

**KELIMPAHAN DAN KELOMPOK FITOPLANKTON DI PERAIRAN
LUAR TELUK WONDAMA, PROVINSI PAPUA BARAT**

***THE ABUNDANCE AND PHYTOPLANKTON GROUPS IN OUTER WATERS
OF THE WONDAMA BAY, WEST PAPUA PROVINCE***

Alianto^{1*}, Hendri², dan Suhaemi³

¹Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Papua, Manokwari

²Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Universitas Papua, Manokwari

³Prodi Ilmu Kelautan, Universitas Papua, Manokwari

*E-mail: a.alianto@unipa.ac.id

ABSTRACT

Marine phytoplankton abundance depends on the quality of phytoplankton groups and oceanographic parameters. The purposes of this study were examining the abundance and phytoplankton group and its relation with temperature, pH, salinity, ammonia, nitrate and silicate. The study were started from July 2014 to September 2014 in the Roswar and Roon island in outer waters of the Wondama Bay. Identification of the abundance phytoplankton calculated by census method with a Sedgwick Rafter Cell. While, the measurement of ammonia, nitrate, and silicate concentrations successively using the method of penat, brusin, and molybdosilicat. The results showed that total mean of phytoplankton cell abundance of 274.541 ± 214.873 cell/m³ and the highest in August of 462.951 ± 210.802 cell/m³ ($P < 0.005$). The phytoplankton groups and its contribution on the total abundance of phytoplankton consisted of Bacillariophyceae (31.28%), Cyanophyceae (64.43%), Dinophyceae (4.24%), and Chrysophyceae (0.02%). The values of temperatures, pH and salinities as well as the concentrations of homogeneous ammonia and silicate with values mean were $29.6 \pm 0.07^\circ\text{C}$, 8.2 ± 0.04 , $32.3 \pm 0.07\%$, 0.04 ± 0.01 mg/L, 0.31 ± 0.09 mg/L, respectively. In contrast to nitrates, high concentration was found in September with an mean of 0.02 ± 0.01 mg/L ($P < 0.005$). The abundance of phytoplankton cells is highly dependent on ammonia, nitrate and silicate (positive corelation) especially nitrate ($R^2 = 54.4\%$).

Keywords: *phytoplankton, oceanographic parameters, outer waters, Wondama Bay*

ABSTRAK

Kelimpahan sel fitoplankton di perairan laut tergantung pada kualitas kelompok fitoplakton dan parameter oseanografi. Penelitian bertujuan mengetahui kelimpahan dan kelompok fitoplankton serta hubungannya dengan suhu, pH, salinitas, amonia, nitrat, dan silikat. Penelitian berlangsung dari bulan Juli 2014 sampai September 2014 di perairan sekitar Pulau Roswar dan Roon bagian luar Teluk Wondama. Identifikasi fitoplankton dilakukan dengan metode sensus di atas *Sedgwick Rafter Cell*. Pengukuran konsentrasi amonia, nitrat, dan silikat secara berturut-turut dengan metode penat, brusin, dan molibdosilikat. Hasil menunjukkan total rata-rata kelimpahan sel fitoplankton sebesar $274,541 \pm 214,873$ sel/m³ dan tertinggi pada bulan Agustus sebesar $462,951 \pm 210,802$ sel/m³ ($P < 0,005$). Kelompok fitoplankton dan kontribusinya pada total kelimpahan fitoplankton terdiri dari Bacillariophyceae (31,28%), Cyanophyceae (64,43%), Dinophyceae (4,24%), dan Chrysophyceae (0,02%). Nilai suhu, pH dan salinitas serta konsentrasi amonia dan silikat homogen dengan nilai rata-rata secara berturut-turut sebear $29,6 \pm 0,07^\circ\text{C}$, $8,2 \pm 0,04$, $32,3 \pm 0,07\%$, $0,04 \pm 0,01$ mg/L, $0,31 \pm 0,09$ mg/L. Berbeda dari nitrat konsentrasinya tinggi pada bulan September dengan rata-rata sebesar $0,02 \pm 0,01$ mg/L ($P < 0,005$). Kelimpahan sel fitoplankton sangat tergantung pada amonia, nitrat dan silikat (hubungan positif) terutama nitrat ($R^2 = 54,4\%$).

Kata kunci: fitoplankton, parameter oseanografi, perairan luar, Teluk Wondama

I. PENDAHULUAN

Umumnya fitoplankton tergabung dalam 13 kelas atau kelompok, yaitu Cyanophyceae, Rhodophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Raphidophyceae, Xanthophyceae, Eustigmatophyceae, Prymnesiophyceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae, Chlorophyceae, dan Dinophyceae. Bacillariophyceae yang lebih dikenal dengan nama diatom dan Dinophyceae dengan nama dinoflagellata merupakan kelompok fitoplankton yang dominan di perairan laut (Durkin *et al.*, 2016). Bacillariophyceae terdapat pada seluruh permukaan laut di dunia dan pertumbuhannya lebih cepat dibanding fitoplankton lainnya dan mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan perairan seperti ketersediaan nutrisi yang rendah dan suhu yang tinggi serta memiliki siklus hidup yang pendek namun pertumbuhannya cepat (Akar dan Sahin, 2017).

Bacillariophyceae umumnya dominan pada perairan yang mengalami turbulen mixing kuat (Kruk *et al.*, 2016). Pada perairan yang turbulen mixing kuat Bacillariophyceae terangkat dan tertahan di lapisan permukaan perairan (Omand *et al.*, 2015). Dominansi Bacillariophyceae akan meningkat terutama pada bagian perairan yang mengalami mixing sempurna yang disebabkan energi mixing pasang surut dan mengalami perubahan, seperti kekeruhan yang tinggi (Abdolahpour *et al.*, 2017) yang diakibatkan oleh pengaruh pasang surut secara terus menerus (Badylak dan Phillips, 2004). Dominansi Bacillariophyceae menjadi lebih tinggi pada perairan yang energi mixing vertikalnya kuat, seluruh kolom perairan mengalami turbulen dan kondisi ini berdampak negatif atau tidak berhasilnya fitoplankton lainnya termasuk Dinophyceae (Chakraborty dan Lohrenz, 2015).

Dinophyceae memiliki kemampuan adaptasi tingkah laku seperti perenang yang baik (Fenchel, 2001) karena memiliki flagella yang juga berfungsi sebagai alat

untuk mempertahankan daya apung di permukaan perairan (Perssons *et al.*, 2013). Kemampuan adaptasi yang dimiliki Dinophyceae tersebut terutama berlangsung dengan baik pada perairan yang mengalami stratifikasi dan turbulennya kurang atau lemah (Badylak *et al.*, 2014). Hal ini menyebabkan Dinophyceae dominan pada perairan yang mengalami stratifikasi (Shikata *et al.*, 2014) dan turbulennya lemah (Erga *et al.*, 2015).

Kelompok fitoplankton ketiga yang dominan dan biasanya muncul tiba-tiba dengan kelimpahan sel yang tinggi atau blooming adalah Cyanophyceae (Karabashev dan Evdoshenko, 2016). Cyanophyceae yang lebih dikenal dengan nama Cyanobacteria umumnya kelimpahan sel tinggi pada lokasi-lokasi yang konsentrasi nutrisi rendah (Taniuchi *et al.*, 2017). Lokasi perairan dengan konsentrasi nutrisi rendah sebagian besar terdapat di perairan laut lepas yang jauh dari pengaruh daratan yang dicirikan oleh perairan yang jernih atau bersih baik di perairan laut tropis maupun subtropis (Zhang *et al.*, 2012). Pada perairan seperti ini Cyanophyceae umumnya kelimpahan sel tinggi karena dapat menfiksasi gas nitrogen (N_2) dari atmosfer sebagai sumber utama nutrisi terutama nitrogen (Chen *et al.*, 2008).

