

Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan di Teluk Meulaboh Aceh Barat

(The Horizontal Distribution Chlorophyll-a Fitoplankton as Indicator of the Tropic State in Waters of Meulaboh Bay, West Aceh)

Neneng Marlian¹, Ario Damar², Hefni Effendi²

(Diterima Juli 2015/Disetujui November 2015)

ABSTRAK

Penelitian sebaran horizontal klorofil-a fitoplankton sebagai indikator tingkat kesuburan dilaksanakan pada bulan Mei–Juli 2014 di perairan Teluk Meulaboh. Lokasi pengambilan sampel di setiap titik sampling pengamatan dilakukan secara *purposive sampling* yang dibagi atas 10 stasiun penelitian yang terdiri dari perairan sungai, muara sungai, perairan tengah teluk, sampai ke perairan terluar teluk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sebaran horizontal klorofil-a fitoplankton sebagai indikator tingkat kesuburan di perairan serta menganalisis hubungan antara ketersediaan unsur hara N dan P terhadap klorofil-a fitoplankton. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pola distribusi horizontal klorofil-a fitoplankton didominasi perairan dekat dengan daratan, seperti sungai, mulut sungai, dan pinggiran teluk, kemudian secara bertahap sedikit menurun ke arah tengah teluk dan lebih rendah lagi ke arah terluar teluk. Tinggi dan rendahnya klorofil-a disebabkan oleh pengaruh masukan nutrisi N dan P di perairan Teluk Meulaboh. Status tingkat kesuburan berdasarkan kandungan klorofil-a tergolong ke dalam kondisi mesotrofik.

Kata kunci: horizontal, klorofil-a fitoplankton, mesotrofik, sebaran, tingkat kesuburan

ABSTRACT

The research on horizontal distribution chlorophyll-a fitoplankton as indicator the tropic state in waters of Meulaboh Bay conducted on Mei–July 2014 in Meulaboh Bay. Sampling was done using the method of purposive sampling at 10 sites, which consist of river, mouth river, bay waters, and middle of bay to outer of bay. The purpose of this research is to analyse horizontal distribution of chlorophyll-a fitoplankton as the tropic state indicator in the waters and to analyse relationship between chlorophyll-a fitoplankton with nutrients availability N and P. The result showed that the horizontal distribution pattern of chlorophyll-a fitoplankton dominated by the waters near to terrestrial land, likes river, mouth river, and edge of bay, afterward its gradually slightly decrease in the middle of bay and lower in outer of bay. High or low of chlorophyll-a was due to the influence of nutrient load N and P in the waters of Meulaboh Bay. The tropic states based on abundance chlorophyll-a fitoplankton was categorised in the mesotrophic condition.

Keywords: chlorophyll-a fitoplankton, distribution, horizontal, mesotrophic, tropic state

PENDAHULUAN

Klorofil-a merupakan pigmen aktif yang sangat penting dalam proses fotosintesis dan pembentukan bahan organik di perairan. Keberadaannya di dalam sel fitoplankton sangat menentukan kelangsungan rantai makanan dalam suatu ekosistem. Dewasa ini kandungan klorofil-a telah lama digunakan sebagai metode mengukur biomassa fitoplankton untuk menduga berbagai bentuk kualitas di suatu perairan. Gupta 2014 mengatakan bahwa kandungan klorofil-a

dalam suatu perairan dapat digunakan sebagai indikator tingkat kesuburan perairan, sebagai indikator ukuran kualitas perairan, yaitu sebagai petunjuk ketersediaan nutrisi di perairan (Trevor *et al.* 1998), serta sebagai indikator terjadinya eutrofikasi di suatu perairan (Bricker *et al.* 1999).

Boyer *et al.* (2009) menambahkan bahwa klorofil-a telah digunakan sebagai indikator terhadap kualitas perairan, karena klorofil-a merupakan indikator biomassa fitoplankton, di mana kandungannya menggambarkan secara menyeluruh efek dari berbagai faktor yang terjadi karena aktivitas manusia. Maka klorofil-a secara menyeluruh diduga dapat dijadikan sebagai indikator antara lain: 1) Indikator yang relevan yang dapat menggambarkan ekosistem teluk di Florida; 2) Sensitif terhadap pengendali ekosistem (stressor, khususnya masukan nutrisi); 3) indikator untuk monitor perairan; dan 4) Secara ilmiah dapat dipertahankan.

¹ Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Perairan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

² Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

* Penulis Korespondensi:

E-mail: mar_lian0784@yahoo.co.id

Hakanson & Bryann (2008), telah membagi empat tingkatan status trofik atau tingkat kesuburan perairan pesisir dan estuaria yang terdiri dari oligotropik, mesotropik, eutropik, dan hipertropik. Kriteria pembagian kondisi perairan didasarkan pada kandungan klorofil-a adalah sebagai berikut: perairan dengan konsentrasi klorofil-a <2 ug/l dikategorikan ke dalam perairan oligotropik, perairan dengan konsentrasi klorofil-a 2–6 ug/l dikategorikan ke dalam perairan mesotropik, perairan dengan kandungan klorofil-a 6–20 ug/l dikategorikan ke dalam perairan eutropik dan perairan dengan kandungan klorofil-a >20 dikategorikan ke dalam perairan hipertropik.

