

Kepadatan Plankton Serta Kaitannya Dengan Beberapa Parameter Lingkungan Perairan Di Zona Intertidal

Wisnu Wardhana, Adi Basukriadi

Departemen Biologi FMIPA-UI, Kampus UI Depok 16424
wisnu-97@makara.cso.ui.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan analisis sampel plankton yang dicuplik dari 14 stasiun di perairan Marunda, Jakarta Utara pada bulan Agustus dan Oktober 1999. Untuk mengetahui hubungan antara parameter kimia-fisika perairan dengan kepadatan plankton dan parameter kimia-fisika perairan apa saja yang mempengaruhi kepadatan plankton dilakukan analisis regresi berganda. Kepadatan rerata fitoplankton bulan Oktober 1999 mengalami penurunan 10,17% dan zooplankton herbivora mengalami kenaikan 5% jika dibandingkan dengan bulan Agustus 1999. Penurunan kepadatan fitoplankton diduga akibat curah hujan yang tinggi pada bulan Oktober 1999 di perairan Marunda. Kisaran kepadatan plankton bulan Agustus-Oktober 1999 relatif stabil, kecuali kepadatan zooplankton herbivora pada bulan Oktober 1999. Kepadatan fitoplankton dan zooplankton herbivora di perairan Marunda pada bulan Agustus-Oktober 1999 dipengaruhi oleh CO₂ dan temperatur air masing-masing sebesar 50,1% dan 55,7%. Hubungan antara parameter perairan dengan kepadatan fitoplankton dan zooplankton herbivora masing-masing adalah: Fito. = 13,914 + 0.013 CO₂ - 0.324 Temperatur dan Zoo. = 8,535 + 0.011 CO₂ - 0.162 Temperatur.

Kata kunci: plankton; regresi linier; parameter lingkungan; intertidal

1. PENDAHULUAN

Plankton merupakan salah satu komponen penting di ekosistem perairan yang kelimpahannya sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan perairan seperti fisika, kimia, dan biologi. Faktor-faktor tersebut saling terkait satu sama lain secara kompleks dalam menentukan kelimpahan plankton. Dari sekian banyak faktor lingkungan perairan, belum jelas diketahui faktor apa saja yang paling mempengaruhi kelimpahan plankton di suatu ekosistem perairan.

Zona intertidal merupakan suatu daerah perairan dengan luas terbatas tetapi memiliki variasi nilai parameter lingkungan perairan yang sangat besar. Daerah seperti ini umumnya terdapat di sepanjang pantai yang landai atau muara sungai dengan perbedaan pasang dan surut air laut yang besar. Variasi nilai faktor lingkungan yang besar di zona intertidal dapat terjadi pada jarak dan waktu dengan kisaran yang sempit. Umumnya lokasi yang memiliki variasi parameter lingkungan yang besar tersebut hanya terjadi pada jarak beberapa meter saja serta pada waktu yang relatif singkat antara waktu pasang dan surut air laut. Berdasarkan hasil pencuplikan plankton dan pengukuran beberapa faktor fisika-kimia di zona intertidal akan dapat dikaji hubungan antara

parameter lingkungan perairan dengan kelimpahan/kepadatan plankton. Apabila hubungan tersebut dapat dikembangkan menjadi model matematis akan dapat digunakan dalam memprediksi *blooming* plankton di suatu perairan.

Distribusi dan kelimpahan plankton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan perairan seperti intensitas cahaya matahari, salinitas, suhu, turbiditas, unsur hara, arus, dan gelombang [1; 2]. Di samping itu, distribusi plankton dipengaruhi pula oleh angin, laju reproduksi, tingkah laku jenis dalam populasi, dan kompetisi di antara jenis [2]. Selain faktor-faktor tersebut, keberadaan plankton dalam suatu perairan juga dipengaruhi oleh musim, siklus reproduksi, dan predator.

