

Akumulasi Biomasa Fitoplankton yang Diukur sebagai Klorofil-a di Perairan Teluk Doreri, Provinsi Papua Barat

Alianto^{1*}, Yorry Kambanussy¹, Luky Sembel², dan Baigo Hamuna³

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Papua

²Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Papua

Jl Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat, 98314 Indonesia

³Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Cenderawasih

Jl. Camp Wolker Waena, Jayapura, Papua 99351 Indonesia

Email: a.alianto@unipa.ac.id

Abstract

The Accumulation of Phytoplankton Biomass Measured as Chlorophyll-a in Doreri Bay, West Papua

The accumulation of phytoplankton biomass measured as chlorophyll-a is highly dependent on the availability of ammonia and silicate in the waters. This study aims to determine the status based on chlorophyll-a concentration and its relationship with ammonia and silicate in the waters of Doreri Bay, Manokwari Regency, West Papua Province. It was conducted at 3 stations located in coastal waters and the inside of the bay and 7 stations located outside the Doreri Bay. Seawater sampling was taken three times at an interval of one in every month in a row at 10 research stations. Seawater sampling for chlorophyll-a measurements was carried out at 10 research stations. Seawater sampling for measurement of ammonia and silicate was carried out at 4 stations located outside the bay. Measurement of chlorophyll-a concentration, ammonia, and silicate used Lorenzen method, the Phenate method, and the Molybdosilicate method, respectively. The results show that chlorophyll-a concentration from stations 1-10 ranged from 0.23 to 3.77 $\mu\text{g/L}$ with an average of 0.82 $\mu\text{g/L}$. Chlorophyll-a concentrations was high at stations 1, 5 and 6 in coastal waters and the inside of the bay with concentrations ranging from 0.46-3.77 $\mu\text{g/L}$ with an average of 2.11 $\mu\text{g/L}$. Chlorophyll-a concentration decreased at stations 2, 3, 4, 7, 8, 9 and 10 which are located outside the bay with concentrations ranging from 0.37 to 0.96 $\mu\text{g/L}$ with an average of 0.66 $\mu\text{g/L}$. Ammonia and silicate concentrations at stations 4, 8, 9 and 10, respectively, ranging from 2.35-4.11 μM with an average of 2.64 μM and 2.00-7.50 μM with an average of 3.91 μM . The results of analysis show that the relationships of chlorophyll-a concentration with ammonia and silicate showed positive and negative relationships, respectively.

Keywords: Phytoplankton biomass; chlorophyll-a; ammonia; silicate; Doreri Bay

Abstrak

Akumulasi biomasa fitoplankton yang diukur sebagai klorofil-a sangat tergantung pada ketersediaan amonia dan silikat di perairan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui status berdasarkan konsentrasi klorofil-a serta hubungannya dengan amonia dan silikat di perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. Penelitian dilakukan pada 3 stasiun yang berada di perairan pantai dan bagian dalam teluk serta 7 stasiun yang berada di bagian luar Teluk Doreri. Pengambilan contoh air laut diambil sebanyak tiga kali dengan interval satu kali setiap bulan secara berturut-turut pada 10 stasiun penelitian. Pengambilan contoh air laut untuk pengukuran klorofil-a dilakukan pada 10 stasiun penelitian. Pengambilan contoh air laut untuk pengukuran amonia dan silikat dilakukan pada 4 stasiun yang berada di bagian luar teluk. Pengukuran konsentrasi klorofil-a menggunakan metode Lorenzen, amonia menggunakan metode Phenate, dan silikat menggunakan metode Molibdosilikat. Hasil pengukuran diperoleh konsentrasi klorofil-a dari stasiun 1-10 berkisar dari 0,23-3,77 $\mu\text{g/L}$ dengan rata-rata sebesar 0,82 $\mu\text{g/L}$. Konsentrasi klorofil-a tinggi pada stasiun 1, 5 dan 6 yang berada di perairan pantai dan bagian

dalam teluk dengan konsentrasi berkisar dari 0,46-3,77 µg/L dengan rata-rata sebesar 2,11 µg/L. Konsentrasi klorofil-a berkurang pada stasiun 2, 3, 4, 7, 8, 9 dan 10 yang berada di bagian luar teluk dengan konsentrasi berkisar dari 0,37-0,96 µg/L dengan rata-rata sebesar 0,66 µg/L. Konsentrasi amonia dan silikat pada stasiun 4, 8, 9 dan 10 secara berturut-turut berkisar dari 2,35-4,11 µM dengan rata-rata sebesar 2,64 µM dan 2,00-7,50 µM dengan rata-rata sebesar 3,91µM. Berdasarkan analisis hubungan konsentrasi klorofil-a dengan amonia dan silikat secara berturut-turut menunjukkan hubungan positif dan negatif.