Kontribusi ketiga kelompok fitoplankton tersebut terhadap total kelimpahan fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama sampai saat ini belum diketahui. Hal ini disebabkan penelitian tentang kelimpahan fitoplankton (Bacillariophyceae, Dinophyceae dan Cyanophyceae) di perairan luar Teluk Wondama belum pernah dilakukan. Selain itu, posisi perairan luar Teluk Wondama langsung berhadapan dengan Samudera Pasifik yang akan berpengaruh pada parameter oseanografi. Parameter oseanografi seperti suhu, pH, salinitas, amonia, nitrat, dan silikat akan mempengaruhi kelimpahan fitoplankton (Chen dan Laws, 2017). Penelitian tentang suhu, salinitas, pH, amonia, nitrat, dan silikat secara menyeluruh (temporal atau spasial) di

perairan luar Teluk Wondama belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan dan kelompok fitoplankton serta hubungannya dengan suhu, pH, salinitas, amonia, nitrat, dan silikat di perairan luar Teluk Wondama.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

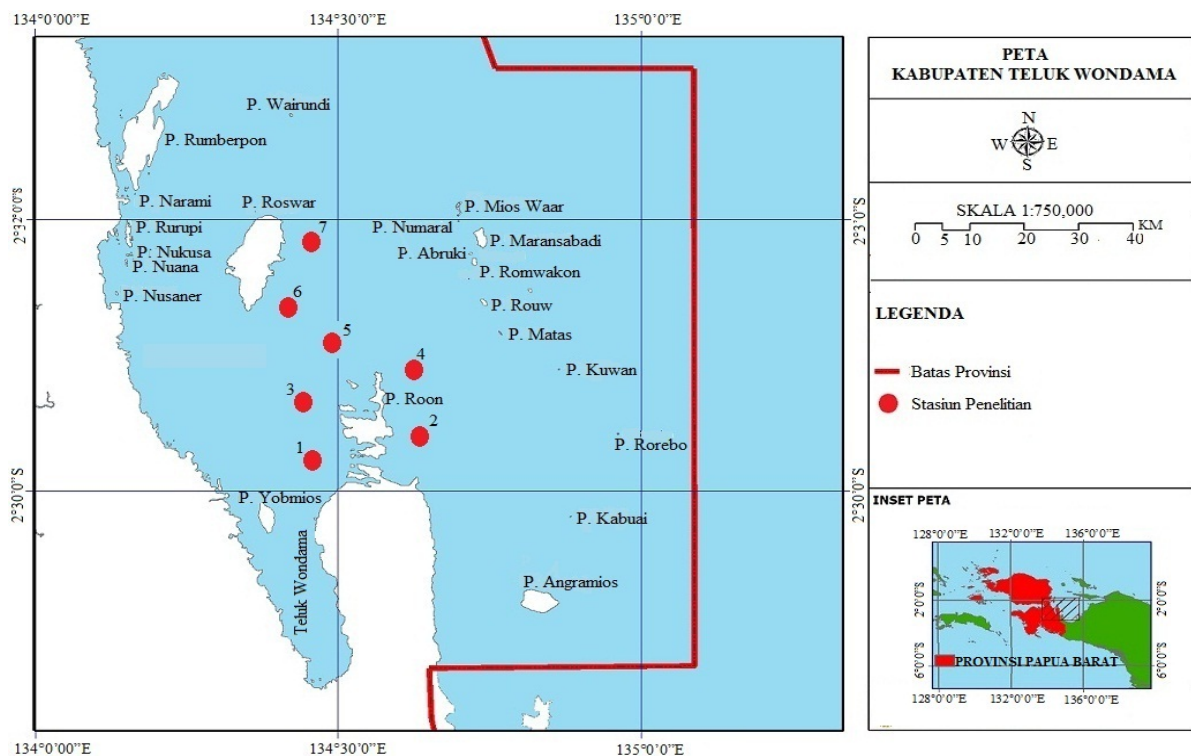
Penelitian berlangsung dari bulan Juli 2014 sampai September 2014 dengan interval waktu penelitian (pengukuran dan pengambilan contoh air laut) secara berturut-turut satu kali setiap bulan. Lokasi penelitian berada di perairan luar Teluk Wondama tepatnya di perairan sekitar Pulau Roswar dan Pulau Roon Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat (Gambar 1).

2.2. Pengambilan dan Analisis Contoh Air

Pengukuran suhu, pH, dan salinitas dilakukan secara *in situ* menggunakan alat secara berturut-turut termometer, refraktometer dan pH meter. Bersamaan dengan ini

dilakukan pengambilan contoh air laut untuk identifikasi fitoplankton dan pengukuran konsentrasi amonia, nitrat, dan silikat secara *ex-situ*. Contoh air laut untuk identifikasi fitoplankton sebanyak 25 L pada setiap stasiun. Contoh air laut disaring menggunakan *plankton net* mesh size 20 μm menjadi 100 mL. Air laut dimasukkan dalam botol 100 mL dan diawetkan dengan larutan lugol 1% dengan takaran atau perbandingan 1 mL per 100 mL contoh air laut. Identifikasi fitoplankton menggunakan mikroskop bolak balik perbesaran 40x dan 100x dengan metode sensus (penyapuan) di atas *Sedgwick Rafter Cell* (Kruk *et al.*, 2016).

Contoh air laut untuk pengukuran konsentrasi amonia, nitrat, dan silikat sebanyak 1 L pada setiap stasiun. Contoh air laut dimasukkan dalam botol polietilen kapasitas 1 L dan disimpan dalam *coolbox* bersuhu dingin. Pengukuran konsentrasi amonia, nitrat, dan silikat secara berturut-turut dengan metode penat, brusin, dan molibdosilikat (Hansen dan Koroleff, 2007).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di perairan luar Teluk Wondama.

Contoh air laut dari lapangan di filtrasi dengan filter nukleopore (Whatman GF/C diameter 47 mm dan porositas 0,5 µm) menggunakan pompa vakum melewati glass microfibre filter. Contoh air laut yang telah tersaring dimasukkan dalam botol plastik polietilen kapasitas 250 mL dan disimpan pada freezer bersuhu dingin (-20°C). Prosedur pengukuran konsentrasi amonia, nitrat, dan silikat menggunakan spektrofotometer tipe SHIMAZU UV-1601 (Alianto *et al.*, 2009).

2.3. Analisis Data

Data fitoplankton, suhu, salinitas, pH, amonia, nitrat, dan silikat diuji kenormalannya dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan perbedaannya dengan uji anova satu arah serta dilanjutkan dengan uji *Post-Hoc Duncan* dengan software IBM SPSS Statistics 23. Uji hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan suhu, pH, salinitas, amonia, nitrat dan silikat dengan analisis regresi linear dengan software Minitab 16.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

3.1.1. Kelimpahan Fitoplankton

Total rata-rata kelimpahan sel fitoplankton sebesar 274,541±214,873 sel/m³ dengan kelimpahan sel terendah pada bulan September sebesar 133,533 sel/m³ dan tertinggi pada bulan Agustus sebesar 462,951 sel/m³ ($P < 0,05$) (Tabel 1). Pada bulan Agustus kelimpahan sel fitoplankton mencapai rata-rata sebesar 462,951±210,802 sel/m³ dengan kelimpahan sel terendah 107,134 sel/m³ dan tertinggi sebesar 798,310 sel/m³. Pada bulan Juli, rata-rata kelimpahan sel fitoplankton sebesar 227,119±193,035 sel/m³ dengan kelimpahan sel terendah sebesar 38,128 sel/m³ dan tertinggi sebesar 469,405 sel/m³. Pada September kelimpahan sel fitoplankton rata-rata kelimpahan sel fitoplankton turun menjadi sebesar 133,533±

70,520 sel/m³ dengan kelimpahan sel terendah sebesar 12,839 sel/m³ dan tertinggi sebesar 227,529 sel/m³.