Intensitas dan spektrum cahaya matahari dapat merupakan faktor pembatas terhadap pertumbuhan dan proses fotosintesis fitoplankton yang secara tidak langsung berpengaruh pula terhadap produktivitas perairan [3]. Pada umumnya fitoplankton melakukan fotosintesis pada spektrum dan panjang gelombang tertentu. Proses fotosintesis tentunya juga sangat dipengaruhi oleh kekeruhan air yang dapat menghambat cahaya matahari menembus perairan sampai pada kedalaman tertentu. Di laut yang jernih cahaya matahari mampu menembus sampai kedalaman

140 m, umumnya kedalaman optimum fitoplankton melakukan fotosintesis berkisar antara 5-20 m [1]. Selain itu cahaya matahari juga berperan dalam pemanasan perairan, penglihatan organisme perairan, migrasi vertikal harian zooplankton, dan dapat menyebabkan kematian beberapa jenis organisme perairan tertentu.

Salinitas mungkin berpengaruh terhadap fungsi dan struktur organ organisme melalui perubahan tekanan osmotik, proporsi bahan terlarut; koefisien absorpsi dan kejenuhan kelarutan gas; densitas; dan viskositas [4]. Salinitas juga berpengaruh terhadap keanekaragaman dan jumlah jenis organisme di perairan yang mencapai maksimum di perairan samudera. Selain itu salinitas juga berpengaruh terhadap migrasi vertikal zooplankton dan diduga berpengaruh pula terhadap distribusi serta komposisi jenis fitoplankton [5].

Temperatur merupakan salah satu faktor penting bagi kehidupan di perairan. Kenaikan temperatur sebesar 10°C akan mempercepat proses metabolisme sebesar 2-3 kali lipat. Di samping itu temperatur juga berpengaruh terhadap aktivitas gerak, pertumbuhan, dan serangkaian proses fisiologis organisme perairan dengan kisaran yang berbeda-beda serta dapat merubah struktur komposisi fitoplankton.

Nitrogen dan fosfor merupakan unsur hara penting bagi pertumbuhan fitoplankton. Selain untuk pertumbuhan, menurut Prowse tahun 1962, kandungan fosfor dalam perairan juga dapat mengubah populasi fitoplankton [6]. Di perairan, kedua unsur tersebut masing-masing dijumpai dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) dan fosfat (PO_4^{3-}). Makin kaya suatu perairan akan nitrat dan fosfat akan makin subur perairan tersebut. Suatu perairan yang subur akan memiliki kelimpahan plankton, terutama fitoplankton yang tinggi.

Arus merupakan faktor fisika perairan yang banyak berpengaruh terhadap distribusi dan kelimpahan plankton. Perbedaan antara arus di lapisan dasar dengan di permukaan dapat menyebabkan plankton menyebar tidak merata. Selain itu, arus dalam kaitannya dengan *upwelling* dapat menyuburkan perairan yang pada akhirnya akan memacu pertumbuhan fitoplankton dengan cepat. Arus yang bergerak ke permukaan akan membawa zat hara yang terakumulasi di dasar perairan.

Gas terlarut dalam air yang berkaitan dengan proses metabolisme plankton terutama adalah karbon dioksida (CO_2) dan oksigen terlarut (O_2). Gas CO_2 terlarut mempunyai peranan penting dalam fotosintesis fitoplankton dan O_2 sangat diperlukan untuk proses respirasi. Pemasukkan CO_2 dan O_2 ke dalam perairan terjadi di permukaan air melalui pengadukan, sehingga kedua gas ini bukan merupakan faktor pembatas di zona intertidal. Derajat keasaman (pH) air laut sangat

dipengaruhi oleh konsentrasi CO_2 di perairan atau sebaliknya, yang pada akhirnya juga akan dapat mempengaruhi proses fotosintesis dan produktivitas perairan. Di perairan laut dengan pH 8 (normal) tidak akan banyak dijumpai CO_2 yang berikatan menjadi H_2CO_3 .