Kata Kunci : Biomasa fitoplankton; klorofil-a; amonia; silikat; Teluk Doreri

PENDAHULUAN

Salah satu yang menjadi kendala dalam mengukur biomasa fitoplankton adalah karena ukurannya yang mikroskopis. Pendekatan yang sering digunakan untuk mengetahui biomasa fitoplankton adalah dengan mengukur konsentrasi klorofil-a (Hourany *et al.*, 2017; Szymczak-Zylaa *et al.*, 2011). Pendekatan ini digunakan karena lebih mewakili tiga kelompok ukuran fitoplankton dibandingkan dengan pendekatan lainnya seperti menghitung jumlahnya. Menghitung jumlah fitoplankton yang berukuran mikroskopis tersebut sangat sulit serta memerlukan teknologi dan keterampilan yang tinggi serta jangka waktu yang diperlukan relatif lama.

Selain itu, pendekatan tersebut di atas dilakukan karena klorofil-a dimiliki atau terdapat pada semua jenis fitoplankton (Rozema *et al.*, 2017). Oleh karena itu keberadaan dan fluktuasi konsentrasi klorofil-a digunakan sebagai petunjuk kesuburan perairan (Prihatin *et al.*, 2018). Selain itu bila konsentrasi klorofil-a tinggi sampai berada pada atau level tertentu sebagai petunjuk terjadinya blooming fitoplankton (Chakraborty & Feudel, 2014). Fenomena blooming yang ditunjukkan akumulasi klorofil-a dengan konsentrasi tinggi umumnya terdapat di perairan pantai atau teluk yang dangkal (Rimet & Bouchez, 2012).

Pada perairan pantai, konsentrasi klorofil-a berfluktuasi atau cenderung tinggi sebagai respon fitoplankton atas perubahan kondisi lingkungan perairan yang sangat tinggi (Szymczak-Zylaa *et al.*, 2017). Fenomena ini di sebagian besar perairan dunia meningkat frekuensi, intensitas dan distribusi geografis selama beberapa dekade terakhir (Blondeau-Patissier, *et al.*, 2014)

termasuk di perairan Indonesia. Pada beberapa perairan di Indonesia seperti Teluk Jakarta (Prayitno & Afdal, 2019) dan pesisir Sulawesi Selatan (Lukman *et al.*, 2014) konsentrasi klorofil-a menunjukkan peningkatan. Meningkatnya konsentrasi klorofil-a di perairan tersebut seiring dengan tingginya konsentrasi nutrisi diantaranya amonia dan silikat.

Sama dengan beberapa perairan lainnya di Indonesia, konsentrasi klorofil-a di perairan Teluk Doreri diperkirakan mengalami fluktuasi dengan cenderung mengalami peningkatan khususnya di bagian dalam teluk. Berdasarkan hal ini, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status berdasarkan konsentrasi klorofil-a serta hubungannya dengan amonia dan silikat di perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat.

MATERI DAN METODE

Penelitian berlangsung di perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat (Gambar 1). Pengambilan contoh air laut dilakukan pada kedalaman sekitar 50 cm dari permukaan laut. Contoh air laut diambil sebanyak tiga kali dengan interval satu kali setiap bulan secara berturut-turut pada 10 stasiun penelitian. Stasiun 1, 2 dan 3 berlokasi di pantai, tengah dan luar sebuah teluk kecil yang oleh masyarakat setempat disebut dengan Teluk Wosi dan stasiun 4 berada di perairan pantai tanjung BLK (Balai Latihan Kerja) Kabupaten Manokwari. Stasiun 5, 6 dan 7 berlokasi di bagian dalam Teluk Doreri berupa teluk kecil yang oleh masyarakat setempat disebut dengan Teluk Sawaibu. Stasiun 8 berlokasi di perairan antara dermaga PELNI (Pelabuhan Nasional Indonesia) dan RSUD (Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Manokwari). Stasiun 9

berlokasi di dermaga penyebrangan rakyat ke Pulau Mansinam dan Lemon serta stasiun 10 di perairan depan restoran Hotel Mansinam Beach Manokwari di Pantai Arowi.