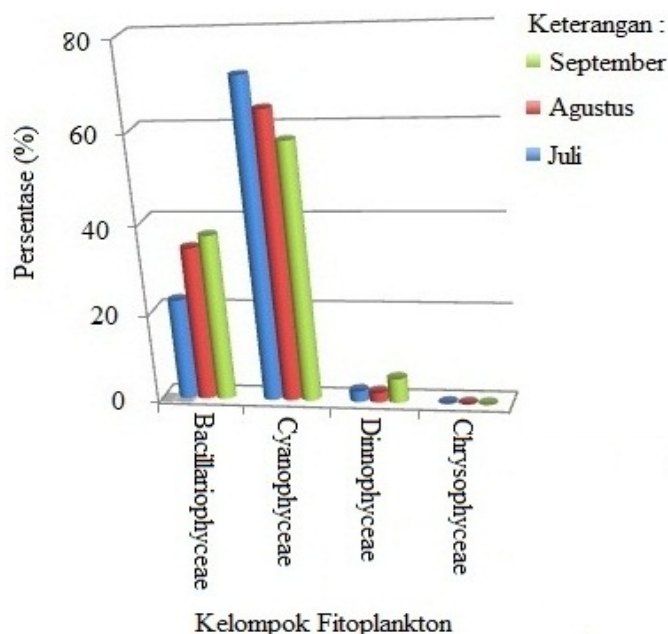
Tabel 1. Rata-rata dan standar deviasi (SD) serta kisaran terendah sampai tertinggi (range) kelimpahan sel fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama.

Bulan	Kelimpahan Sel Fitoplankton (sel/m ³)	
	Rata-Rata ± SD	Range
Juli	227,119±193,035	38,128-469,405
Agustus	462,951±210,802*	107,134-798,310
September	133,533±70,520	12,839-227,529
Total rata-rata	274,541±214,873	12,839-798,310

* Berbeda nyata pada taraf 0,05%.

3.1.2. Distribusi Komposisi Kelompok Fitoplankton

Bacillariophyceae cenderung mengalami peningkatan dari bulan Juli, Agustus dan September dengan persentase secara berturut-turut sebesar 22,51%, 34,29%, 37,04% (Gambar 2). Sebaliknya, Cyanophyceae mengalami penurunan dari bulan Juli sampai September dengan persentase secara berturut-turut sebesar 71,41%, 64,32% dan 57,57%. Berbeda dengan Bacillariophyceae dan Cyanophyceae, Dinophyceae cenderung merata dari bulan Juli dan Agustus dan meningkat pada bulan September dengan persentase secara berturut-turut sebesar 2,40%, 2,14% dan 5,30%. Hal yang berbeda dengan Chryso-phyceae hanya berada pada bulan Juli dan Agustus dengan persentase yang relatif kecil secara berturut-turut sebesar 0,02% dan 0,06%.



Gambar 2. Kontribusi kelompok fitoplankton pada total kelimpahan fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama.

3.1.3. Parameter Oseanografi

Nilai rata-rata suhu, pH dan salinitas secara berturut-turut sebesar $29,6 \pm 0,07^\circ\text{C}$, $8,2 \pm 0,04$ dan $32,3 \pm 0,07\text{‰}$ (Tabel 2). Suhu perairan terendah sebesar $29,5^\circ\text{C}$ dan tertinggi sebesar $29,7^\circ\text{C}$. pH perairan terendah sebesar 8,2 dan tertinggi sebesar 8,3 dan salinitas terendah sebesar $32,2\text{‰}$ dan tertinggi sebesar $32,4\text{‰}$. Konsentrasi nitrat tinggi pada bulan September dengan rata-rata sebesar $0,02 \pm 0,01$ mg/L ($P < 0,05$) serta bulan

Juli dan Agustus secara berturut-turut sebesar $0,01 \pm 0,00$ mg/L dan $0,01 \pm 0,00$ mg/L. Konsentrasi nitrat terendah sebesar 0,01 mg/L dan tertinggi sebesar 0,07 mg/L. Konsentrasi rata-rata amonia sebesar $0,04 \pm 0,01$ mg/L dengan konsentrasi terendah sebesar 0,01 mg/L dan tertinggi sebesar 0,08 mg/L. Rata-rata konsentrasi silikat sebesar $0,31 \pm 0,09$ mg/L dengan nilai terendah sebesar 0,10 mg/L dan tertinggi sebesar 0,48 mg/L.

Tabel 2. Rata-rata dan standar deviasi (SD) serta kisaran terendah sampai tertinggi (range) parameter oseanografi perairan luar Teluk Wondama.

Bulan	Parameter Oseanografi dan Satuan					
	Suhu ($^\circ\text{C}$)	pH	Salinitas (‰)	Amonia (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Silikat (mg/L)
Juli	$29,6 \pm 0,04$	$8,2 \pm 0,03$	$32,3 \pm 0,10$	$0,04 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,00$	$0,27 \pm 0,10$
Agustus	$29,6 \pm 0,09$	$8,3 \pm 0,00$	$32,3 \pm 0,07$	$0,03 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,00$	$0,30 \pm 0,07$
September	$29,6 \pm 0,08$	$8,2 \pm 0,05$	$32,2 \pm 0,03$	$0,05 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01^*$	$0,37 \pm 0,09$
Nilai minimum	29,5	8,2	32,2	0,01	0,01	0,10
Nilai maksimum	29,7	8,3	32,4	0,08	0,07	0,48
Total rata-rata	$29,6 \pm 0,07$	$8,2 \pm 0,04$	$32,3 \pm 0,07$	$0,04 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,09$