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara parameter kimia-fisika perairan dengan kepadatan plankton serta menentukan parameter (kimia-fisika) lingkungan perairan apa saja yang mempengaruhi kepadatan plankton melalui persamaan regresi berganda. Hubungan antara kepadatan plankton dengan parameter kimia-fisika perairan dapat dibuat persamaan matematisnya dan kemungkinan dapat dikembangkan menjadi suatu model. Model matematis tersebut tidak tertutup kemungkinannya untuk digunakan dalam menanggulangi *blooming* di suatu perairan tertutup melalui pengendalian faktor-faktor pemicunya. Hasil yang diperoleh juga tidak tertutup kemungkinannya untuk dipakai sebagai bahan studi bagi penelitian-penelitian sejenis.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

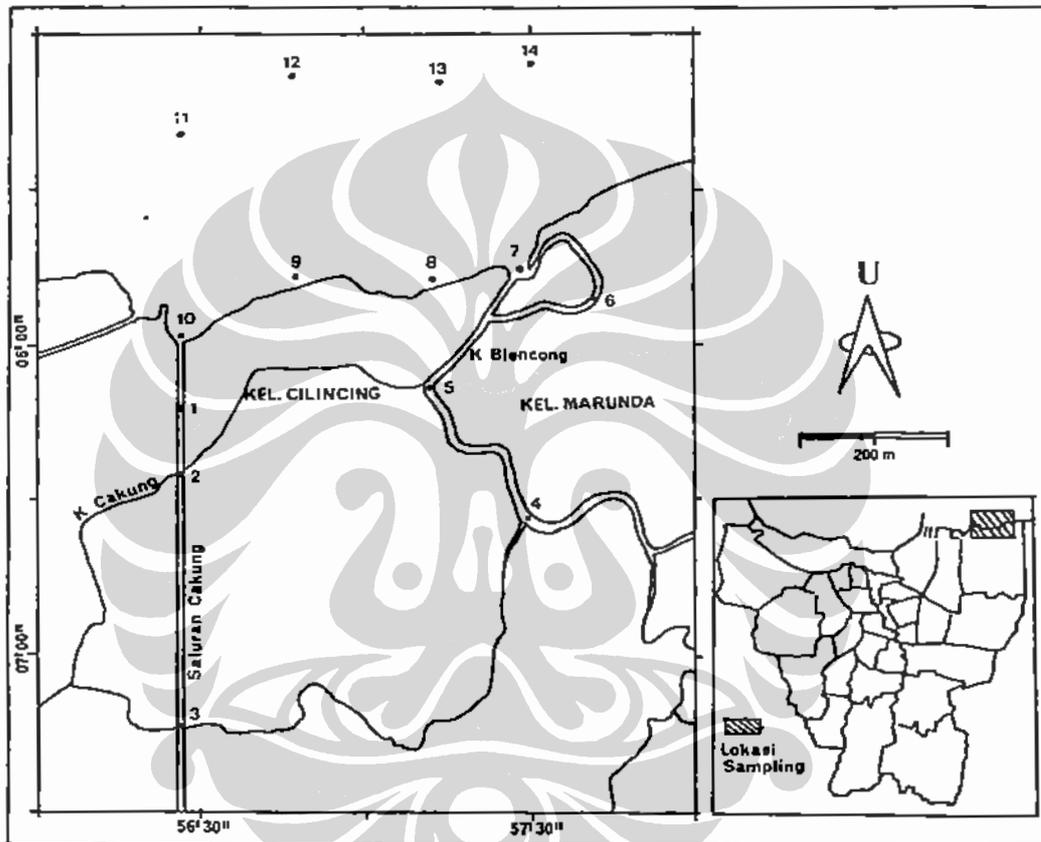
Peralatan yang digunakan merupakan peralatan umum untuk mencuplik dan mencacah plankton serta peralatan untuk mengukur parameter kimia-fisika perairan. Peralatan yang dimaksud terdiri atas: jala plankton, botol sampel, pipet tetes, pipet stempel 1 ml dan 2,5 ml, *inverted microscope*, *counter*, *Sedgwick's rafter cell*, gelas ukur, *becker glass*, DO-meter YSI 51B, pH-meter TOA HM-7B, turbidimeter Lamotte 2008, SCT meter YSI 33, dan buret tetes. Bahan berupa sampel plankton yang berasal dari perairan sekitar pantai Marunda, Jakarta Utara (gambar 1). Plankton dicuplik dari 14 stasiun yang berasal dari Saluran Cakung (3 stasiun), Kali Blencong (3 stasiun), muara dan pantai (4 stasiun), dan perairan laut (4 stasiun). Pencuplikan dilakukan dua kali pada bulan Agustus dan Oktober 1999. Bahan habis pakai yang dipergunakan terdiri atas *formaldehyde buffered* 40% dan etanol 96%.