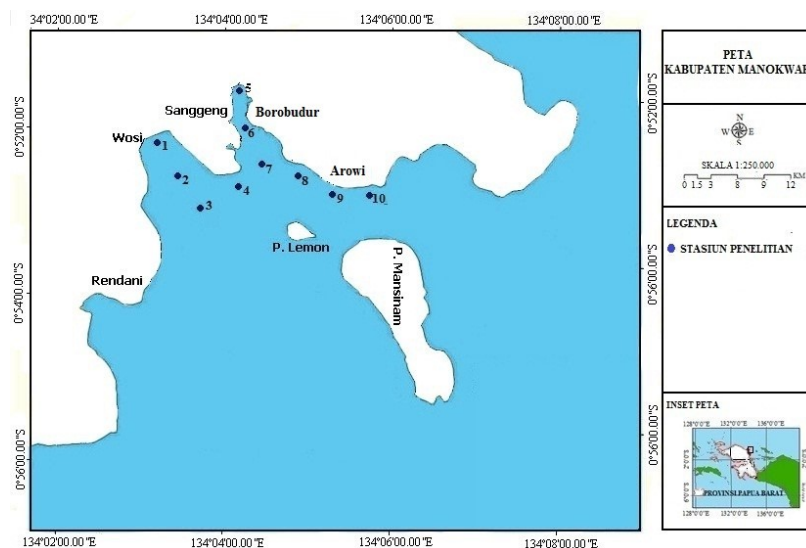
Pengukuran konsentrasi klorofil-a, amonia dan silikat dilakukan dengan metode standar (APHA, 2005). Contoh air diambil pada setiap stasiun penelitian secara berturut-turut sebanyak 1000 ml. Contoh air dimasukkan ke dalam botol polietilen kapasitas 1000 ml yang ditutup rapat dengan plastik polibek hitam. Selanjutnya contoh air disimpan dalam *collbox* bersuhu dingin untuk dianalisis secara *eks situ* di laboratorium. Pada laboratorium, contoh air laut disaring dengan milipore filter aparatus (Whatman GF/C, diameter 47 mm porositas 0,45 µm) dengan bantuan pompa vakum tekanan 200 mm Hg. Selanjutnya diekstraksi dengan aseton 90% sebanyak 10 ml dan digerus sampai halus selama 10 sampai 15 menit. Setelah itu dimasukkan dalam tabung lalu ditutup dengan aluminium foil dan didinginkan dalam frizer pada suhu 0-4 °C selama 24-36 jam sebelum dianalisis. Setelah itu ditimbang lalu disentrifus pada putaran 3600 rpm selama 5 menit. Selanjutnya diukur dengan spektrofotometer (SHIMAZU UV-1601) pada panjang gelombang 750 nm, dan 665 nm. Selanjutnya ditambahkan asam dengan 1 N HCL dan diukur pula pada panjang gelombang yang sama. Konsentrasi klorofil-a

dihitung dengan menggunakan metode Lorenzen (1967) sebagai berikut :

$$\text{Klorofil - a } (\mu\text{g / L}) = \frac{A * K(665_0 - 665_a) * v}{V * I}$$

Keterangan : A= Koefisien absorpsi klorofil-a = 11,0; K = Faktor konversi absorbsansi = 2,43; 665₀= Absorbansi pada panjang gelombang 665 nm dikurangi absorbsansi pada panjang gelombang 750 nm sebelum pengasaman; 665_a = Absorbansi pada panjang gelombang 665 nm dikurangi absorbsansi pada panjang gelombang 750 nm setelah pengasaman; v = Volume aseton yang digunakan untuk ekstraksi (ml); V = Volume air yang disaring (L); I = Panjang kuvet (cm)