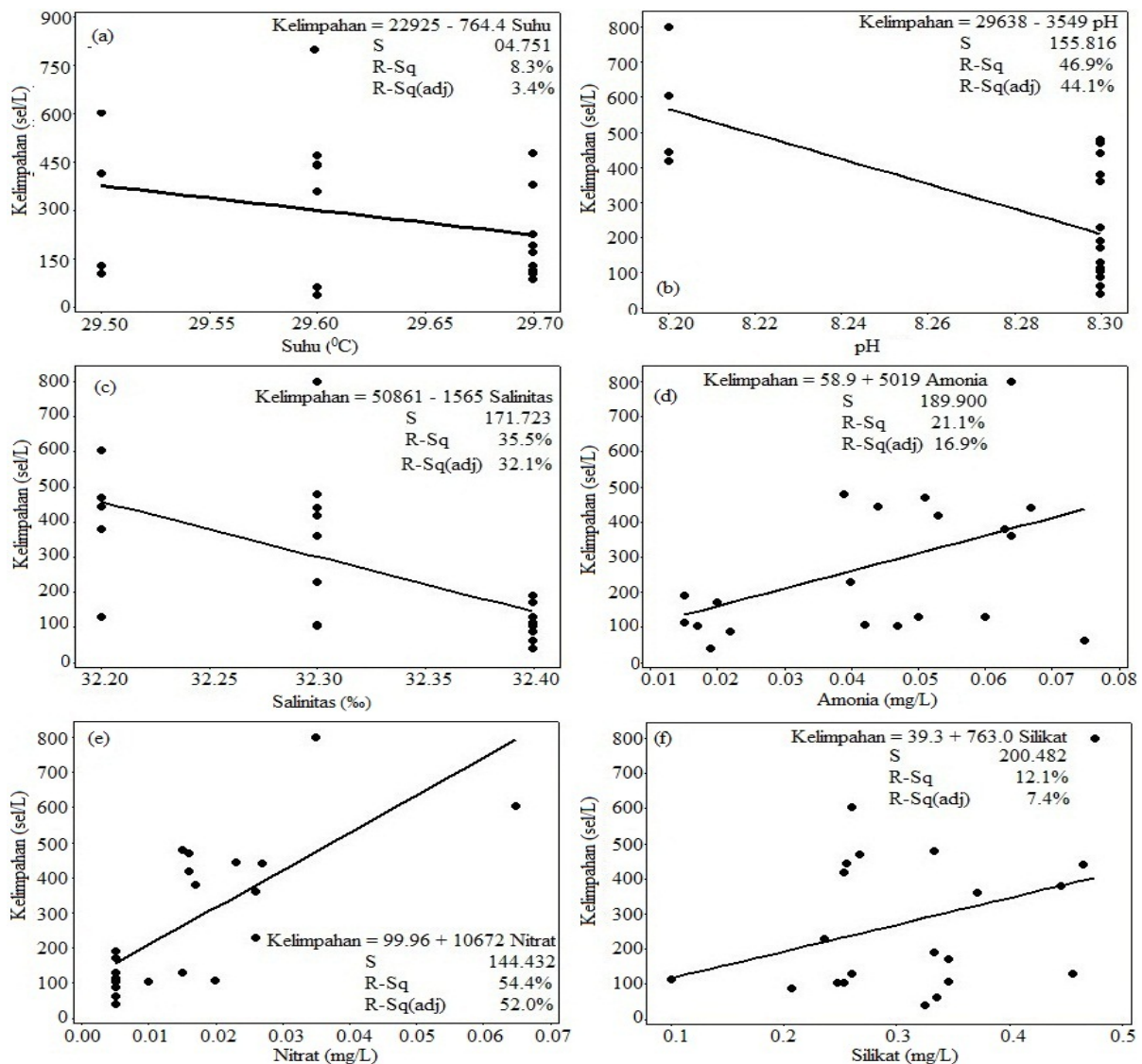
* Berbeda nyata pada taraf 0,05%.

3.1.4. Hubungan Fitoplankton dengan Parameter Oseanografi

3.1.4.1. Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Oseanografi

Hubungan kelimpahan sel fitoplankton dengan suhu, pH salinitas, amonia, nitrat dan silikat menunjukkan dua pola hubungan, yaitu negatif dan positif (Gambar 3). Pola hubungan negatif terjadi antara kelimpahan sel fitoplankton dengan suhu (Gambar 3a), pH (Gambar 3b) dan salinitas (Gambar 3c). Sebaliknya, pola hubungan positif terjadi antara kelimpahan sel fitoplankton dengan amonia (Gambar 3d), nitrat (Gambar 3e) dan silikat (Gambar 3f).

Hubungan negatif kelimpahan sel fitoplankton dengan pH (Gambar 3b) dan salinitas (Gambar 3c) cenderung kuat dengan nilai R^2 secara berturut-turut sebesar -46,9% dan -35,5%. Hal yang sama ditunjukkan hubungan positif antara kelimpahan sel fitoplankton dengan amonia, nitrat dan silikat dengan nilai R^2 secara berturut-turut sebesar 21,1% (Gambar 3d), 54,4% (Gambar 3e) dan 12,1% (Gambar 3f). Hal ini sebagai indikator fitoplankton di perairan laut terbuka sangat tergantung pada ketersediaan amonia, nitrat dan silikat.

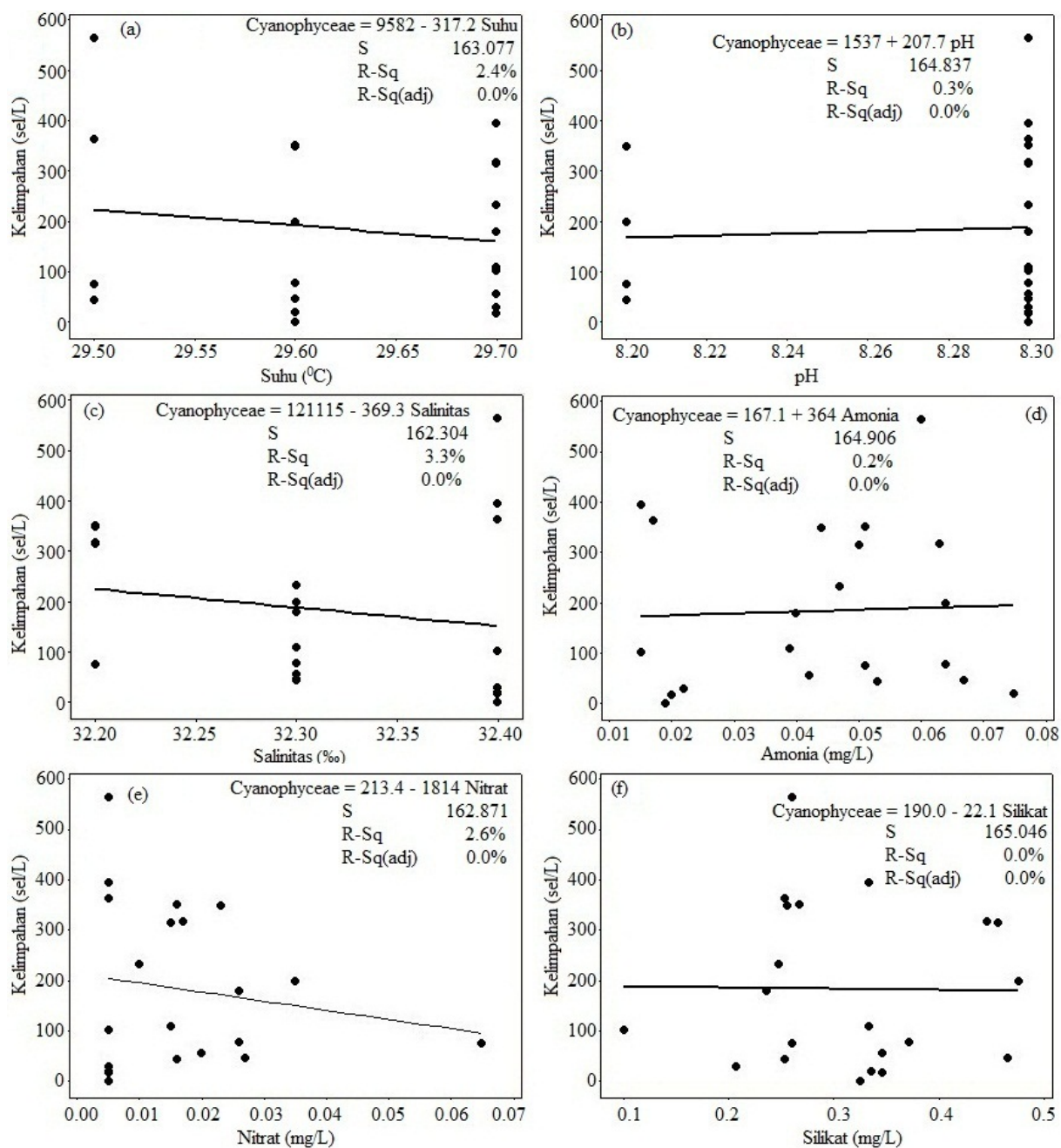


Gambar 3. Pola hubungan kelimpahan sel fitoplankton dengan suhu (a), pH (b), salinitas (c), amonia (d), nitrat (e), dan silikat (f) di perairan luar Teluk Wondama.