2.2. Cara Kerja

Pencuplikan zooplankton dilakukan secara vertikal dari kedalaman tertentu. Fitoplankton dicuplik dengan cara mengendapkannya dalam satu liter air sampel pada jerican yang telah diberi *formaldehyde buffered*. Seluruh sampel yang diperoleh disimpan dalam botol sampel berlabel dan diawetkan dengan *formaldehyde buffered* 10%. Pengukuran parameter perairan dilakukan secara langsung di lapangan dan tidak

langsung di laboratorium. Temperatur air, salinitas, dan turbiditas diukur dengan SCT meter; O_2 terlarut (DO) dengan DO meter; pH dengan pH meter, dan CO_2 dengan titrasi. Kadar NO_3 dan PO_4 masing-masing diukur di laboratorium berdasarkan metode kolorimeter dengan spektrofotometer. Pencacahan plankton dilakukan dengan metode subsampel [7] di

bawah mikroskop dengan perbesaran 100-400 kali. Zooplankton dicacah di atas Sedgwick's *rafter cell* pada perbesaran 100 kali; sedangkan untuk jenis-jenis yang berukuran sangat kecil dicacah di atas kaca obyek pada perbesaran 400 kali.



Gbr 1. Lokasi pencuplikan plankton bulan Agustus dan Oktober 1999 di perairan Marunda, Jakarta Utara.

2.3. Analisis Data

Penyusunan data dilakukan dengan tabulasi untuk setiap kelompok plankton dan parameter perairan dari setiap stasiun yang telah ditetapkan dalam setiap kali ambil. Hubungan antara parameter perairan dengan kepadatan plankton dapat diketahui dengan melihat persamaan regresinya. Untuk mengetahui parameter perairan yang paling berpengaruh terhadap kepadatan plankton digunakan uji regresi berganda dengan metode *backward*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

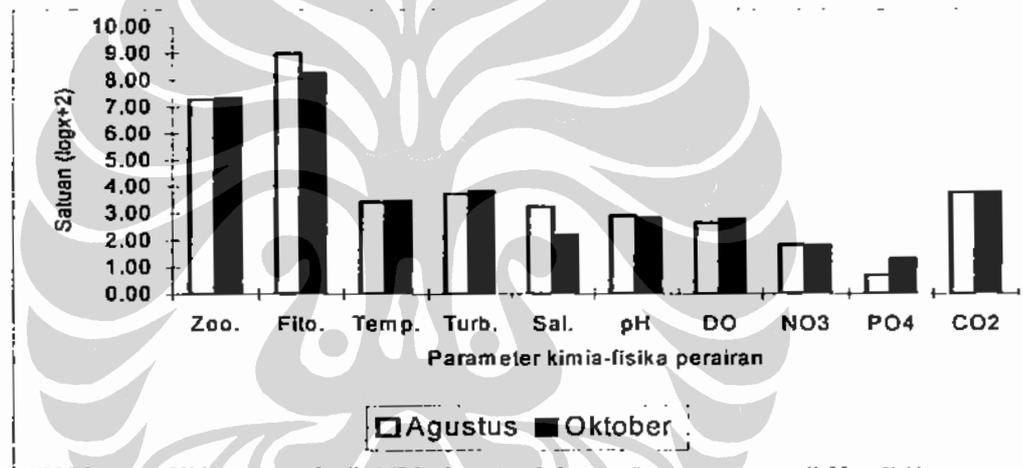
3.1. Kepadatan plankton

Kepadatan (\log plankter m^{-3}) fitoplankton dan zooplankton masing-masing berkisar antara 3,09-7,80 ($x = 6,98$) dan 3,70-7,9 ($x = 5,28$) pada bulan Agustus 1999 serta 3,45-7,07 ($x = 6,27$) dan 2,99-6,23 ($x = 5,33$) pada bulan Oktober 1999. Kisaran kepadatan plankton pada kedua bulan tersebut umumnya relatif stabil, kecuali untuk zooplankton herbivora pada bulan Oktober 1999. Jika dilihat nilai reratanya, kepadatan fitoplankton mengalami penurunan sebesar 10,17%