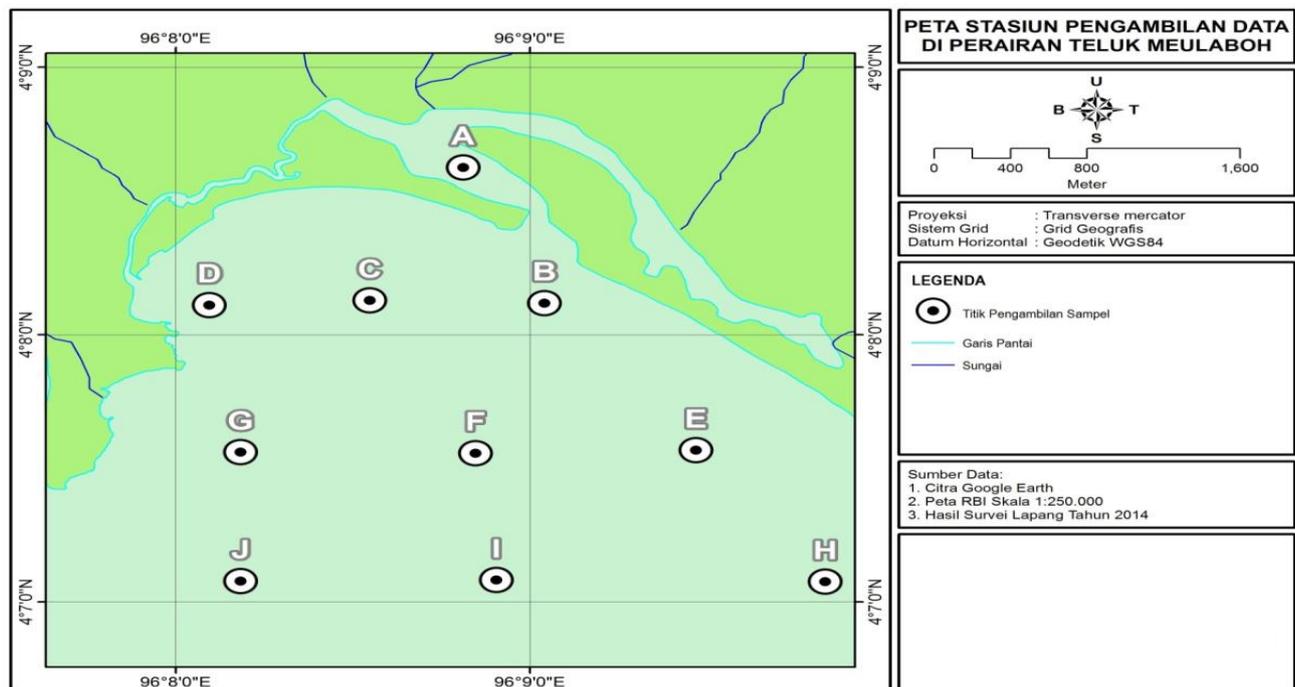
Penelitian mengenai analisis distribusi horizontal klorofil-a di perairan Teluk Meulaboh menjadi penting untuk dikaji, disebabkan karena Teluk Meulaboh menerima beban nutrisi secara masif yang berasal dari kegiatan pertanian dan pembuangan limbah domestik maupun limbah industri. Masukan nutrisi dari daratan tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung memiliki korelasi yang sangat kuat terhadap kehidupan biota perairan terutama klorofil-a fitoplankton sebagai indikator tingkat kesuburan perairan. Akan tetapi peningkatan nutrisi yang terus menerus dalam jangka waktu panjang akan mengakibatkan eutrofikasi dan memperburuk kualitas perairan teluk, ditambah lagi belum adanya penelitian mengenai status tingkat kesuburan di perairan Teluk Meulaboh akan dapat mempersulit penanganan penanggulangan pencemaran nutrisi penyebab eutrofikasi dan pengelolaan perairan yang berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi horizontal klorofil-a fitoplankton sebagai indikator tingkat kesuburan perairan, serta menganalisis hubungan klorofil-a dengan ketersediaan unsur hara N dan P di perairan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Teluk Meulaboh yang meliputi seluruh bagian wilayah perairan Teluk Meulaboh. Penentuan lokasi pengambilan sampel di setiap titik *sampling* pengamatan dilakukan secara *purposing sampling*. Hal ini didasarkan pada kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada kawasan perairan Teluk Meulaboh, di mana stasiun pengamatan terdiri dari daerah perairan sungai, muara sungai, dan perairan tengah teluk sampai ke perairan terluar dari teluk yang jauh dari pantai. Agar mendapatkan gambaran tentang kandungan klorofil-a fitoplankton dan kondisi kualitas air di perairan Teluk Meulaboh. Maka lokasi pengambilan sampel dibagi atas 10 titik *sampling* yang dianggap dapat mewakili kondisi lingkungan penelitian (Gambar 1).

Pengukuran sampel kandungan klorofil-a dilakukan pada bulan Mei–Juli 2014 yang dimulai dari pukul 07.00–14.00 WIB, sebanyak tiga kali ulangan dalam rentang waktu selama satu bulan pada jam dan urutan stasiun yang sama. Adapun bahan dan alat yang digunakan adalah aseton 90%, botol sampel ukuran 1000 ml, Van dorn, Lux meter, spektrofotometer, dan GPS.

Sampel air laut yang mengandung klorofil-a diambil dengan menggunakan Van dorn ukuran volume 3000 ml di setiap titik *sampling* pada kedalaman 1 m dari perahu yang digunakan, selanjutnya dimasukkan ke dalam botol sampel yang dibungkus dengan kertas aluminium foil dan ditambahkan larutan $MgCO_3$ sebagai pengawet sebanyak ± 10 tetes. Sampel air sebanyak 1000 ml sampel, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman GF/C (diameter 47 mm; ukuran pori 1,2



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian.

µm). Kemudian kertas saring yang telah mengandung fitoplankton dibungkus dengan kertas timah dan diberi label. Apabila analisis ini tidak dilanjutkan maka kertas saring yang telah mengandung fitoplankton yang mengandung klorofil-a fitoplankton disimpan dalam lemari pendingin pada suhu -20 °C. Selanjutnya kertas saring yang mengandung klorofil-a dimasukan ke dalam tabung dan ditambahkan 10 ml aseton 90%. Digerus sampai hancur dan disimpan dalam lemari pendingin selama 30 menit disentrifuse dengan kecepatan 2000 rpm selama 20 menit. Cairan bening hasil sentrifuse dituangkan ke dalam kuvet dan diukur kandungan klorofilnya melalui absorbansi dengan spektrofotometer SHIMADZU UV- 160A pada panjang gelombang 750 dan 663 nm. Kemudian diberi HCl 0,1 N dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 750 dan 663 nm. Kandungan klorofil-a yang diekstraksi kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan menurut Lorenzen (1967).