3.1.4.2. Kelompok Fitoplankton dengan Parameter Oseanografi

Hubungan Cyanophyceae dengan parameter oseanografi menunjukkan 4 parameter dengan pola hubungan yang negatif dan 2 parameter dengan pola hubungan positif (Gambar 4). Pola hubungan negatif secara berturut-turut ditunjukkan oleh suhu (Gambar 4a), salinitas (Gambar 4c),

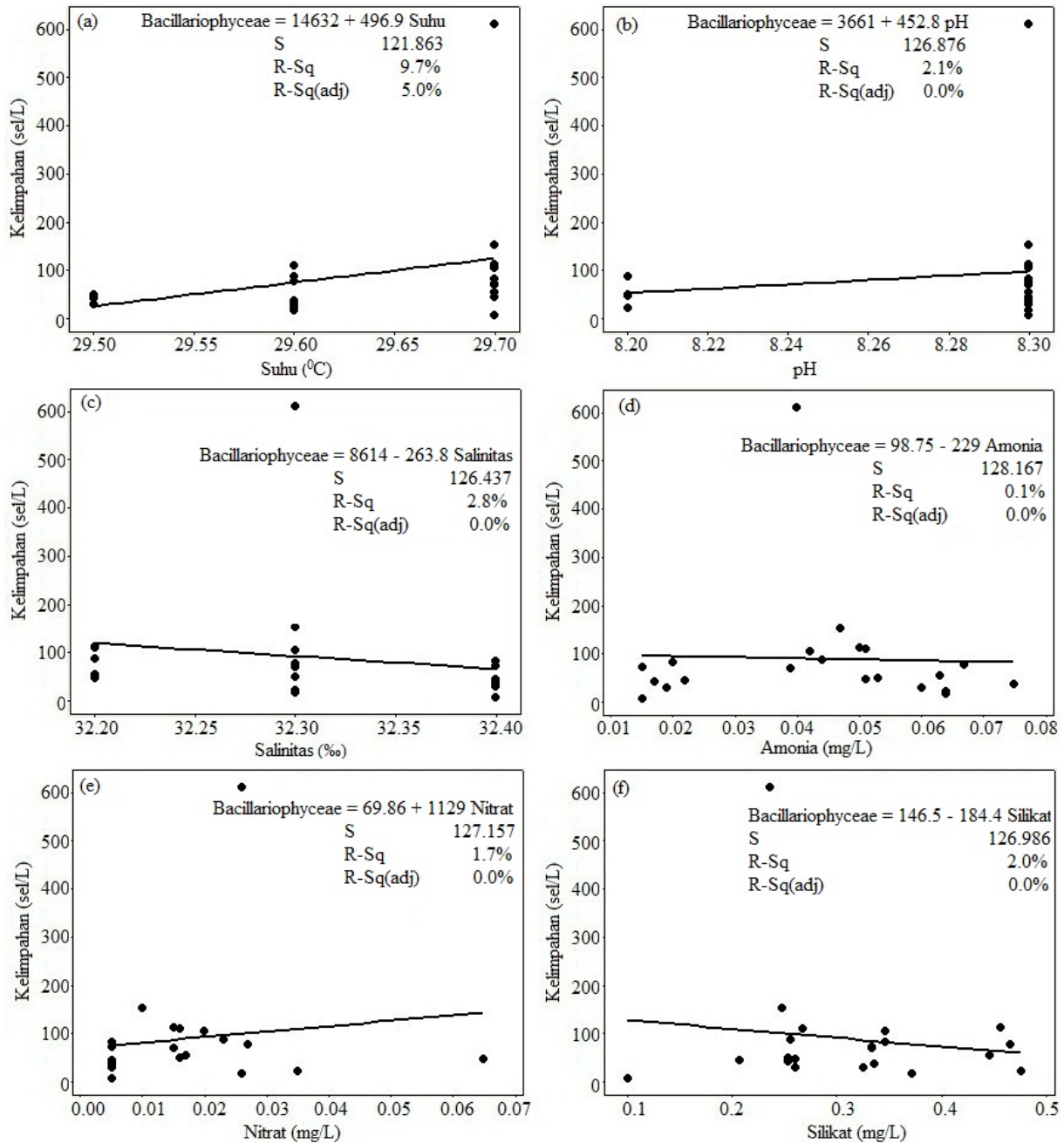
nitrat (Gambar 4e), dan silikat (Gambar 4f). Pola hubungan positif secara berturut-turut ditunjukkan pH (Gambar 4b) dan amonia (Gambar 4d). Hubungan antara Cyanophyceae dengan pH dan amonia relatif lemah dengan nilai R^2 secara berturut-turut sebesar 0,3% dan 0,2%. Hal ini sebagai indikator Cyanophyceae di perairan laut terbuka lebih menyukai atau menyerap amonia.



Gambar 4. Hubungan Cyanophyceae dengan suhu (a), pH (b), salinitas (c), amonia (d), nitrat (e) dan silikat (f) di perairan luar Teluk Wondama.

Hal yang berbeda dengan Cyanophyceae, hubungan Bacillariophyceae dengan parameter oseanografi menunjukkan pola hubungan negatif dengan 3 parameter dan hubungan positif dengan 3 parameter lainnya (Gambar 5). Parameter yang menunjukkan pola hubungan negatif secara berturut-turut adalah salinitas dan amonia (Gambar 5b dan 5c) serta silikat (Gambar 5f). Parameter yang

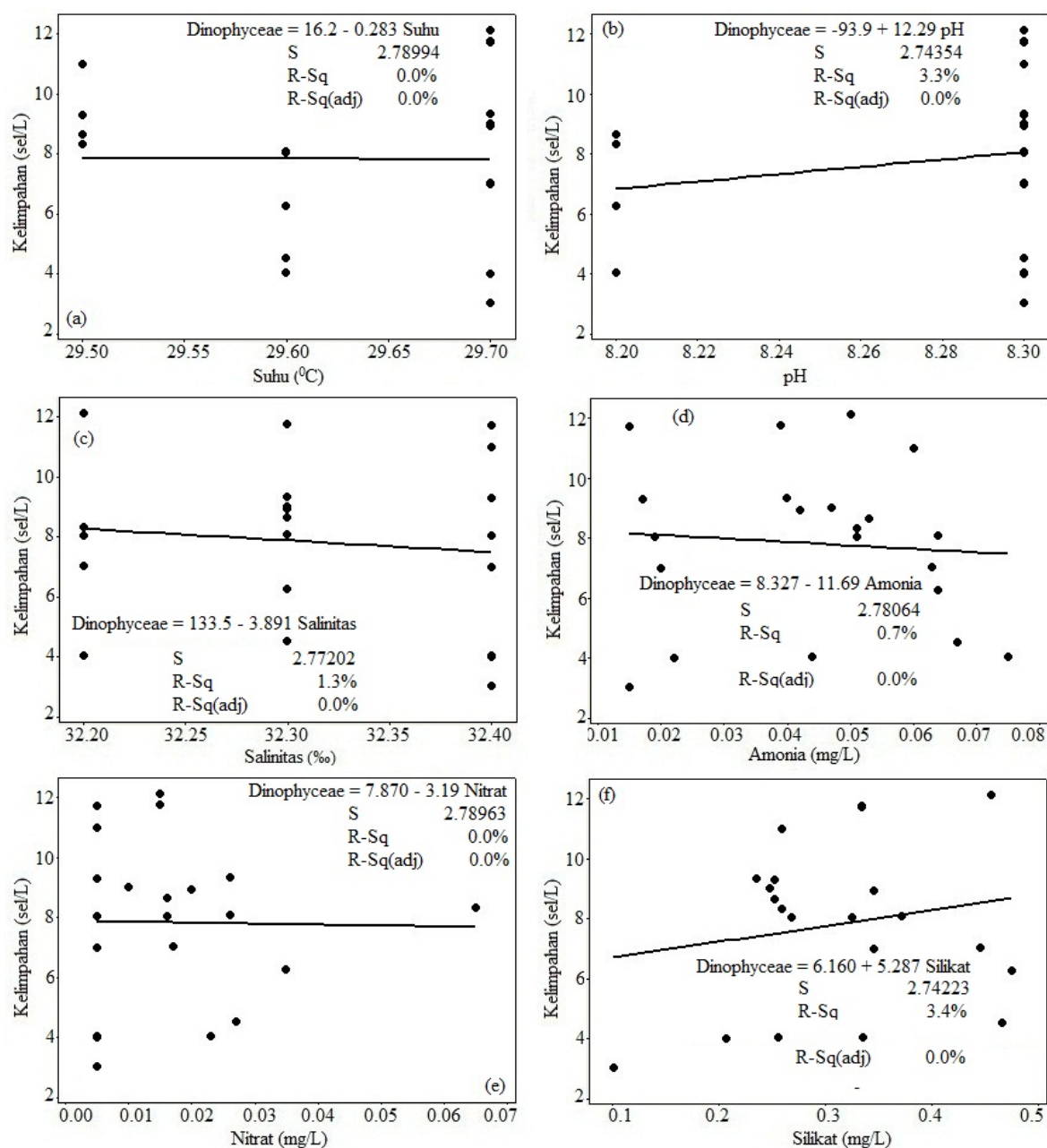
menunjukkan pola hubungan positif secara berturut-turut adalah suhu dan pH (Gambar 5a dan 5b) serta nitrat (Gambar 5e). Hubungan Bacillariophyceae dengan suhu, pH dan nitrat relatif lemah dengan nilai R^2 secara berturut-turut sebesar 9,7%, 2,1%, dan 1,7%. Hal ini menunjukkan Bacillariophyceae di perairan laut terbuka lebih menyukai atau menyerap nitrat.