dan zooplankton herbivora mengalami kenaikan sebesar 5% pada bulan Oktober 1999. Keadaan tersebut diduga karena pada bulan Oktober terjadi perubahan parameter kimia-fisika perairan akibat curah hujan yang tinggi di sekitar lokasi penelitian. Sebenarnya nilai-nilai parameter kimia-fisika perairan pada bulan Agustus-Oktober tidak terlalu berfluktuasi seperti halnya pada musim barat dan timur. Bulan Agustus-Oktober merupakan awal musim pancaroba dengan fluktuasi nilai parameter kimia-fisika yang relatif kecil.

Dugaan bahwa rendahnya kepadatan fitoplankton pada bulan Oktober akibat curah hujan yang tinggi diperkuat dengan rendahnya nilai rerata salinitas pada bulan tersebut. Jika dibandingkan dengan bulan

Agustus, nilai rerata salinitas mengalami penurunan sebesar 91,07% akibat pengenceran oleh air hujan. Indikasi tersebut juga ditunjukkan oleh meningkatnya nilai rerata turbiditas, DO, dan PO_4 akibat pengadukan dan material yang terbawa arus air melalui sungai. Nilai kenaikan rerata dari kekeruhan, DO, dan PO_4 pada bulan Oktober masing-masing sebesar 27,10%, 31,70%, dan 308,16% (Gambar 2). Perubahan parameter kimia-fisika perairan akibat curah hujan juga dijumpai di perairan Teluk Jakarta. Di Teluk Jakarta pada tahun 1976 salinitas turun 28,21% pada musim hujan dan PO_4 naik 184,29% [8; 9]. Umumnya harga-harga kecerahan, suhu, dan salinitas turun sampai minimum pada musim hujan, sebaliknya NO_3 dan PO_4 akan mencapai harga maksimum.



Gbr 2. Diagram rerata kepadatan plankton dan nilai parameter kimia-fisika di perairan Marunda bulan Agustus dan Oktober 1999.

Tabel 1. Rerata kepadatan plankton dan parameter kimia-fisika di perairan Marunda

Parameter	Agustus '99 (n=13)	Oktober' 99 (n=14)	Rerata (n=27)
Zoo. herbivora ($\log \text{pl}/\text{m}^3$)	5.28	5.33	5,31 (2,99 - 6,23)
Fitoplankton ($\log \text{pl}/\text{m}^3$)	6.98	6.27	6,63 (3,09 - 7,80)
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	26.52	29.39	28,01 (24,3 - 31,4)
Turbiditas (NTU)	54.4	69.14	62,05 (8,00 - 197,00)
Salinitas (‰)	17.35	1.55	9,16 (0,21 - 25,90)
pH	8.16	6.85	7,48 (4,64 - 9,4)
DO (ppm)	4.29	5.65	5 (2,29 - 7,10)
NO_3 (ppm)	0.688	0.615	0,65 (0,001 - 3,30)
PO_4 (ppm)	0.049	0.20	0,127 (0,016 - 0,87)
CO_2 (ppm)	59.64	58.46	59,03 (9,8 - 184,0)

3.2. Hubungan antara parameter kimia-fisika perairan dengan kepadatan plankton

Hasil analisis regresi berganda dengan metode *backward* antara parameter kimia-fisika perairan dengan kepadatan plankton dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan analisis tersebut terdapat masing-masing 7 model persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan kepadatan fitoplankton zooplankton herbivora ($P < 0,05$). Ini berarti bahwa seluruh parameter kimia-fisika perairan yang dimasukkan sebagai variabel bebas signifikan berpengaruh terhadap kepadatan fitoplankton dan zooplankton herbivora. Namun demikian bila dilihat besaran probabilitas nilai "t" dari masing-masing variabelnya, tidak seluruh parameter kimia-fisika perairan dapat digunakan sebagai penentu kepadatan fitoplankton dan zooplankton herbivora. Hal ini terlihat pada model 1-6 baik fitoplankton maupun zooplankton herbivora. Kisaran probabilitas nilai "t" pada ke-6 model persamaan regresi untuk fitoplankton antara 0,002-0,986 dan 0,000-0,996 untuk ke-6 persamaan regresi zooplankton herbivora.