Gambaran mengenai kandungan klorofil-a di perairan Teluk Meulaboh disajikan dalam pola sebaran secara horizontal konsentrasi klorofil-a dengan menggunakan perangkat lunak SURFER *version* 10 yang selanjutnya dideskripsikan. Data pola sebaran horizontal konsentrasi klorofil-a secara visual dapat memberikan gambaran yang informatif terhadap sebaran/distribusi horizontal klorofil-a di permukaan Perairan Teluk Meulaboh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teluk Meulaboh merupakan perairan pesisir yang terletak di kawasan pesisir pantai barat yang berbatasan dengan Samudra Hindia. Adapun secara geografis teluk ini terletak di titik koordinat 04° 08'.167"–04° 07'.798" LU dan 096° 07'.883"–096° 08'.020" BT. Secara administratif Teluk Meulaboh (Teluk Pasi Karam) nama lain dari Teluk Meulaboh di abad 16, terletak di Kecamatan Johan Pahlawan, Kota Meulaboh yang diapit oleh dua Kabupaten. Di mana di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Aceh Jaya dan di sebelah timur dengan Kabupaten Nagan Raya. Adapun batas-batas

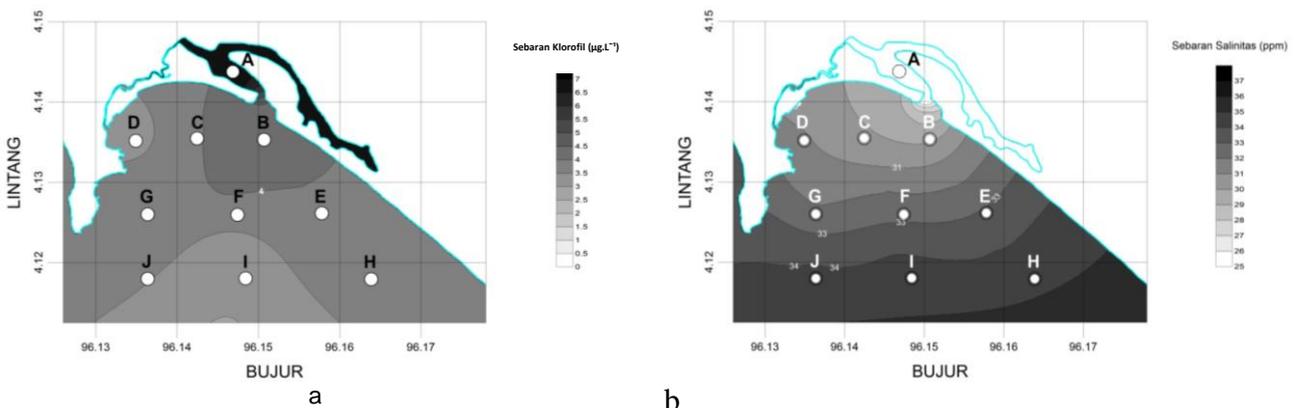
Teluk Meulaboh meliputi: batas barat: Desa Ujung Karang/Pantai Ujung Karang, batas timur: Pantai Lam Naga, Kecamatan Meureubo, batas utara: Desa Padang Serahet/pemukiman nelayan, dan batas selatan: Perairan Laut Indonesia.

Teluk Meulaboh adalah perairan yang bersifat semi tertutup. Dengan sifatnya yang semi tertutup (relatif terbuka) menyebabkan Teluk Meulaboh mempunyai bentuk seperti tapal kuda atau setengah lingkaran. Teluk ini Memiliki beberapa sungai yang bermuara, diantaranya Sungai Jembatan Besi yang berada di Kecamatan Johan Pahlawan, Kota Meulaboh dan sungai dari Kecamatan Meureubo. Sebagai perairan teluk yang relatif bersifat terbuka, Teluk Meulaboh sangat dipengaruhi oleh pergerakan pasang surut air laut. Tipe pasang surut termasuk dalam kategori semidiurnal. Hal ini menunjukkan kondisi pasang dan surut dua kali sehari dengan ketinggian yang berbeda-beda. Pada tinggi pasang tertinggi dan surut terendah pertama adalah 0,7 dan 0,1 m, sedangkan kisaran pasang tertinggi dan surut terendah kedua adalah 0,5 dan 0,2 m.

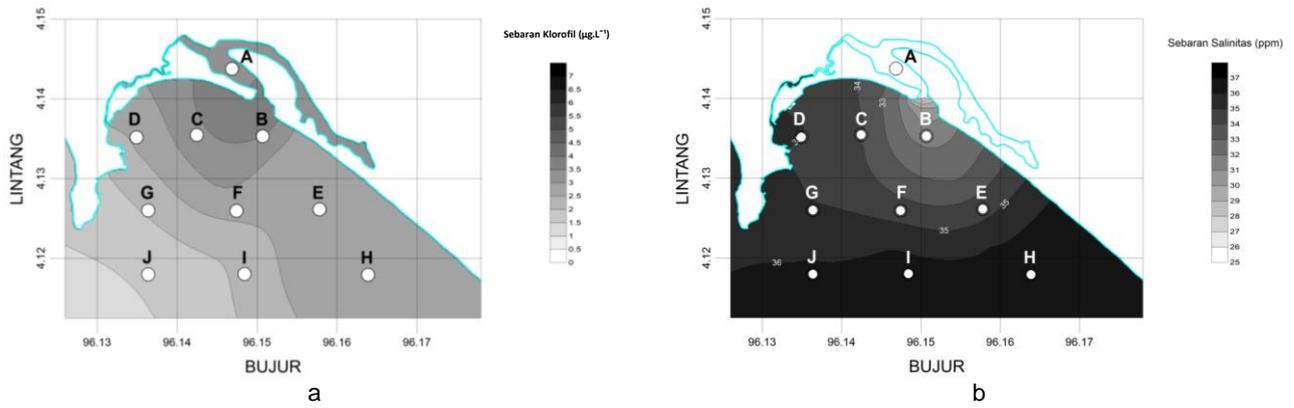
Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton

Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografis suatu perairan (Mann & Lazier 1991). Sebaran spasial horizontal klorofil-a di permukaan perairan Teluk Meulaboh menunjukkan variasi pada masing-masing stasiun pengamatan. Sebaran horizontal klorofil-a setiap bulannya ditampilkan melalui gambar pola sebaran klorofil-a pada Gambar 2a, 3a, dan 4a. Adapun pola sebaran nilai salinitas di perairan Teluk Meulaboh ditampilkan melalui gambar kontur permukaan sebaran salinitas pada Gambar 2b, 3b, dan 4b. Sehingga didapatkan gambaran pola hubungan antara sebaran salinitas dengan sebaran klorofil-a di perairan Teluk Meulaboh.

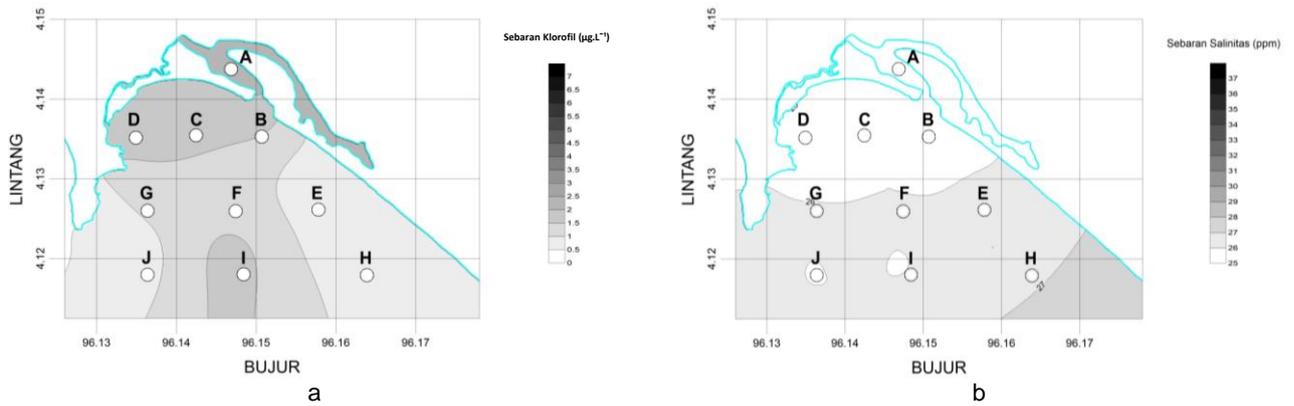
Sebaran horizontal klorofil-a pada pengamatan pertama di bulan Mei 2011 pada setiap stasiun penelitian berkisar antara 3,165–6,953 µg/L. Variasi sebaran spasial horizontal klorofil-a memusat (dominan) pada tiga titik lokasi, seperti stasiun A yang



Gambar 2 Kontur permukaan sebaran klorofil-a (µg/l) secara horizontal (a) dan sebaran nilai salinitas (b) di permukaan perairan Teluk Meulaboh pada bulan Mei 2014.



Gambar 3 Kontur permukaan sebaran klorofil-a ($\mu\text{g/l}$) secara horizontal (a) dan sebaran nilai salinitas (b) di permukaan perairan Teluk Meulaboh pada bulan Juni 2014.



Gambar 4 Kontur permukaan sebaran klorofil-a ($\mu\text{g/l}$) secara horizontal (a) dan sebaran nilai salinitas (b) di permukaan perairan Teluk Meulaboh pada bulan Juli 2014.

merupakan perwakilan dari perairan tawar atau sungai, stasiun B yang terletak di muara sungai, dan stasiun C yang terletak di sekitar perairan pinggir teluk. Kandungan klorofil-a di stasiun A sebesar 6,953 $\mu\text{g/L}$, stasiun B sebesar 4,188 $\mu\text{g/L}$, dan stasiun C sebesar 3,981 $\mu\text{g/L}$ (Gambar 2a dan Tabel 1). Selanjutnya secara gradual sebaran horizontal klorofil-a pada pengamatan ini mulai berkurang ke arah perairan tengah teluk yang terdapat di stasiun E, F, dan G (4,015, 4,015, dan 3,811 $\mu\text{g/L}$) dan semakin melemah sebarannya ke arah terluar teluk, yaitu pada stasiun H, I, dan J (4,015, 3,165, dan 3,608 $\mu\text{g/L}$) (Gambar 2a dan Tabel 1).

Pada penelitian ini perairan-perairan yang dekat dengan daratan (sungai, muara, dan pinggir teluk) memiliki kandungan unsur hara tinggi yang diikuti pula dengan tingginya sebaran horizontal klorofil-a, dan perairan yang jauh dari daratan (tengah teluk dan terluar dari teluk) terlihat memiliki kandungan unsur hara rendah yang diikuti juga dengan rendahnya sebaran horizontal klorofil-a (Tabel 2). Unsur hara tersebut berasal dari daratan atau *run off*, sehingga memberikan kontribusi yang sangat penting terhadap kesuburan perairan terutama terhadap biomassa fitoplankton (klorofil-a) di perairan teluk. Di mana kandungan nitrat dan ortofosfat pada masing-masing stasiun pengamatan berturut-turut, stasiun A sebesar (0,113 dan 0,693 mg/L), stasiun B sebesar (0,069 dan 0,01 mg/L), dan stasiun C sebesar (0,156 dan 0,01

mg/L). Damar (2003) mengemukakan bahwa di perairan Teluk Jakarta biomassa fitoplankton (klorofil-a) lebih tinggi konsentrasinya di perairan pantai dan pesisir, serta rendah di perairan lepas pantai. Tingginya sebaran horizontal klorofil-a di perairan pantai dan pesisir disebabkan karena adanya suplai nutrisi melalui perairan sungai dalam jumlah besar yang berasal dari daratan (*run off*), sedangkan rendahnya sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan lepas pantai karena tidak adanya suplai nutrisi dari daratan secara langsung.