Gambar 5. Hubungan Bacillariophyceae dengan suhu (a), pH (b), salinitas (c), amonia (d), nitrat (e) dan silikat (f) di perairan luar Teluk Wondama.

Hal yang berbeda dengan Bacillariophyceae, hubungan Dinophyceae dengan parameter oseanografi sama dengan Cyanophyceae dengan 4 parameter pola hubungannya negatif dan 2 parameter pola hubungannya positif (Gambar 6). Parameter-parameter yang menunjukkan pola hubungan negatif dengan Dinophyceae secara berturut-turut adalah suhu (Gambar 6a) serta salinitas, amonia dan nitrat (Gambar 6c, 6d dan 6e).

Sedangkan parameter-parameter yang menunjukkan pola hubungan positif dengan Dinophyceae secara berturut-turut adalah pH (Gambar 6b) dan silikat (Gambar 6f). Hubungan Dinophyceae dengan pH dan silikat relatif lemah dengan nilai R^2 secara berturut-turut sebesar 3,3% (Gambar 6b) dan 3,4% (Gambar 6f). Hal ini menunjukkan Dinophyceae di perairan laut terbuka lebih menyukai atau menyerap silikat.



Gambar 6. Hubungan Dinophyceae dengan suhu (a), pH (b), salinitas (c), amonia (d), nitrat (e) dan silikat (f) di perairan luar Teluk Wondama.

3.2. Pembahasan

Kelimpahan sel fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama tergolong tinggi (Tabel 1) dengan rata-rata kelimpahan sel fitoplankton berada di atas 100 sel/m³. Perairan dengan kelimpahan sel fitoplankton diatas 100 sel/m³ tergolong tinggi (Basterretxea *et al.*, 2007). Tingginya kelimpahan sel fitoplankton merupakan kejadian yang luar biasa yang jarang dijumpai di perairan laut terbuka. Pada perairan kepulauan Banggai pada akhir musim peralihan satu (Juni) sampai awal musim kemarau (Juli) kelimpahan sel fitoplankton hanya berkisar dari 4,053-154,539 sel/m³ (Thoha dan Rachman, 2013). Perbedaan kelimpahan sel fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama dengan perairan kepulauan Banggai menunjukkan kelimpahan fitoplankton rendah (tidak tinggi) ke arah laut terbuka. Pernyataan ini di perairan luar Teluk Wondama menjadi terbukti dengan tidak berperannya suhu (Gambar 3a), pH (Gambar 3b), dan salinitas (Gambar 3c) pada tingginya kelimpahan sel fitoplankton.

Nilai suhu (Tabel 2) merupakan kisaran nilai perairan laut bagian utara Pulau Papua yang sama dengan perairan Pantai Maruni (Silalahi *et al.*, 2017) dan Distrik Depapre Jayapura (Hamuna *et al.*, 2018). Hal yang sama dengan nilai salinitas dan pH (Tabel 2) juga sama dengan perairan Pantai Maruni (Silalahi *et al.*, 2017), Distrik Depapre Jayapura (Hamuna *et al.*, 2017) dan bagian luar Teluk Doreri (Alianto *et al.*, 2016). Pada perairan dengan nilai suhu, pH dan salinitas seperti ini umumnya kelimpahan sel fitoplankton rendah (Jiang *et al.*, 2017). Tingginya total kelimpahan sel fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama merupakan peran amonia (Gambar 3d), nitrat (Gambar 3e) dan silikat (Gambar 3f). Konsentrasi amonia, nitrat dan silikat di perairan luar Teluk Wondama (Tabel 2) masih berada di atas konsentrasi terendah atau batas terendah bagi per-tumbuhan fitoplankton. Batas terendah konsentrasi amonia, nitrat dan silikat bagi pertumbuhan fitoplankton secara

berturut-turut sebesar 0,017 mg/L, 0,062 mg/L (Guildford dan Hecky, 2000) dan 0,060 - 0,120 mg/L (Egge dan Asknes, 1992).

Berbeda dengan kelimpahan sel fitoplankton, terutama konsentrasi nitrat dan silikat di perairan luar Teluk Wondama lebih rendah dibandingkan dengan perairan kepulauan Banggai. Konsentrasi nitrat dan silikat di perairan kepulauan Banggai secara berturut-turut berkisar dari 0,05 - 0,29 mg/L dan 0,120-0,730 mg/L (Thoha dan Rachman, 2013). Meskipun konsentrasi nitrat dan silikat lebih tinggi di perairan kepulauan Banggai, namun kelimpahan sel fitoplankton lebih tinggi di perairan luar Teluk Wondama. Tingginya kelimpahan sel fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama merupakan kontribusi dari empat kelompok fitoplankton (Gambar 2). Kontribusi kelompok fitoplankton pada total kelimpahan fitoplankton tergolong dominan bila berada di atas 5% (Kruk *et al.*, 2016).

Cyanophyceae merupakan salah satu kelompok fitoplankton yang terdapat di perairan luar Teluk Wondama dan tidak terdapat di perairan kepulauan Banggai. Selain di perairan luar Teluk Wondama, Cyanophyceae terdapat juga di perairan Estuari Changjiang dan laut timur China (Jiang *et al.*, 2017), bagian tengah Laguna Vistula (Kruk *et al.*, 2016), dan Teluk Senday (Taniuchi *et al.*, 2017). Pada keempat perairan ini Cyanophyceae kontribusinya tinggi pada total kelimpahan sel fitoplankton selama musim panas dan konsentrasi nutrisi terutama amonia dan nitrat rendah. Perairan dengan konsentrasi amonia dan nitrat rendah secara berturut-turut lebih kecil dari 0,001 mg/L dan 0,006 mg/L (Justic, 1987). Cyanophyceae di perairan laut timur China kontribusinya tinggi pada suhu perairan di atas 20°C (Jiang *et al.*, 2017) yang merupakan kisaran nilai suhu perairan laut bagian utara Pulau Papua.