Bila ke dalam persamaan regresi tersebut dimasukkan 8 parameter kimia-fisika perairan yang diamati sebagai variabel bebas (model 1 pada tabel 2), akan terbentuk persamaan yang menyatakan hubungan antara parameter perairan dengan kepadatan (\log plankton m^{-3}) fitoplankton dan zooplankton herbivora masing-masing sebagai berikut: Fito. = $12.455 + 0.011 CO_2 - 0.127 DO + 0.001 Tur - 0.317 NO_3 + 0.004 pH - 0.457 PO_4 + 0.017 Sal - 0.243 Temp.$ dan Zoo. = $7.297 + 0.010 CO_2 + 0.014 DO + 0.001 Tur + 0.002 NO_3 + 0.087 pH + 0.137 PO_4 + 0.004 Sal - 0.137 Temp.$ Kedua model persamaan tersebut menunjukkan, bahwa pengaruh ke-8 parameter kimia-fisika perairan terhadap kepadatan plankton kurang kuat. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,392 untuk fitoplankton dan 0,438 untuk zooplankton herbivora. Dengan kata lain kepadatan plankton dapat dijelaskan oleh 8 parameter kimia-fisika perairan yang masing-masing sebesar 39,2% untuk fitoplankton dan 43,8% untuk zooplankton herbivora, sisanya sebesar 60,8% dan 56,2% ditentukan oleh faktor lain. Namun demikian bila dilihat dari hasil uji anavanya, seluruh parameter perairan signifikan berpengaruh terhadap kepadatan fitoplankton ($P = 0,022$) dan zooplankton herbivora ($P = 0,012$). Hasil tersebut sekaligus menunjukkan bahwa parameter kimia-fisika perairan yang terdiri atas: CO_2 , DO, turbiditas, NO_3 , pH air, PO_4 , salinitas, dan temperatur air saling berhubungan secara kompleks dalam mempengaruhi kepadatan fitoplankton dan zooplankton herbivora di suatu perairan.

Jika seluruh model persamaan regresi dilihat berdasarkan nilai R^2 -nya, maka model 6 (Fit = $11.192 + 0.013 CO_2 + 0.030 Sal - 0.236 Temp.$) untuk fitoplankton dan model 7 (Zoo = $8.555 + 0.011 CO_2 - 0.162 Temp.$) untuk zooplankton herbivora merupakan model persamaan terbaik untuk digunakan sebagai penduga kepadatan plankton. Kedua model tersebut masing-masing memiliki nilai R^2 sebesar 0,503 dan 0,557. Hal itu berarti bahwa 50,3% kepadatan fitoplankton dapat dijelaskan oleh CO_2 , salinitas, dan temperatur air. Ketiga parameter tersebut signifikan berpengaruh terhadap kepadatan fitoplankton ($P = 0,00$). Untuk kepadatan zooplankton herbivora 55,7% dapat dijelaskan oleh CO_2 dan temperatur air. Kedua parameter tersebut juga signifikan berpengaruh terhadap kepadatan zooplankton herbivora ($P = 0,00$). Sisanya, masing-masing sebesar 49,7% (fitoplankton) dan 44,3% (zooplankton) disebabkan oleh faktor lain diluar faktor-faktor yang telah disebutkan. Nilai-nilai tersebut masih jauh lebih baik dari nilai dua persamaan regresi dengan memasukkan ke-8 parameter kimia-fisika perairan, walaupun masih ada beberapa parameter perairan yang belum dapat dipergunakan sebagai penentu kepadatan fitoplankton dan zooplankton herbivora.