Pada Gambar 2b terlihat pola sebaran salinitas mengikuti pola sebaran klorofil-a yang berbanding terbalik, dengan rata-rata sebaran salinitas yang relatif rendah pada stasiun-stasiun yang memiliki kandungan klorofil-a yang tinggi (Gambar 2b dan Tabel 1). Berdasarkan analisis korelasi Pearson, diperoleh korelasi negatif dengan keeratan yang sangat kuat sebesar -0,959 pada taraf α 0,05. Yang berarti bahwa semakin tinggi nilai salinitas maka akan menurunkan nilai konsentrasi klorofil-a di perairan teluk. Dengan pola sebaran spasial horizontal klorofil-a yang terlihat secara gradual semakin dominan ke arah perairan yang dekat dengan daratan dan melemah ke arah terluar teluk yang terletak jauh dari pantai.

Sebaran horizontal klorofil-a pada pengamatan kedua di bulan Juni 2011 terlihat lebih bervariasi. Dengan rata-rata kandungan klorofil-a yang diperoleh

Tabel 1 Nilai kandungan klorofil-a $\mu\text{g/l}$ fitoplankton dan nilai salinitas (‰) pada masing-masing pengamatan

Stasiun	Kandungan klorofil-a ($\mu\text{g/l}$) dan nilai salinitas (‰)					
	Pengamatan I		Pengamatan II		Pengamatan III	
A	6,953	3	3,338	4	2,452	0
B	4,188	28	3,812	30	1,698	15
C	3,981	29	3,465	33	1,698	18
D	3,337	30	2,582	34	1,702	20
E	4,015	31	2,517	32	0,880	25
F	4,015	31	2,991	33	1,228	25
G	3,811	31	2,172	34	1,163	25
H	4,015	33	2,926	35	0,818	25
I	3,165	33	2,111	35	1,634	25
J	3,608	33	1,637	35	0,815	25

Tabel 2 Rata-rata unsur hara (amonia, nitrat, nitrit, dan ortofosfat)

Stasiun	Rata-rata unsur hara (mg/l)			
	Amonia	Nitrit	Nitrat	Ortofosfat
A	0,190	0,045	0,280	0,293
B	0,098	0,010	0,286	0,007
C	0,140	0,010	0,186	0,007
D	0,139	0,010	0,099	0,007
E	0,093	0,008	0,076	0,006
F	0,095	0,008	0,102	0,005
G	0,084	0,008	0,112	0,004
H	0,096	0,009	0,065	0,006
I	0,115	0,008	0,076	0,005
J	0,084	0,008	0,075	0,004

selama penelitian berkisar antara 1,637–3,812 $\mu\text{g/L}$. Pada gambar kontur permukaan sebaran horizontal klorofil-a ditemukan sebaran spasial horizontal klorofil-a yang memusat (dominan) di tiga lokasi, yaitu di sekitar muara sungai yang berada di stasiun B, di sekitar perairan pinggir teluk yang berada di stasiun C dan di sekitar perairan sungai yang berada di stasiun A. Kandungan klorofil-a pada ketiga stasiun tersebut sebesar 3,812, 3,465, dan 3,338 $\mu\text{g/L}$. (Gambar 3a dan Tabel 1). Kemudian secara gradual sebaran klorofil-a fitoplankton bergerak sedikit berkurang ke arah perairan teluk, yaitu di depan muara sekitar pesisir teluk yang berada di stasiun D (2,582 $\mu\text{g/L}$). Semakin melemah sebarannya ke arah perairan tengah teluk, yaitu pada stasiun E, F, dan G (2,517, 2,991, dan 2,172 $\mu\text{g/L}$) sampai ke arah perairan terluar dari teluk, yaitu stasiun H, I, dan J (2,926, 2,111, dan 1,637 $\mu\text{g/L}$) (Gambar 3a dan Tabel 1).

Besarnya sebaran horizontal klorofil-a pada perairan muara dan sungai merupakan hal yang umum terjadi mengingat perairan muara dan sungai merupakan perairan yang paling banyak mengandung unsur hara. Hal tersebut diperkuat dengan tingginya kandungan unsur hara baik nitrat maupun ortofosfat yang relatif tinggi di kedua perairan ini, sehingga memengaruhi tingginya sebaran horizontal klorofil-a pada kedua stasiun tersebut. Kandungan nitrat dan ortofosfat pada masing-masing stasiun berturut-turut stasiun B (0,646 dan 0,018 mg/L), stasiun C sebesar

(0,170 dan 0,016 mg/L), dan stasiun A (0,339 dan 0,082 mg/L). Selain adanya masukan dari daratan, daerah mulut muara dan sungai umumnya relatif dangkal, yang memungkinkan terjadinya pengadukan massa air di seluruh lapisan perairan, sehingga menyebabkan peningkatan kadar unsur hara di lapisan permukaan perairan. Keadaan demikian memungkinkan untuk biomassa fitoplankton berkembang lebih cepat dan subur. Rasyid (2009) menjelaskan bahwa sirkulasi massa air dan pencampuran massa air akan dapat memengaruhi produktivitas (kandungan klorofil-a) suatu perairan. Tingginya produktivitas primer (kandungan klorofil-a) suatu perairan akan berhubungan dengan daerah asal di mana massa air diperoleh. Sama halnya seperti yang terdapat dipengamatan pertama pada Gambar 3b, terlihat bahwa pola sebaran salinitas cenderung berbanding terbalik dengan pola sebaran klorofil-a, dengan rata-rata sebaran salinitas yang relatif rendah pada stasiun A. Berdasarkan analisis korelasi Pearson, diperoleh korelasi negatif dengan keeratan yang lemah sebesar -0,413 pada taraf α 0,05. Dengan pola sebaran spasial horizontal klorofil-a yang juga terlihat semakin dominan ke arah perairan yang dekat dengan daratan dan bertahap semakin melemah ke arah terluar teluk yang terletak jauh dari pantai.