Pengukuran konsentrasi amonia menggunakan metode Phenate dengan mengukur 25 ml air laut tersaring lalu ditambahkan secara berturut-turut 1 ml larutan fenol, 1 ml larutan *hipoklorit* dan 2,5 ml larutan *alkalin*. Selanjutnya ukur absorbsannya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 640 nm. Pengukuran konsentrasi silikat menggunakan metode Molibdosilikat dengan mengukur 10 ml air laut tersaring lalu ditambahkan 0,3 ml larutan *asam oksalat* dan secara berturut-turut 0,2 ml *asam askorbat* dan *oksalat*. Ukur absorbsannya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 810 nm.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Distribusi konsentrasi klorofil-a, amonia dan silikat diuji dengan uji anova satu arah dan uji *Post-HocDuncan*. Hubungan klorofil-a dengan amonia dan silikat diuji dengan regresi linear. Kedua uji tersebut dilakukan dengan software IBM SPSS Statistics 23.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran konsentrasi klorofil-a dari stasiun 1 sampai 10 dari 0,23 - 3,77 µg/L dengan rata-rata sebesar 0,82 µg/L (Tabel 1). Tabel 1 menunjukkan konsentrasi klorofil-a relatif berbeda antara stasiun 1, 5 dan 6 dengan Stasiun 2, 3, 4, 7, 8, 9, dan 10. Perbedaan tersebut ditunjukkan oleh nilai konsentrasi klorofil-a yang bervariasi antara stasiun tersebut. Walaupun demikian, konsentrasi klorofil-a cenderung lebih tinggi pada Stasiun 1 yang berkisar dari 1,02-3,77 µg/L dengan rata-rata sebesar 1,57 µg/L. Hal yang sama dengan konsentrasi klorofil-a di stasiun 5 berkisar dari 0,58 - 1,39 µg/L dengan rata-rata sebesar 1,11 µg/L. Kondisi ini sampai Stasiun 6 dengan konsentrasi klorofil-a berkisar 0,46-1,26 µg/L dengan rata-rata sebesar 1,08 µg/L. Sebaliknya, konsentrasi klorofil-a pada tujuh stasiun lainnya relatif homogen secara berturut-turut di stasiun 2, 3, 4, 7, 8, 9 dan 10 dengan nilai berada di bawah stasiun 1, 5 dan 6.

Perbedaan konsentrasi klorofil-a disebabkan posisi stasiun 1, 5 dan 6 berada di pantai yang bermuara 3 sungai yang membawa air tawar yang berasal dari pemukiman penduduk di Kelurahan Wosi, Sanggeng dan Padarni. Hal ini menyebabkan stasiun 1, 5 dan 6 secara langsung menerima bahan organik melalui buangan masa air tawar dari pemukiman di sekitarnya. Selain itu, secara tidak langsung stasiun 1, 5 dan 6 menerima bahan organik melalui aliran permukaan air tawar dari pemukiman sekitarnya. Bahan organik tersebut salah satunya terdapat dalam bentuk nutrisi anorganik terlarut (Woodland *et al.*, 2015). Selain itu, nutrisi anorganik terlarut bersumber pula dari dalam perairan itu sendiri (Buzancic *et al.*, 2016). Beberapa unsur nutrisi anorganik terlarut yang dominan di perairan pantai di antaranya amonia (Glibert *et al.*, 2016) dan silikat (Nincevic *et al.*, 2015).

Keberadaan amonia dan silikat ini dapat meningkatkan konsentrasi klorofil-a khususnya di perairan pantai dan teluk yang dangkal. Hal ini ditunjukkan oleh konsentrasi klorofil-a di stasiun 1, 5 dan 6 berada di atas 1 µg/L (Tabel 1 dan Gambar 2). Perairan dengan konsentrasi klorofil-a tinggi bila konsentrasinya berada di atas 1 µg/L (Chai *et al.*, 2016). Perairan dengan konsentrasi klorofil-a sebesar ini menunjukkan pada perairan tersebut terjadi fenomena blooming fitoplankton (Guinder *et al.*, 2015). Blooming fitoplankton dengan konsentrasi klorofil-a di atas 1 µg/L terjadi pula di perairan Pantai Maroon, muara Sungai Serang, muara sungai Leirisakaili, muara Sungai Angke, muara sungai Tallo, muara sungai Maros, muara sungai Pangkep dan muara sungai Silugonggo.

