat sedangkan *C. simplex* tumbuh cepat pada urea akan tetapi kedua spesies tersebut tumbuh lambat pada amonium. Hal ini disebabkan oleh toksisitas atau pengasaman media kultur selama pertumbuhan akibat berlebihnya konsentrasi nitrogen (Xin et al. 2010). Sebaliknya, konsentrasi amonium tinggi akan menghambat atau mengurangi penyerapan nitrat oleh beberapa jenis fitoplankton sehingga menghasilkan perkembangan fitoplankton yang menurun (Tan and Ransangan 2017). Di laut Halmahera-Maluku dengan kondisi amonium tinggi diduga menyebabkan kelimpahan *Thalassiosira* dan *Guinardia* rendah.

Berdasarkan pengamatan dalam penelitian ini, fosfat merupakan nutrisi yang mempengaruhi kelimpahan *Coscinodiscus*, *Lauderia*, *Protoperdinium*, *Rhizosolenia*, dan *Eucampia* dan nitrat mempengaruhi kelimpahan *Alexandrium* dan *Dinophysis*. Hal ini menunjukkan bahwa fluktuasi fosfat atau nitrat akan mempengaruhi jumlah jenis-jenis fitoplankton tersebut. Jenis-jenis fitoplankton tersebut juga dipengaruhi oleh konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan lain. *Coscinodiscus* berkorelasi positif ( $p < 0,05$ ) dengan  $\text{PO}_4\text{-P}$  di perairan Teluk Marudu, Malaysia sementara *Rhizosolenia* berkorelasi positif ( $p < 0,05$ ) dengan rasio N:P (Tan and Ransangan 2017). Hubungan antara parameter fisika kimia dengan spesies fitoplankton di Perairan Saudi Arabia menyebutkan bahwa *Rhizosolenia shrubsolei* berkorelasi positif dengan amonium sedangkan *Protoperdinium* berkorelasi positif amonium dan

fosfat (El Gammal et al. 2017). Di lain sisi, *Eucampia* menyukai kondisi rasio N:P > 100 dan dapat tumbuh pada kondisi nutrisi yang terbatas (Hori et al. 1998, Nishikawa et al. 2009). Pengaruh nitrat terhadap beberapa jenis fitoplankton juga ditemukan dalam beberapa studi lain. *Alexandrium tamarense* dapat beradaptasi pada konsentrasi nitrat dengan rentang yang lebar (Fauchot et al. 2005) dan *Dinophysis acuminata* dapat hidup pada rentang konsentrasi nitrat 0,010 – 0,154 mg/L (The University of British Columbia 2018).

Kelimpahan suatu nutrisi di perairan mempengaruhi dominasi fitoplankton sehingga informasi mengenai rasio komposisi antar nutrisi diperlukan untuk mengetahui faktor pembatas pertumbuhan (Davidson et al. 2012). Rasio N:P = 16:1 secara luas digunakan untuk menyimpulkan nutrisi yang membatasi pertumbuhan fitoplankton, dimana rasio <16:1 menunjukkan keterbatasan nitrogen dan rasio >16:1 menunjukkan keterbatasan fosfor (Davidson et al. 2014). N dan P ini diwakili dengan DIN dan DIP dan rata-rata nilai DIN:DIP pada penelitian ini memiliki nilai lebih kecil dari 16 yaitu sebesar 12,61. Hasil ini menunjukkan bahwa nitrogen sebagai pembatas pertumbuhan fitoplankton di laut Halmahera-Maluku. Wang et al. (2006) menyatakan bahwa rasio N:P mempengaruhi komposisi fitoplankton, jika nitrogen yang menjadi faktor pembatas maka fitoplankton yang dominan berasal dari kelompok diatom (*bacillariophyceae*). Nitrogen lebih sering dijadikan faktor pembatas di laut dikarenakan terhambatnya fiksasi N oleh garam di air laut (Marino et al. 2002).

Komposisi nutrisi lain yang biasa digunakan untuk mengetahui pembatas pertumbuhan fitoplankton adalah rasio DIN:Si. Rata-rata DIN:Si di laut Halmahera-Maluku memiliki nilai lebih kecil dari 1 yaitu sebesar 0,259 sehingga ini menunjukkan bahwa silikat berlimpah dibandingkan dengan DIN. Dengan demikian, silikat tidak akan membatasi pertumbuhan diatom. Hasil rasio N:Si yang rendah menunjukkan bahwa diatom mendominasi kelimpahan fitoplankton di lokasi tersebut. Gilpin et al (2004), menyatakan bahwa rasio N:Si mengubah struktur komunitas diatom-dinoflagellata, dengan semakin rendah rasio N:Si maka menyebabkan kelimpahan diatom lebih tinggi daripada kelimpahan dinoflagellata. Hasil

penelitian di laut Halmahera-Maluku selaras dengan pernyataan tersebut.

## Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini setiap fitoplankton di laut Halmahera-Maluku memiliki preferensi yang berbeda terhadap nutrisi. Amonium merupakan nutrisi yang berkorelasi positif dengan kelimpahan fitoplankton yang didominasi kelompok *bacillariophyceae* (*Chaetoceros*). Nitrogen merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton karena rasio N:P < 16.

## Persantunan

Penelitian ini merupakan hasil riset *Joint Research Cruise* LIPI-IOCAS tahun 2015. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Koordinator Penelitian Adhitya K. Wardhana, M.Sc dan Dewi Surinati, M.Si serta rekan peneliti dan teknisi Pusat Penelitian Oseanografi LIPI sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik

## Daftar Pustaka

- Abdalla, R. R., Zaghoul, F. A. and Hussein, N. R. 1995. A statistical modelling of phytoplankton eutrophication in the Eastern Harbour, Alexandria, Egypt. *Bulletin of the National Institute of Oceanography and Fisheries (Egypt)* 21(1): 125-146.
- Berge, T., N. Daugbjerg, B.B. Andersen, and P.J. Hansen. 2010. Effect of lowered pH on marine phytoplankton growth rates. *Marine Ecology Progress Series* 416: 79-91.
- Chen, C.Y., and E.G. Durbin. 1994. Effects of pH on the growth and carbon uptake of marine phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series* 109: 83-94.
- Chen, C.T.A. 2007. Nutrient cycling in the oceans; in: "Oceanography," ed. by J.C.J. Nihoul and C.T.A. Chen, in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, ISBN: 978-1-905839-62-9 e-Book, Vol. 1, 331-343.
- Davidson, K., R.J. Gowen, P.J. Harrison, L.E. Fleming, P. Hoagland, and G. Moschonas. 2014. *Anthropogenic nutrients and harmful*

- algae in coastal waters. *Journal of Environmental Management* 146: 206–216.
- Davidson, K., R.J. Gowen, P. Tett, E. Bresnan, P.J. Harrison, A. McKinney, S. Milligan, D.K. Mills, J. Silke, and A.M. Crooks. 2012. Harmful algal blooms: how strong is the evidence that nutrient ratios and forms influence their occurrence? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 115: 399–413.
- Davis, CC. 1955. *The marine and freshwater plankton*. Michigan State University Press. USA. 426 pp.
- El Gammal, M.A.M., M. Nageeb, and S. Al-Sabeb. 2017. Phytoplankton abundance in relation to the quality of the coastal water – Arabian Gulf, Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 43:275–282.
- Fauchot, J., M. Levasseur, S. Roy, R. Gagnon and M. Weise. 2005. Environmental Factors Controlling *Alexandrium tamarensis* (Dinophyceae) growth rate during a red tide event in the St. Lawrence estuary (Canada). *Phycological Society of America* 41: 263-272.
- Gilpin, L.C., K. Davidson, and E. Roberts. 2004. The influence of changes in nitrogen: silicon ratios on diatom growth dynamics. *Journal of Sea Research* 51: 21–35.
- Hori, Y., K. Miyahara, S., Nagai, K. Tsujino, M. Nakajima, K. Yamamoto, Y. Yoshida, N. Araki, and Y. Sakai. 1998. Relationships between the dominant phytoplankton and DIN:DIP ratios in Osaka Bay and Harima-Nada. *Nippon Suisan Gakkaishi* 64 (2): 243-248.
- Howarth, R.W., and R. Marino. 2006. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. *Limnology and Oceanography* 51: 364–376.
- Hu, H., J. Zhang, and W. Chen. 2011. Competition of bloom-forming marine phytoplankton at low nutrient concentrations. *Journal of Environmental Science* 23(40): 656-663.
- Jézéquel, V.M., M. Hildebrand, and M.A. Brzezinski. 2000. Review Silicon Metabolism In Diatoms: Implications For Growth. *Journal of Phycology* 36: 821–840.
- Karthikeyan, P., P. Sampathkumar, K. Manimaran, and L. Rameshkumar. 2013. Growth and nutrient removal properties of the diatoms, *Chaetoceros curvisetus* and *C. simplex* under different nitrogen sources. *Applied Water Science* 3:49–55.
- Koike, I., H. Ogawa, T. Nagata, R. Fukuda, and H. Fukuda. 2001. Silicate to Nitrate Ratio of the Upper Sub-Arctic Pacific and the Bering Sea Basin in Summer: Its Implication for Phytoplankton Dynamics. *Journal of Oceanography* 57: 253 – 260.
- Libes, S. 2009. *Introduction to Marine Biogeochemistry*. Second Edition. Academic Press, 925pp.
- Li, Y., A.M. Waite, G. Gal, and M.R. Hipsey. 2012. Do phytoplankton nutrient ratios reflect patterns of water column nutrient ratios? A numerical stoichiometric analysis of Lake Kinneret. *Procedia Environmental Sciences* 13:1630 – 1640.
- Marino, R., F. Chan, R.W. Howarth, M. Pace, and G.E. Likens. 2002. Ecological and biochemical interactions constrain planktonic nitrogen fixation in estuaries. *Ecosystems* 5: 719-725.
- Millero, F.J. 2006. *Chemical oceanography*. Third edition. Taylor and Francis Group. CRC Press. New York. 530p.
- Nishikawa, T., K. Tarutani, and T. Yamamoto. 2009. Nitrate and phosphate uptake kinetics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* Ehrenberg, a causative organism in the bleaching of aquacultured *Porphyra* thalli. *Harmful Algae* 8 (3): 513-517.
- Omura, T., M. Iwataki, V. M. Borja, H. Takayama, and Y. Fukuyo. 2012. *Marine Phytoplankton of the Western Pacific*. Kouseisha Kouseikaku Co., Ltd. Japan. 160 pp.
- Patey, M. D., M. J. A. Rijkenberg, P. J. Statham, M. C. Stinchcombe, E. P. Achterberg, and M. Mowlem. 2008. Determination of Nitrate and Phosphate in Sea Water at Nano Molar Concentration. *Trends in Analytical Chemistry* 27 (2): 169-182.
- Praseno, D. P. dan Sugestiningih. 2000. *Retaid di Perairan Indonesia*. P3O-LIPI. Jakarta. Hal: 2-34.
- Pusat Penelitian Oseanografi. 2005. *Laporan Akhir Ekspedisi Halmahera 2005 Prospek Pengembangan Sumberdaya Laut di Kawasan Barat Pulau Halmahera dan Pulau Morotai*. Pemerintah Provinsi Maluku Utara Bekerjasama dengan Pusat Penelitian Oseanografi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Riley, J. P., and R. Chester. 1971. *Introduction to marine chemistry*. Academic Press, London and New York.