Sebaran horizontal klorofil-a pada pengamatan ketiga di bulan Juli 2011 pada setiap stasiun penelitian berkisar antara 0,815–2,452 $\mu\text{g/L}$. Pola sebaran horizontal klorofil-a yang terbentuk pada pengamatan ketiga di bulan Juli relatif hampir seragam, namun memiliki nilai sebaran klorofil-a terendah dibandingkan nilai sebaran klorofil-a di bulan pertama dan kedua. Walaupun demikian pada gambar kontur permukaan sebaran horizontal klorofil-a terlihat bahwa masih terdapat pemusatan sebaran spasial klorofil-a yang cenderung mengarah ke wilayah perairan sungai, muara, pinggir teluk, dan pesisir teluk yang terdapat pada stasiun A, B, C, dan D (Gambar 4a) serta diikuti dengan rata-rata sebaran salinitas yang juga lebih rendah di stasiun-stasiun tersebut. Kandungan klorofil-a pada masing-masing stasiun tersebut berturut-turut sebesar 2,452, 1,698, 1,698, dan 1,702 $\mu\text{g/L}$. Pada pengamatan ketiga ini pola sebaran horizontal klorofil-a di perairan tengah teluk sampai ke perairan terluar dari teluk relatif hampir seragam, namun tetap masih terlihat kecenderungan melemahnya sebaran horizontal klorofil-a pada titik-titik lokasi tersebut, yaitu mulai dari stasiun E, F, dan G (0,880, 1,228, dan 1,163 $\mu\text{g/L}$) yang mewakili perairan tengah teluk dan stasiun H, I, dan J yang mewakili perairan terluar teluk (0,818, 1,634, dan 0,815 mg/L).

Tingginya sebaran horizontal klorofil-a pada perairan sungai, muara, dan pinggir teluk diikuti dengan tingginya kandungan unsur hara nitrat dan ortofosfat di zona perairan tersebut, seperti halnya pada stasiun A yang memiliki rata-rata total DIN (amonia, nitrat, dan nitrit) dan ortofosfat paling tinggi dibandingkan stasiun lainnya yang diikuti pula dengan

tingginya kandungan klorofil-a, tersedianya kadar unsur hara yang tinggi dimanfaatkan fitoplankton untuk pertumbuhan sehingga memengaruhi tingginya biomassa fitoplankton (klorofil-a) di perairan tersebut. Kandungan nitrat dan ortofosfat pada masing-masing stasiun berturut-turut stasiun A (0,387 dan 0,104 mg/L), stasiun B (0,143 dan 0,001 mg/L), stasiun C (0,231 dan 0,003 mg/L), dan stasiun D (0,204 dan 0,004 mg/L) (Tabel 2). Hasil penelitian Riley dalam Raymont (1983) menunjukkan adanya efek peningkatan kadar zat hara yang sangat menguntungkan di sekitar Southampton, Inggris. Namun demikian hasil penelitian Jamshidi dan Bakar (2011) pengkayaan nutrisi berlebihan yang masuk ke perairan laut dari aktivitas manusia, pertanian, industri, dan limbah perkotaan mengancam lingkungan perairan di Laut Caspia.

Pola sebaran salinitas (Gambar 4b) memperlihatkan hubungan yang berkebalikan dengan pola sebaran klorofil-a. Pola hubungan sebaran salinitas dengan klorofil-a pada pengamatan ketiga relatif sama dengan pola hubungan sebaran salinitas dan klorofil-a pada pengamatan pertama dan kedua, di mana perairan dengan salinitas rendah memiliki kandungan klorofil-a yang tinggi. Berdasarkan analisis korelasi Pearson, diperoleh korelasi negatif dengan keeratan yang kuat sebesar $-0,859$ pada taraf $\alpha 0,05$. Dengan pola sebaran spasial horizontal klorofil-a yang cenderung dominan ke arah perairan yang dekat dengan daratan dan cenderung bergerak melemah ke arah terluar teluk yang jauh dari pantai.

Dari seluruh pengamatan secara spasial sebaran horizontal klorofil-a di permukaan perairan Teluk Meulaboh memperlihatkan pola semakin dominan (terpusat) pada wilayah perairan tawar yang cenderung memiliki salinitas rendah seperti sungai, muara sungai, dan pinggiran teluk. Namun secara bertahap mengalami pengurangan ke arah dalam teluk (tengah teluk) dan semakin melemah ke arah terluar teluk yang terletak jauh dari pantai dengan rata-rata salinitas yang tinggi.

Terdapat hubungan yang sangat erat antara sebaran salinitas terhadap sebaran horizontal klorofil-a fitoplankton, di mana rata-rata semakin rendah sebaran nilai salinitas maka akan semakin tinggi sebaran horizontal klorofil-a fitoplankton (Pearson $r = -0,921$ pada taraf $\alpha 0,05$). Kondisi tersebut disebabkan karena adanya perbedaan variasi salinitas di perairan teluk, di mana variasi salinitas tersebut berkaitan erat dengan pengaruh pengenceran air tawar yang masuk ke perairan laut melalui sungai yang membawa unsur hara ke perairan laut. Perairan tawar sendiri sangat dipengaruhi oleh massa air dari daratan yang mengandung nutrisi tinggi, sehingga dapat dipergunakan oleh fitoplankton untuk pembentukan klorofil-a. Oleh karena itu, perairan-perairan yang memiliki salinitas rendah seperti sungai memiliki sebaran horizontal klorofil-a yang dominan, namun sebaliknya perairan yang memiliki salinitas tinggi seperti perairan dalam teluk dan terluar teluk justru

memiliki sebaran horizontal klorofil-a yang secara bertahap terus melemah/berkurang.