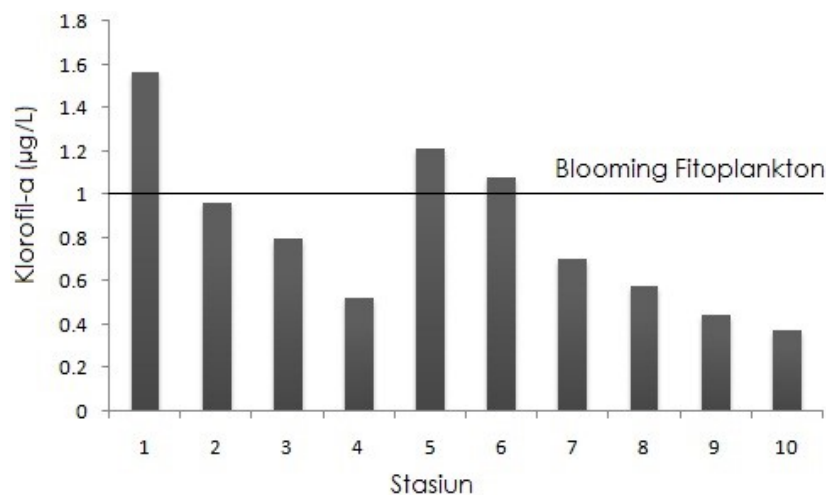
Konsentrasi klorofil-a di perairan pantai Maroon sebesar 1,09 mg/m³ (Prihatin *et al.*, 2018) dan muara Sungai Serang dengan rata-rata sebesar 1,76 mg/m³ (Maslukah *et al.*, 2017) setara dengan 1,09 µg/L dan 1,76 µg/L. Pada perairan muara Sungai Angke diperoleh konsentrasi klorofil-a dengan rata-rata sebesar 3,19 µg/L (Prayitno & Afdal, 2019). Pada perairan muara sungai Tallo, Maros, dan Pangkep konsentrasi Klorofil-a secara berturut-turut dengan rata-rata sebesar 4,52 µg/L, 1,40 µg/L, 2,72 µg/L (Lukman *et al.*, 2014). Pada muara Sungai Silugonggo konsentrasi klorofil-a terendah dengan rata-rata sebesar 1,4 µg/L dan tertinggi 10,56 µg/L (Hidayah *et al.*, 2016). Sama halnya dengan Teluk Doreri, konsentrasi klorofil-a di perairan muara Sungai Serang, Muaraleisakaili, Angke, Tallo, Maros dan Pangkep semakin berkurang ke arah laut.

Konsentrasi klorofil-a pada 7 Stasiun (2, 3, 4, 7, 8, 9, dan 10) yang mengarah ke luar teluk atau pantai yang berhadapan dengan laut lepas berada di bawah 1 µg/L (Gambar 2). Hal ini menunjukkan semakin ke luar teluk atau pantai yang berhadapan dengan laut lepas potensi terjadinya blooming fitoplankton semakin berkurang. Konsentrasi klorofil-a pada stasiun 2, 3, 4, 7, 8, 9, dan 10 tersebut secara berturut-turut dengan rata-rata sebesar 0,96 µg/L, 0,80 µg/L, 0,52 µg/L, 0,70 µg/L, 0,58 µg/L, 0,44 µg/L, 0,37 µg/L (Tabel 1 dan Gambar 2). Konsentrasi klorofil-a pada stasiun 2, 3, 4, 7, dan 8 tergolong dalam

Tabel 1. Konsentrasi klorofil-a di perairan Teluk Doreri

Stasiun	Konsentrasi ($\mu\text{g/L}$)			
	Rata-rata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
1	1.57*	0.90	1.02	3.77
2	0.96	0.68	0.56	1.88
3	0.80	0.32	0.46	1.10
4	0.52	0.15	0.42	0.70
5	1.21*	0.47	0.58	1.39
6	1.08*	0.17	0.46	1.24
7	0.70	0.23	0.24	0.66
8	0.58	0.17	0.39	0.68
9	0.44	0.11	0.34	0.56
10	0.37	0.14	0.23	0.53

Keterangan: *Berbeda nyata pada taraf 0.05%



Gambar 2. Stasiun terjadinya blooming fitoplankton di perairan Teluk Doreri

kategori tinggi. Berbeda dengan konsentrasi klorofil-a pada stasiun 9 dan 10 tergolong dalam kategori sedang. Konsentrasi klorofil-a rendah bila berada di bawah $0,2 \mu\text{g/L}$ dan tinggi bila berada di atas $0,5 \mu\text{g/L}$ (Han & Takahashi, 2000).

Konsentrasi klorofil-a di bagian luar Teluk Doreri termasuk stasiun 9 dan 10 berada di atas dari beberapa lokasi perairan laut lepas seperti perairan kepala burung Pulau Papua dan Pasifik Utara. Konsentrasi klorofil-a di perairan laut lepas kepala burung Pulau Papua seperti perairan luar Kabupaten Teluk Wondama, Manokwari, dan Biak serta Tamberau secara berturut-turut dengan rata-rata berkisar dari $0,24-0,36 \mu\text{g/L}$ (Alianto *et al.*, 2016). Hal yang sama dengan konsentrasi

klorofil-a di perairan Pasifik Utara (arah utara timur Pasifik Utara) dengan rata-rata berkisar dari $0,17-0,33 \mu\text{g/L}$ (Han & Takahashi, 2000).