Berbeda dengan perairan luar Teluk Wondama dengan kisaran nilai suhu perairan

laut bagian utara Pulau Papua (Gambar 4a), Cyanophyceae tidak memberikan kontribusi pada tingginya total kelimpahan fitoplankton. Hal yang sama, Cyanophyceae tidak berkontribusi pada tingginya total kelimpahan fitoplankton pada salinitas (Gambar 4c) yang merupakan kisaran nilai perairan laut bagian utara Pulau Papua. Selain suhu dan salinitas, Cyanophyceae tidak berkontribusi pada tingginya total kelimpahan fitoplankton pada konsentrasi nitrat (Gambar 4e) dan silikat (Gambar 4f) di atas batas terendah pertumbuhan fitoplankton. Sebaliknya, Cyanophyceae berkontribusi tinggi pada total kelimpahan fitoplankton pada pH (Gambar 4b) dan konsentrasi amonia (Gambar 4d) di atas batas terendah pertumbuhan fitoplankton. Nilai pH dan konsentrasi amonia (Tabel 2) menjadi pendorong Cyanophyceae memberikan kontribusi pada tingginya total kelimpahan fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama dengan rata-rata sebesar 64,43% (Gambar 2).

Hal ini menunjukkan (Gambar 4b dan 4d) Cyanophyceae dominan di perairan laut terbuka. Berbeda dengan Cyanophyceae, Bacillariophyceae memberikan kontribusi pada total kelimpahan sel fitoplankton pada konsentrasi nitrat (Gambar 5e) di atas batas terendah pada pertumbuhan fitoplankton. Konsentrasi nitrat di perairan luar Teluk Wondama (Tabel 2) menunjukkan penyerapan nitrat oleh Bacillariophyceae berlangsung cepat. Hal ini berkaitan dengan konsentrasi nitrat berada di bawah 0,360 mg/L menunjukkan penyerapan nitrat berlangsung cepat (Goes *et al.*, 2004). Meskipun penyerapan nitrat berlangsung cepat, namun hanya berperan menyokong Bacillariophyceae berkontribusi pada total kelimpahan sel fitoplankton dengan rata-rata sebesar 28,63% (Gambar 2). Hal yang sama dengan suhu (Gambar 5a) dan pH (Gambar 5b) secara bersamaan juga berperan menyokong Bacillariophyceae berkontribusi pada total kelimpahan sel fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama.

Sebaliknya, Bacillariophyceae tidak

berkontribusi pada total kelimpahan sel fitoplankton pada konsentrasi silikat (Gambar 5f) di atas batas terendah pertumbuhan fitoplankton. Hal yang sama dijumpai di perairan pesisir Sulawesi Selatan dengan rata-rata konsentrasi silikat selama musim kemarau sebesar 1,048 mg/L, namun tidak berperan pada tingginya kelimpahan sel Bacillariophyceae (Lukman *et al.*, 2014). Hal ini berkaitan dengan pernyataan bila ketersediaan silikat berada di atas batas terendah pertumbuhan fitoplankton, menunjukkan fitoplankton termasuk Bacillariophyceae menyerap nitrat selama berlangsung pertumbuhannya (Mulholland dan Lee, 2009). Nitrat termasuk amonia sangat diperlukan fitoplankton termasuk Bacillariophyceae karena berperan sebagai pembentuk asam amino dan nukleat serta kofaktor metabolik (Smith *et al.*, 2009). Hal yang berbeda dengan Dinophyceae menunjukkan kontribusi pada total kelimpahan sel fitoplankton pada konsentrasi silikat berada di atas batas terendah pertumbuhan fitoplankton (Gambar 6f). Hal yang sama dijumpai di perairan luar Teluk Jiaoazhou dengan konsentrasi silikat berada di atas batas terendah pertumbuhan fitoplankton, Dinophyceae dapat berkontribusi pada total kelimpahan sel fitoplankton (Fang *et al.*, 2002).

Perairan luar Teluk Wondama silikat dapat menyokong Dinophyceae dengan berkontribusi pada total kelimpahan sel fitoplankton dengan rata-rata sebesar 4,24% (Gambar 2). Kontribusi sebesar ini hanya terjadi di perairan laut lepas yang ditunjukkan dengan nilai pH (Gambar 6b) yang merupakan kisaran nilai pH perairan laut bagian utara Pulau Papua. Hal yang sama dengan perairan luar Teluk Jiaoazhou menunjukkan kontribusi Dinophyceae berada di bawah 5%. Sebaliknya, Dinophyceae tidak memberikan kontribusi pada total kelimpahan sel fitoplankton pada suhu (Gambar 6a) dan salinitas (Gambar 6c) dengan kisaran nilai perairan laut bagian utara Pulau Papua. Dinophyceae lebih dominan di perairan

hangat pada musim panas di Teluk Chesapeake (Millete *et al.*, 2015) seperti suhu berkisar dari 19-25°C dan salinitas antara 10-30‰ (Tian *et al.*, 2003).

IV. KESIMPULAN

Tingginya kelimpahan sel fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama merupakan kontribusi Cyanophyceae, Bacillariophyceae dan Dinophyceae. Kelimpahan sel fitoplankton sangat tergantung pada amonia, nitrat dan silikat. Kontribusi Cyanophyceae pada total kelimpahan sel fitoplankton tergantung pada amonia dan pH. Kontribusi Bacillariophyceae pada total kelimpahan sel fitoplankton tergantung pada nitrat dan salinitas. Kontribusi Dinophyceae pada total kelimpahan sel fitoplankton tergantung pada silikat dan pH.

UCAPAN TERIMA KASIH

Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah mendanai penelitian selama 3 tahun berturut-turut dari tahun 2014-2016 melalui Skema Penelitian Kompetitif Nasional "Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI)". Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh Manajemen Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Institut Pertanian Bogor atas bantuan fasilitas (analisis fitoplankton dan nutrien) yang telah diberikan selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Abdolahpour, M., M. Ghisalberti, P. Lavery, and K. McMahon. 2017. Vertical mixing in coastal canopies. *Limnology and Oceanography*, 62(1):26-42. <https://dx.doi.org/10.1002/lno.10368>.

Akar, B. and B. Sahin. 2017. Diversity and ecology of benthic diatoms in Karagol Lake in Karagol National Sahara Park (Savsat, Artvin, Turkey). *Turkish J. Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(1):15-24. http://dx.doi.org/10.4194/1303-2712-v17_1_03.

Alianto, Hendri, dan Suhaemi. 2016. Total nitrogen dan fosfat di perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat, Indonesia. *Depik*, 5(3):128-132. <http://dx.doi.org/10.13170/depik.5.3.5670>.

Alianto, E.M. Adiwilaga, dan A. Damar. 2009. Measurement of dissolved inorganic nutrient in euphotic zone the Banten Bay. *Indonesian J. Chemistry*, 9(2):217-225. <http://dx.doi.org/10.22146/ijc.21533>.

Basterretxea, G., E. Garces, A. Jordi, S. Angles, and M. Maso. 2007. Modulation of nearshore harmful algal blooms by *in situ* growth rate and water renewal. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 352:53-65. <http://dx.doi.org/10.3354/meps07168>.

Badylak, S., E.J. Philips, and A.L. Mathews. 2014. *Akashiwo sanguinea* (dinophyceae) blooms in a subtropical estuary: an alga for the all seasons. *Plankton and Benthos Research*, 9(3):147-155. <http://dx.doi.org/10.3800/pbr.9.147>.

Badylak, S. and E.J. Phylips. 2004. Spatial and temporal patterns of phytoplankton composition in a subtropical coastal lagoon, the Indian River Lagoon, Florida, USA. *J. Plankton Research*, 26(10):1229-1247. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbh111>.