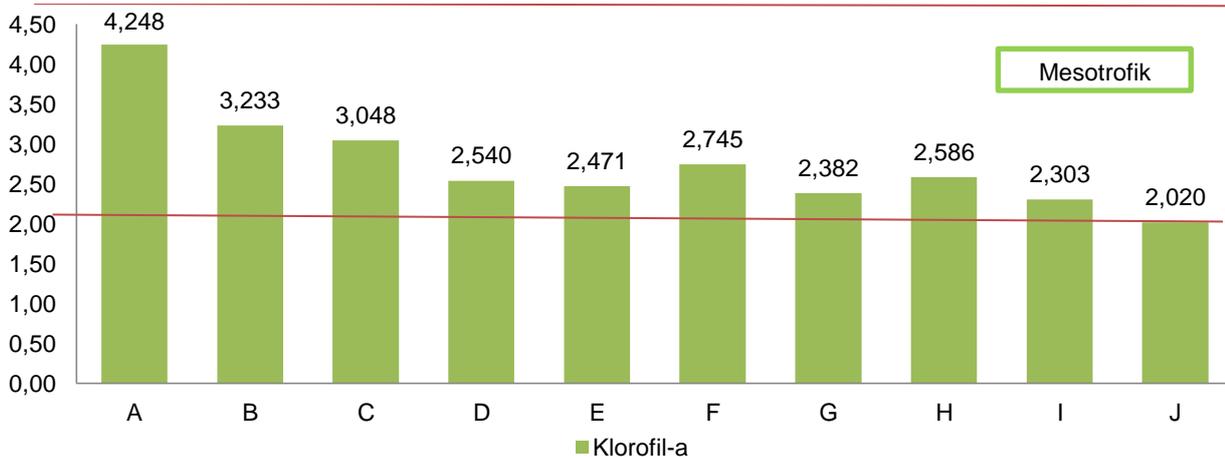
Hal ini dapat dilihat dari ketersediaan unsur hara (amonia, nitrit, nitrat, dan ortofosfat) yang sangat berhubungan erat secara linier dengan tinggi-rendahnya penyebaran horizontal klorofil-a berturut-turut (Pearson $r = 0,786$, $r = 0,870$, $r = 0,853$, dan $r = 0,834$ pada taraf $\alpha 0,05$). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan unsur hara yang tinggi akan diikuti pula dengan tingginya sebaran horizontal klorofil-a di permukaan perairan (Boynton *et al.* 1996 dan Hoyer *et al.* 2002). Unsur hara merupakan senyawa anorganik esensial yang sangat penting bagi nutrisi sel dan transfer energi bagi percepatan pertumbuhan biomassa fitoplankton (klorofil-a). Dalam penelitian ini unsur hara yang diperoleh masih sesuai dengan baku mutu lingkungan (belum tercemar) berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 (Tabel 2). Sehingga nilai unsur hara yang masuk ke perairan Teluk Meulaboh masih dalam batas yang sesuai bagi lingkungan perairan dan organisme perairan khususnya fitoplankton sebagai organisme renik yang memanfaatkan unsur hara anorganik secara langsung. Sejalan dengan Nielsen *et al.* (2002) mengemukakan terdapat hubungan yang kuat antara salinitas dan konsentrasi nitrogen dan fosfor, di mana limpasan (*run off*) dari daratan memberikan kontribusi yang nyata terhadap besarnya unsur hara di estuari. Sehingga tingginya unsur hara menyebabkan tingginya biomassa fitoplankton (klorofil-a).

Tingkat Kesuburan Perairan

Tingkat kesuburan perairan Teluk Meulaboh secara spasial berdasarkan kandungan klorofil-a yang diperoleh selama penelitian berada pada kisaran 2–6 $\mu\text{g/L}$, yaitu tergolong ke dalam perairan yang bersifat mesotrofik (kesuburan sedang) yang merata di seluruh stasiun penelitian, baik dari perairan sungai, muara, pesisir, tengah teluk, sampai ke perairan terluar dari teluk yang terletak jauh dari pantai (Gambar 5). Tingkat kesuburan perairan Teluk Meulaboh secara spasial lebih tinggi apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Faizal *et al.* (2011) di kepulauan Spermonde Sulawesi Selatan secara spasial berada pada kondisi oligotrofik.

Dalam penelitian ini tingkat kesuburan di perairan Teluk Meulaboh menunjukkan kondisi mesotrofik (sedang). Walaupun ketersediaan unsur hara nitrat dan fosfat berada dalam kadar berbeda-beda yang masuk ke dalam perairan teluk. Akan tetapi, tingkat kesuburan berdasarkan kandungan klorofil-a menurut Hakanson & Bryann (2008) terkategori dalam kondisi mesotrofik merata di seluruh stasiun penelitian. Fenomena ini diduga terjadi karena perairan teluk merupakan perairan estuari yang memiliki karakter yang sangat kompleks yang berbeda dengan perairan lainnya seperti perairan danau.

Perairan estuari adalah perairan yang bersifat dinamis, di mana hubungan antara *input* (dalam hal ini



Gambar 5 Tingkat kesuburan perairan teluk meulaboh.

masukannya) dan respons yang ditimbulkan adalah berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa beban masukan (*input*) yang besar belum tentu menyebabkan *symtom* eutrofikasi. Seperti yang terjadi pada estuari Teluk Chesapeake dan Teluk San Fransisco yang memberikan respons yang berbeda terhadap *symtom* eutrofikasi walaupun beban masukannya sama. Perbedaan respons gejala eutrofikasi bukan hanya terjadi antara satu teluk dengan teluk lainnya. Namun perbedaan gejala eutrofikasi juga bisa saja berbeda ataupun sama antara satu stasiun dengan stasiun lainnya yang berada dalam teluk yang sama. Hal ini terjadi karena pada masing-masing perairan tersebut memiliki hidrodinamika fisika, kimia, dan biologi yang memengaruhi tingkat kesuburan pada masing-masing perairan tersebut.