Berkurangnya konsentrasi klorofil-a pada stasiun-stasiun yang mengarah ke bagian luar teluk atau pantai yang berhadapan dengan laut lepas disebabkan oleh semakin berkurangnya konsentrasi amonia dan silikat (Tabel 2). Hal ini disebabkan stasiun tersebut berada jauh dari pengaruh daratan yang merupakan sumber utama amonia dan silikat. Hal ini terlihat dari konsentrasi amonia dan silikat pada stasiun 2, 3, 4, 7, 8, 9 dan 10 secara berturut-turut berkisar dari $2,35-4,11 \mu\text{M}$ dengan rata-rata sebesar $2,64 \mu\text{M}$ dan $2,00-7,50 \mu\text{M}$ dengan rata-rata sebesar $3,91 \mu\text{M}$ (Tabel 2).

Konsentrasi amonia dan silikat pada stasiun 2, 3, 4, 7, 8, 9 dan 10 jauh lebih rendah 2 sampai 4 kali dari stasiun 1, 5 dan 6 (Tabel 1 dan 2).

Konsentrasi yang sama dengan bagian luar Teluk Doreri dijumpai pula pada perairan lainnya di Indonesia seperti perairan luar Teluk Wondama dan perairan kepulauan Banggai. Konsentrasi amonia dan silikat di perairan luar Teluk Wondama secara berturut-turut dengan rata-rata sebesar 2,35 µM dan 5,16 µM (Alianto *et al.*, 2016). Hal yang sama dengan konsentrasi silikat di perairan kepulauan Banggai dengan rata-rata sebesar 7,00 µM (Thoha dan Rachman, 2013).

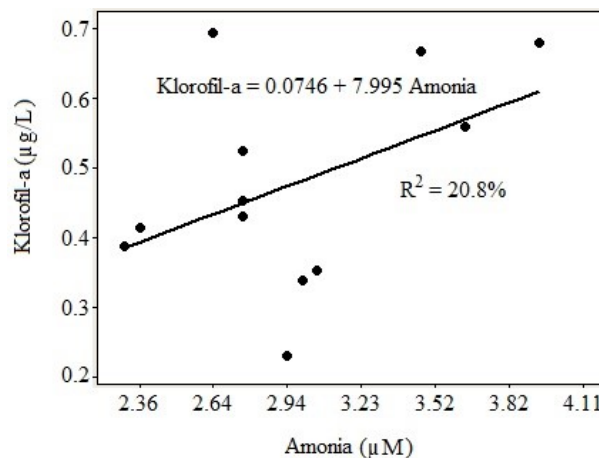
Walaupun demikian, konsentrasi amonia yang mengarah ke luar teluk atau pantai yang berhadapan dengan laut lepas ini tetap menyokong ketersediaan klorofil-a. Hal ini ditunjukkan adanya hubungan positif dengan klorofil-a (Gambar 3). Hal yang sama terjadi pula di perairan lainnya di Indonesia seperti perairan luar Teluk Wondama (Alianto *et al.*, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa

keberadaan klorofil-a di perairan terutama luar teluk sangat bergantung pada ketersediaan amonia. Selain itu, hubungan seperti ini menunjukkan pula bahwa sumber klorofil-a di perairan sebagian berasal dari kelompok fitoplankton yang jumlah jenisnya tidak terbanyak di perairan. Fenomena ini seperti terjadi di perairan luar Teluk Wondama yang menunjukkan hubungan positif antara amonia dengan fitoplankton dominan yang berasal dari kelompok fitoplankton yang jumlah jenisnya tidak terbanyak di perairan (Alianto *et al.*, 2018).

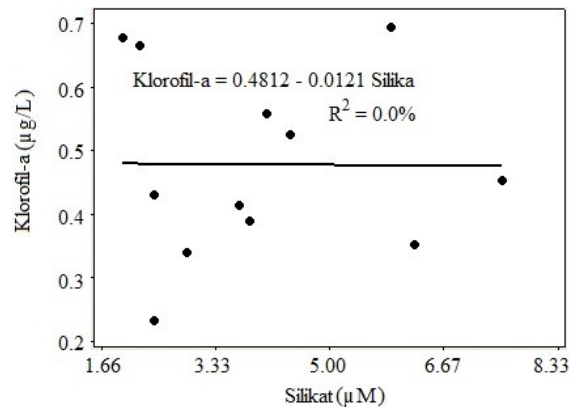
Hal di atas sejalan dengan hasil penelitian lainnya yang menunjukkan kelimpahan fitoplankton tertinggi di perairan Teluk Doreri berasal dari kelompok fitoplankton yang jumlah jenisnya tidak terbanyak di perairan (Atururi, 2014). Hubungan seperti ini menunjukkan pula bahwa kelompok fitoplankton yang jumlah jenisnya tidak terbanyak di perairan sangat bergantung pada amonia. Hal ini diperjelas dengan adanya hubungan negatif antara