Secara keseluruhan tanpa melihat besarnya nilai R^2 , persamaan regresi terbaik untuk menentukan kepadatan fitoplankton adalah Fit = $13.914 + 0.013 CO_2 - 0.324 Temp.$ (model 7, P untuk masing-masing variabel bebas = 0,00) dan Zoo = $8.555 + 0.011 CO_2 - 0.162 Temp.$ (model 7, P untuk masing-masing variabel bebas kecuali salinitas < 0,05) untuk zooplankton herbivora. Berdasarkan model tersebut, parameter perairan yang paling berpengaruh terhadap kepadatan fitoplankton dan zooplankton herbivora adalah kadar CO_2 dan temperatur air ($P = 0,00$). Kedua parameter tersebut masing-masing dapat menentukan kepadatan fitoplankton dan zooplankton sebesar 50,1% dan 55,7%. Kedua persamaan regresi tersebut tentunya hanya berlaku bila parameter perairan memiliki kisaran seperti yang tercantum pada tabel 1.

Berdasarkan beberapa persamaan regresi yang terbentuk tampaknya parameter kimia-fisika perairan yang berpengaruh terhadap kepadatan fitoplankton dan zooplankton herbivora adalah CO_2 , salinitas, dan temperatur air. Ketiga parameter perairan tersebut merupakan parameter dengan kisaran yang besar di zona intertidal perairan Marunda. Akibatnya hanya jenis-jenis plankton tertentu saja yang dapat beradaptasi dengan ke-4 parameter tersebut pada kisaran yang luas. Di zona intertidal, salinitas sangat berfluktuasi selama 24 jam seiring dengan pola pasang surut. Temperatur air juga bervariasi pada siang dan

malam hari. Demikian pula dengan CO₂, variasinya justru jauh lebih besar daripada salinitas, dan temperatur air. Kadar CO₂ di perairan pasang surut sebenarnya lebih stabil, keadaannya sangat dipengaruhi oleh temperatur air, salinitas, aktivitas organisme, dan arus air.

Rerata kadar CO₂ di perairan Marunda bulan Agustus-Oktober 1999 relatif lebih tinggi (59,03 ppm) jika dibandingkan dengan di perairan terbuka (33-56 ppm) atau dalam air laut jenuh CO₂ (35,1 ppm). Tingginya kadar CO₂ di perairan Marunda diduga akibat respirasi organisme dan proses dekomposisi

mikroba yang tinggi di Saluran Cakung, Kali Blencong, dan muara. Selain itu pencampuran air laut dengan udara serta lepasnya CO₂ dari H₂CO₃ dalam air laut akibat ombak juga merupakan sumber CO₂ yang tinggi. Tingginya kadar CO₂ pada suhu 24,3-31,4°C diduga sebagai pemicu cepatnya proses fotosintesis fitoplankton yang pada akhirnya akan meningkatkan populasi fitoplankton. Kenaikan kepadatan zooplankton herbivora sebesar 5% pada bulan Oktober 1999 diduga akibat peningkatan kepadatan fitoplankton.

Tabel 2. Persamaan regresi berganda yang menyatakan hubungan antara parameter kimia-fisika dengan kepadatan plankton di perairan Marunda.