Begitu juga halnya yang terjadi di perairan Teluk Meulaboh, walaupun memiliki kandungan unsur hara nitrat dan ortofosfat yang relatif rendah, namun unsur hara tersebut telah dimanfaatkan secara optimal oleh klorofil-a fitoplankton untuk pertumbuhan dan perkembangan selnya. Sehingga rata-rata secara keseluruhan unsur hara tersebut memberikan kontribusi yang besar terhadap tingkat kesuburan perairan Teluk Meulaboh. Selain itu, faktor cahaya matahari, perbedaan pasang surut, waktu tinggal air, dan pemangsaan juga sangat memengaruhi tingkat kesuburan perairan teluk. Sejalan dengan Damar (2003) bahwa tingginya nilai nutrisi dan produktivitas biomassa fitoplankton, menunjukkan adanya kemampuan secara alami dari lingkungan perairan laut yang menyerap efek dari pengayaan nutrisi dari daratan. Hal ini merupakan kombinasi/gabungan secara umum dari siklus hidrologi dan faktor biologi, seperti massa tinggal air, ketersediaan cahaya, dan keberadaan dari grazer yang memainkan peranan penting dalam mengontrol respons terhadap pengayaan nutrisi. Cloern (2001) menambahkan bahwa perairan estuari merupakan perairan yang kompleks, kompleksitas perairan estuari disebabkan karena perairan estuari bersifat dinamis. Kompleksitas pada perairan estuari disebut sebagai *filter*. Faktor (*filter*) tersebut diantaranya adalah adanya perbedaan pasang surut, waktu tinggal air, cahaya matahari, dan pemangsaan.

Faktor-faktor tersebut akan memengaruhi respons secara langsung terhadap biomassa fitoplankton (klorofil-a) di perairan estuari.

KESIMPULAN

Pola penyebaran (distribusi) horizontal klorofil-a didominasi pada perairan yang berada dekat dengan daratan seperti sungai, muara, dan pinggir-pinggir teluk, kemudian secara bertahap pola penyebaran klorofil-a berkurang ke arah dalam teluk (tengah teluk) dan semakin rendah ke arah terluar teluk yang jauh dari pantai. Tinggi dan rendahnya sebaran klorofil-a disebabkan karena pengaruh masukan nutrisi (amonias, nitrat, nitrit, dan ortofosfat). Berdasarkan kandungan klorofil-a fitoplankton maka diperoleh rata-rata tingkat kesuburan perairan Teluk Meulaboh yang tergolong ke dalam kondisi mesotrofik di seluruh stasiun penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyer JN, Kelbe CR, Ortner PB, Rudnick DT. 2009. Phytoplankton Bloom Status: Chlorophyll-a Biomass as an Indicator of Water Quality Condition in the Southern Estuaries of Florida, USA. *Ecological Indicators*. 9(6): S56–S67. <http://doi.org/d5qv3k>
- Boynton WR, Murray L, Hagy JD, Stokes C, Kemp WM. 1996. A Comparative Analysis of Eutrophication Pattern in Temperate Coastal Lagoons. *Estuaries*. 19(2): 408–421. <http://doi.org/dgv884>
- Bricker SB, CG Clement, DE Prihalla, Orlando SP, Farrow DRG. 1999. *Effect of nutrient enrichment in the nation's estuaries. Nasional Estuaries Eutrophication Assessment*. NOAA (US): Department of Commerce. 84 pp.
- Cloern JE. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine ecology*

- Progress Series*. 210: 223–253. <http://doi.org/d8pq93>
- Damar A. 2003. Effects of Enrichment on Nutrient Dynamics, Phytoplankton Dynamics and Productivity in Indonesian Tropical Water: A Comparison Between Jakarta Bay, Lampung Bay and Semangka Bay. [Disertation]. Kiel (DE): Cristian Albert University.
- Faizal A, Jompa J, Nessa N, Rani C. 2011. Dinamika spasio-temporal tingkat kesuburan perairan di Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan. Makasar (ID): Universitas Hasanudin.
- Gupta M. 2014. A New Tropic State Index For Lagoons. *Journal of Ecosystem*. 8 Pages.
- Hakanson L, Bryann AC. 2008. *Eutrophication in the Baltic Sea Present Situation, Nutrien Transport Processes, Remedial Strategies*. Heidelberg (DE): Springer-Verlag GmbH. <http://doi.org/brwrm9>
- Hoyer MV, Frazer TK, Notestein SK, Canfield JrDE. 2002. Clarity relationships in Florida's Nearshore Coastal Water with Comparisons to Freswater Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 59: 1024–1031. <http://doi.org/fbdjmf>
- Jamshidi S, Bakar NBA. 2011. A Study on Distribution of Clorophyll-a in Coastal Waters of Anzali Port, South Caspian Sea. *Ocean Science Discussions*. 8: 435–451. <http://doi.org/dsbx8b>
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Lorenzen CJ. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrofotometric equation. *Limnology and Oceanography*. 12(2): 343–346. <http://doi.org/d6ts6t>
- Nielsen SL, Sand-Jensen K, Borum J, Geertz-Hansen O. 2002. Phytoplankton, nutrient and transparency in Danish Coastal water. *Estuaries*. 25: 930–937. <http://doi.org/d93t94>
- Mann KH, Lazier JRN. 1991. *Dynamics of Marine Ecosystems*. Oxford (GB): Blackwell Scientific Publication.
- Rasyid A. 2009. Distribusi klorofil-a pada musim peralihan barat-timur di Perairan Spermonde Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains & Teknologi*. 9(2): 125–132.
- Raymont GE. 1983. Plankton dan Produktivitas Bahari. Diterjemahkan oleh: Koesoebiono. Institut Pertanian Bogor. Bogor (ID).
- Trevor W, Edward B, Burke H. 1998. *Environmental indicators for national state of the environment reporting Estuaries and the Sea, Australia: State of the Environment (Environmental Indicator Reports)*. Canberra (AU): Departement of the Environment.