Tabel 2. Konsentrasi amonia dan silikat di perairan Teluk Doreri

Stasiun	Konsentrasi (µM)							
	Amonia				Silika			
	Rata-rata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
4	2.35	0.00	2.35	2.94	5.66	1.83	3.66	7.50
8	2.94	0.58	2.35	4.11	2.66	1.00	2.00	3.83
9	2.94	0.00	2.94	3.52	3.00	0.83	2.50	4.16
10	2.35	0.00	2.94	2.94	4.33	1.83	2.50	6.33



Gambar 3. Hubungan klorofil-a dengan amonia di perairan Teluk Doreri



Gambar 4. Hubungan klorofil-a dengan silikat di perairan Teluk Doreri

klorofil-a dengan silikat di perairan Teluk Doreri (Gambar 4). Hubungan yang sama terjadi pula pada perairan lainnya diantaranya luar Teluk Wondama (Alianto et al., 2018) dan pesisir Sulawesi Selatan seperti muara Sungai Tallo, Maros dan Pangkep (Lukman et al., 2014).

KESIMPULAN

Status blooming fitoplankton ditunjukkan konsentrasi klorofil-a pada stasiun-stasiun di pantai sekitar muara sungai yang alirannya melewati pemukiman padat penduduk dan tengah yang tidak berhadapan dengan laut lepas di bagian dalam Teluk Doreri dengan kategori tergolong tinggi. Konsentrasi klorofil-a pada stasiun-stasiun di perairan pantai yang mengarah ke luar teluk atau sebagian besar mendapat pengaruh laut atau berhadapan dengan laut lepas dengan kategori tergolong sedang. Hubungan konsentrasi klorofil-a dengan amonia dan silikat secara berturut-turut menunjukkan hubungan positif dan negatif.

DAFTAR PUSTAKA

Alianto, Hendri, & Suhaemi. 2018. Kelimpahan dan kelompok fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 10(3):683-697. doi: 10.29244/jitkt.v10i3.19561

Alianto, Saleh, F.I.E., Hendri, Suhaemi, Gaite, T., Awak, N.V. & Rumbewas, H.S.R. 2016. Sebaran klorofil-a di daerah fishing

ground ikan pelagis besar perairan kepala burung Pulau Papua. Prosiding seminar nasional tahunan XIII hasil penelitian perikanan dan kelautan. Jilid II Manajemen Sumberdaya Perikanan, Universitas Gadjah Mada. pp: PI-11

APHA (American Public Health Association). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. APHA, AWWA (American Water Works Association), and WPCF (Water Pollution Control Federation), Washington.

Blondeau-Patissier, D., Gower, J.F.R., Dekker, A.G., Phinn, S.R. & Brando, V.E., 2014. A review of ocean color remote sensing methods and statistical techniques for the detection, mapping and analysis of phytoplankton blooms in coastal and open oceans. *Prog. Oceanogr.* 123(4): 123-144. doi:10.1016/j.pocean.2013.12.008

Buzanic, M., Gladan, Z.N., Marasovic, I., Kuspilic, G. & Grbec, B. 2016. Eutrophication influence on phytoplankton community composition in three bays on the eastern Adriatic coast. *Oceanologia*. 58(4): 302-316. doi: 10.1016/j.oceano.2016.05.003

Chai, C., Jiang, T., Cen, J., Ge, W. & Lu, S. 2016. Phytoplankton pigments and functional community structure in relation to environmental factors in the Pearl River Estuary. *Oceanologia*. 58(3): 201-211. doi: 10.1016/j.oceano.2016.03.001

Chakraborty, S. & Feudel, U. 2014. Harmful algal blooms: combining excitability and competition. *Theo. Ecol.* 7(1): 221-237