Chakraborty, S. and S.E. Lohrenz. 2015. Phytoplankton community structure in the river-influenced continental margin of the northern Gulf of Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 521:31-47. <http://dx.doi.org/10.3354/meps11107>.

- Chen, B. and E.A. Laws. 2017. Is there a difference of temperature sensitivity between marine phytoplankton and heterotrophs?. *Limnology and Oceanography*, 62(2):806-817. <http://dx.doi.org/10.1002/lno.10462>.
- Chen, Y.L.L., H.Y. Chen, S.H. Tuo, and K. Ohki. 2008. Seasonal dynamics of new production from *Trichodesmium* N₂ fixation and nitrate uptake in the upstream Kuroshio and South China Sea basin. *Limnology and Oceanography*, 53(5):1705-1721. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.2008.53.5.1705>.
- Durkin, C.A., B.A.S.V. Mooy, D.S. Dyrman, and K.O. Buesseler. 2016. Sinking phytoplankton associated with carbon flux in the Atlantic Ocean. *Limnology and Oceanography*, 61(4):1172-1187. <http://dx.doi.org/10.1002/lno.10253>.
- EGGE, J. K. and D. L. Asknes, 1992. Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 83:281-289. <http://dx.doi.org/10.3354/meps083281>.
- Erga, S.R., C.D. Olseng, and L.H. Aaro. 2015. Growth and diel vertical migration patterns of the toxic dinoflagellata *Protoceratium reticulatum* in a water column with salinity stratification: the role of bioconvection and light. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 539:47-64. <http://dx.doi.org/10.3354/meps11488>.
- Fang, Y.D., Z. Jing, and L.J. Bin. 2002. Examination of silicate limitation of primary production Jiaozhou Bay, China. I. Silicate being limiting factor of phytoplankton primary production. *Chinese J. Oceanology and Limnology*, 20(3):208-225. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02848849>.
- Fenchel, T.O.M. 2001. How dinoflagellata swim. *Protist*, 154(4):329-338. <http://dx.doi.org/10.1078/1434-4610-00071>.
- Goes, J.I., K. Sasaoka, H.D.R. Gomes, S.I. Saitoh, and T. Saino. 2004. A comparison of the seasonality and interannual variability of phytoplankton biomass and production in the western and eastern gyres of the subarctic Pacific using multi-sensor satellite data. *J. Oceanography*, 60(1):75-91. <http://dx.doi.org/10.1023/B:JOCE.0000038320.94273.25>.
- Guildford, S.J. and R.E. Hecky. 2000. Total nitrogen, total phosphorus, and nutrient limitation in lakes and oceans: is there a common relationship?. *Limnology and Oceanography*, 45(6):1213-1223. <http://dx.doi.org/10.4319/lno.2000.45.6.1213>.
- Hamuna, B., R.H.R. Tanjung, Suwito, H.K. Maury, dan Alianto. 2018. Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan Distrik Depapre, Jayapura. *J. Ilmu Lingkungan*, 16(1):35-43. <http://dx.doi.org/10.14710/jil.16.135-43>.
- Hansen, H. and F. Koroleff. 2007. Determination of nutrients. In: Grasshoff, K., Kremling, K and Ehrhardt, M. (eds.). *Methods of seawater analysis*. Wiley-VCH Verlag GmbH. Weinheim, 41-73 pp. <http://dx.doi.org/10.1002/9783527613984.ch10>.
- Jiang, Z., J. Chen, F. Zhou, H. Zhai, D. Zhang, and X. Yan. 2017. Summer distribution patterns of *Trichodesmium* spp. in the Changjiang (Yangtze River) Estuary and adjacent East China Sea shelf. *Oceanologia*, 59(3):248-261. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceano.2017.02.001>.
- Justic, D. 1987. Long-term eutrophication of the northern Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6):281-284. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X\(87\)90905-4](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X(87)90905-4).
- Karabashev, G.S., and M.A. Evdoshenko. 2016. Narrowband shortwave minima

- in spectra of backscattered light from the sea obtained from ocean color scanners as a remote indication of algal blooms. *Oceanologia*, 58(4):279-291. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceano.2016.05.001>.
- Kruk, M., B. Jaworska, I.J. Barna, and A. Rychter. 2016. How do differences in the nutritional and hydrological background influences phytoplankton in the Vistula Lagoon during a hot summer day?. *Oceanologia*, 58(4):341-352. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceano.2016.05.004>.
- Lukman, M., A. Nasir, K. Amri, R. Tambaru, M. Hatta, Nurfadilah, dan R. J. Noer. 2014. Silikat terlarut di perairan pesisir Sulawesi Selatan. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2):461-478. <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v6i2.9022>.
- Millette, N.C., J.J. Pierson, and D.K. Stoecker. 2015. Top-down control of micro-and mesozooplankton on winter dinoflagellate blooms of *Heterocapsa rotundata*. *Inter-Research Aquatic Microbial and Ecology*, 76(1):15-25. <http://dx.doi.org/10.3354/ame01763>.
- Mulholland, M.R. and C. Lee. 2009. Peptide hydrolysis and the uptake of dipeptides by phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 54(3):856-868. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.2009.54.3.0856>.
- Omand, M.M., E.A. D'Asaro, C.M. Lee, M.J. Perry, N. Briggs, I. Cetinic, and A. Mahadevan. 2015. Eddy-driven subduction exports particulate organic carbon from the spring bloom. *Science*, 348(6231):222-225. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1260062>.
- Perssons, A., B.C. Smith, G. H. Wikfors, H.J. Alix. 2013. Differences in swimming pattern between life cycle stages of the toxic dinoflagellate *Alexandrium fundyense*. *Harmful Algae*, 21(1):36-43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2012.11.005>.
- Shikata, T., S. Sakamoto, G. Onitsuka, K. Aoki, and M. Yamaguichi. 2014. Effects of salinity and diel vertical migration behavior in two red-tide algae, *Chatonella antiqua* and *Karenia mikimotoi*. *Plankton and Benthos Research*, 9(1):42-50. <http://dx.doi.org/10.3800/pbr.9.42>.
- Silalahi, H., M. Marhan, dan Alianto. 2017. Status mutu kualitas air laut Pantai Maruni Kabupaten Manokwari. *J. Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1(1):33-42. <http://dx.doi.org/10.30862/jsai-fpik-unipa.2017>.
- Smith, S.L., Y. Yamanaka, M. Pahlow, and A. Oschlies. 2009. Optimal uptake kinetics: physiological acclimation explains the pattern of nitrate uptake by phytoplankton in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 384:1-12. <http://dx.doi.org/10.3354/meps08022>.
- Taniuchi, Y., Y. Watanabe, S. Kakehi, T. Sakemi, and A. Kuwata. 2017. Seasonal dynamics of the phytoplankton community in Sendai Bay, northern Japan. *J. Oceanography*, 73(1):1-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s10872-015-0334-0>.
- Thoha, H. dan A. Rachman. 2013. Kelimpahan dan distribusi spasial komunitas plankton di perairan Kepulauan Banggai. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1):145-161. <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v5i1.7761>.
- Tian, Y., Z. Mingjiang, and Q. Peiyuan. 2003. Competition among dinoflagellate *Alexandrium tamarense*, raphidophyte *Heterosigma carterae* and diatom *Skellatonema costatum* under combinations of two temperature and five salinities. *Chinese J. Oceanology and Limnology*, 21(3):245-250. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02842840>.
- Zhang, R., M. Chen, J.P. Cao, Q. Ma, J.H.

Yang, and Y.S. Qiu. 2012. Nitrogen fixation in the East China Sea and southern Yellow Sea during summer 2006. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 447:77-

86. <http://dx.doi.org/10.3354/meps09509>.

Diterima : 09 Februari 2018

Direview : 12 Maret 2018

Disetujui : 29 November 2018