- Sediadi, A. 2004. Efek Upwelling Terhadap Kelimpahan dan Distribusi Fitoplankton di Perairan Laut Banda dan Sekitarnya. *Makara Sains* 8 (2): 43-51.
- Strickland, J.D.H. and T. R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, Bulletin 167 (Second edition). Fisheries Research Board of Canada. Ottawa. 310 pp.
- Struyf, E., A. Smis, S. Van Damme, P. Meire, and D.J. Conley. 2009. The global biogeochemical silicon cycle. *Silicon* 1 207–213.
- Tan, K.S. and J. Ransangan. 2017. Effects of nutrients and zooplankton on the phytoplankton community structure in Marudu Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 194: 16-29.
- Tangke, U., J.C. Karuwal, M. Zainuddin, dan A. Mallawa. 2015. Sebaran Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A Pengaruhnya Terhadap Hasil Tangkapan Yellowfin Tuna (*Thunnus Albacares*) Di Perairan Laut Halmahera. *Jurnal IPTEKS PSP* 2 (3): 248-260.
- Taylor, F.J.R.. 1994. Reference Manual Taxonomic Identification of Phytoplankton with Reference to HAB Organisms. ASEAN-Canada Cooperative Programme on Marine Science Workshop on the Taxonomy of Phytoplankton and Harmful Algal Bloom-Organisms Hosted by LIPI, Jakarta. 568 p.
- The University of British Columbia. 2018. The Phytoplankton Encyclopaedia Project. <https://www.eoas.ubc.ca/research/phytoplankton/index.html>. Diakses tanggal 15 Februari 2018.
- Thoha, H dan A. Rachman. 2013. Kelimpahan dan Distribusi Spasial Komunitas Plankton di Perairan Kepulauan Banggai. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 5 (1): 145-161.
- Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji, and M.K. Moosa. 1997. The Ecology of the Indonesian Seas. Part Two. The Ecology of Indonesia Series Vol VIII. Periplus Editions. Singapore. 1388p.
- Turner, R.E. 2002. Element ratios and aquatic food webs. *Estuaries* 25: 694-703.
- Wang, Z., Y. Qi, J. Chen, N. Xu, and Y. Yang. 2006. Phytoplankton abundance, community structure and nutrients in cultural areas of Daya Bay, South China Sea. *Journal of Marine Systems* 62: 85-94.
- Wickstead, J.H. 1965. An Introduction to Study of Tropical Plankton. Hutchinson Tropical Monographs. London. 160 p.
- Xin, L., H. Hong-ying, G. Ke, S. Ying-xue. 2010. Effects of different nitrogen and phosphorus concentrations on the growth, nutrient uptake, and lipid accumulation of a freshwater micro alga *Scenedesmus* sp. *Bioresource Technology* 101:5494–5500.
- Yamaji, I.E. 1976. Illustration of the Marine Plankton of Japan. Hoikusha, Osaka, Japan. 618 pp.
- Zang, C., S. Huang, M. Wu, S. Du, M. Scholz, F. Gao, C. Lin, Y. Guo, and Y. Dong. 2011. Comparison of Relationships Between pH, Dissolved Oxygen and Chlorophyll a for Aquaculture and Non-aquaculture Waters. *Water Air Soil Pollut* 219:157–174.
- Zhu, W., L. Wan, and L.F. Zhao. 2010. Effect of nutrient level on phytoplankton community structure in different water bodies. *Journal of Environmental Science* 22: 32–39.