- Glibert, P.M., Wilkerson, F.P., Dugdale, R.C., Raven, J.A., Dupont, C.L., Leavitt, P.R., Parker, A.E., Burkholder, J.M. & Kana, T.M. 2016. Pluses and minuses of ammonium and nitrate uptake and assimilation by phytoplankton and implications for productivity and community composition, with emphasis on nitrogen-enriched conditions. *Limnol. Oceanogr.* 61(1): 165-197. doi: /10.1002/lno.10203
- Guinder, V.A., López-Abbate, M.C., Berasategui, A.A., Negrin, V.L., Zapperi, G., Pratolongo, P. D., Fernández S.M.D. & Popovich, C.A. 2015. Influence of the winter phytoplankton bloom on the settled material in a temperate shallow estuary. *Oceanologia.* 57(1):50-60. doi: 10.1016/j.oceano.2014.10.002
- Han, D.O. & Takahashi, M.M. 2000. Chlorophyll-a biomass of netplankton in surface waters of the Northern North Pacific Ocean and the adjacent seas from summer to autumn. *J. Oceanogr.* 56(2):213-222
- Hidayah, G., Wulandari, S.Y. & Zainuri, M. 2016. Studi sebaran klorofil-a secara horisontal di perairan Sungai Silugonggo Kecamatan Batangan, Pati. *Buletin Oseanografi Marina.* 5(1):52-59. doi: 10.14710/buloma.v5i1.11296
- Hourany, R.L., Fadela, A., Gemayelb, E., Saabb, E.A. & Faour, G. 2017. Spatio-temporal variability of the phytoplankton biomass in the Levantine basin between 2002 and 2015 using MODIS products. *Oceanologia.* 59(2): 153-165. doi: 10.1016/j.oceano.2016.12.002
- Lukman, M., Nasir, A., Amri, K., Tambaru, R., Hatta, M., Nurfadilah, & Rahmat, J.N. 2014. Silikat terlarut di perairan pesisir Sulawesi Selatan. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis.* 6(2): 461-478
- Lorenzen, C.J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12(2): 343-346
- Maslukah, L., Wulandari, S.L. & Prasetyawan, I.B. 2017. Konsentrasi klorofil-a dan keterkaitannya dengan nutrient N, P di perairan Jepara: studi perbandingan perairan muara Sungai Wisu dan Serang. *J. Kel. Trop.,* 20(2):72-77. doi: 10.14710/jkt.v20i2.1697
- Nincevic G.Ž., Bužancic, M., Kušpilic, G., Grbec, B., Matijevic, S., Skejic, S., Marasovic, I. & Morovic, M. 2015. The response of phytoplankton community to anthropogenic pressure gradient in the coastal waters of the eastern Adriatic Sea. *Ecol. Indic.* 56(10):106-115. doi: 10.1016/j.ecolind.2015.03.018
- Prayitno, H.B. & Afdal. 2019. Spatial distributions of nutrients and chlorophyll-a: a possible occurrence of phosphorus as a eutrophication determinant of the Jakarta Bay. *J. Ilmu Teknolog. Kel. Trop.,* 11(1):1-12. doi: 10.29244/jitkt.v11i1.21971
- Prihatin, A., Setyono, P. & Sunarto. 2018. Sebaran klorofil-a, nitrat, fosfat dan plankton sebagai indikator kesuburan ekosistem di mangrove Tapak Tugurejo Semarang. *J. Ilmu Lingkungan.,* 16(1): 68-77. doi: 10.14710/jil.16.1.68-77
- Rimet, F. & Bouchez, A. 2012. Biomonitoring river diatoms: implications of taxonomic resolution. *Ecol. Indic.,* 15(1): 92-99
- Rozema, P.D., Venables, H. J., Van de Poll, W. H., Clarke, A., Meredith, M. P. & Buma, A. G. J. 2017. Interannual variability in phytoplankton biomass and species composition in northern Marguerite Bay (West Antarctic Peninsula) is governed by both winter sea ice cover and summer stratification. *Limnol. Oceanogr.,* 62(1): 235-252. doi: 10.1002/lno.10391
- Szymczak-Zylaa, M., Magdalena K., Aleksandra W., Agata Z., Gijis D.B. & Grazyna K. 2017. Tracking trends in eutrophication based on pigments in recent coastal sediments. *Oceanologia,* 59 (1):1-17 doi:10.1016/j.oceano.2016.08.003
- Szymczak-Zylaa, M., Kowalewska, G. & Louda, J.W., 2011. Chlorophyll-a and derivatives in recent sediments as indicators of productivity and depositional conditions. *Mar. Chem.,* 125(1-4):39-48. doi: 10.1016/j.marchem.2011.02.002
- Thoha, H. & Rachman, A. 2013. Kelimpahan dan distribusi spasial komunitas plankton di perairan Kepulauan Banggai. *J. Ilmu Teknolog. Kel. Trop.,* 5(1):145-161
- Woodland, R.J., Thomson, J.R., Nally, R.M., Evrard, V., Wary, F.Y., Walker, J.P. & Cook, P.L.M. 2015. Nitrogen loads explain primary productivity in estuaries at the ecosystem scale. *Limnol. Oceanogr.,* 60(5):1751-1762. doi: 10.1002/lno.10136