Mod	Persamaan Garis Regresi
A. FITOPLANKTON	
1	Fit = 12.456 + 0.011 CO ₂ - 0.127 DO + 0.001 Tur - 0.317 NO ₃ + 0.004 pH - 0.457 PO ₄ + 0.017 Sal - 0.243 Temp. R = 0.761; R ² = 0.392; F _{hit} = 3.097; F _{tab(8;18;0.1)} = 2.04, sig 0.022
2	Fit = 12.444 + 0.011 CO ₂ - 0.126 DO + 0.001 Tur - 0.314 NO ₃ - 0.453 PO ₄ + 0.016 Sal - 0.243 Temp. R = 0.761; R ² = 0.424; F _{hit} = 3.735; F _{tab(7;19;0.1)} = 2.06, sig 0.010
3	Fit = 12.326 + 0.012 CO ₂ - 0.123 DO - 0.248 NO ₃ - 0.413 PO ₄ + 0.016 Sal - 0.239 Temp. R = 0.760; R ² = 0.452; F _{hit} = 4.570; F _{tab(6;20;0.1)} = 2.09, sig 0.004
4	Fit = 11.928 + 0.012 CO ₂ - 0.113 DO - 0.238 NO ₃ + 0.023 Sal - 0.233 Temp. R = 0.758; R ² = 0.473; F _{hit} = 5.675; F _{tab(5;21;0.1)} = 2.14, sig 0.002
5	Fit = 12.139 + 0.012 CO ₂ - 0.194 NO ₃ + 0.026 Sal - 0.262 Temp. R = 0.753; R ² = 0.489; F _{hit} = 7.222; F _{tab(4;22;0.1)} = 2.19, sig 0.001
6	Fit = 11.192 + 0.013 CO ₂ + 0.030 Sal - 0.236 Temp. R = 0.749; R ² = 0.503; F _{hit} = 9.770; F _{tab(3;23;0.1)} = 2.34, sig 0.000
7	Fit = 13.914 + 0.013 CO ₂ - 0.324 Temp. R = 0.734; R ² = 0.501; F _{hit} = 14.030; F _{tab(2;24;0.1)} = 2.54, sig 0.000
B. ZOOPLANKTON HERBIVORA	
1	Zoo = 7.297 + 0.011 CO ₂ + 0.014 DO + 0.001 Tur + 0.002 NO ₃ + 0.087 pH + 0.137 PO ₄ + 0.004 Sal - 0.137 Temp. R = 0.782; R ² = 0.438; F _{hit} = 3.537; F _{tab(8;18;0.1)} = 2.04, sig 0.012
2	Zoo = 7.303 + 0.011 CO ₂ + 0.014 DO + 0.001 Tur + 0.087 pH + 0.136 PO ₄ + 0.004 Sal - 0.137 Temp. R = 0.782; R ² = 0.468; F _{hit} = 4.267; F _{tab(7;19;0.1)} = 2.06, sig 0.005
3	Zoo = 7.342 + 0.011 CO ₂ + 0.001 Tur + 0.089 pH + 0.145 PO ₄ + 0.004 Sal - 0.141 Temp. R = 0.782; R ² = 0.494; F _{hit} = 5.235; F _{tab(6;20;0.1)} = 2.09, sig 0.002
4	Zoo = 7.583 + 0.011 CO ₂ + 0.001 Tur + 0.1 pH + 0.117 PO ₄ - 0.151 Temp. R = 0.781; R ² = 0.518; F _{hit} = 6.583; F _{tab(5;21;0.1)} = 2.14, sig 0.001
5	Zoo = 7.610 + 0.011 CO ₂ + 0.001 Tur + 0.093 pH - 0.149 Temp. R = 0.781; R ² = 0.539; F _{hit} = 8.596; F _{tab(4;22;0.1)} = 2.22, sig 0.000
6	Zoo = 7.602 + 0.011 CO ₂ + 0.089 pH - 0.151 Temp. R = 0.788; R ² = 0.554; F _{hit} = 11.783; F _{tab(3;23;0.1)} = 2.34, sig 0.000
7	Zoo = 8.555 + 0.011 CO ₂ - 0.162 Temp. R = 0.769; R ² = 0.557; F _{hit} = 17.355; F _{tab(2;24;0.1)} = 2.54, sig 0.000

Catatan: Nilai R² adalah nilai yang sudah terstandarisasi

Temperatur air di perairan Marunda sebenarnya tidak terlalu ekstrim untuk pertumbuhan plankton, nilai reratanya pada bulan Agustus-Oktober 1999 hanya sebesar 28,01 °C. Diduga fluktuasi yang besar (24,3-31,4 °C) inilah yang mempengaruhi kepadatan plankton di perairan tersebut. Menurut Boney (1979), umumnya fitoplankton tumbuh baik pada temperatur optimalnya dengan kisaran 20-30 °C bergantung pada jenisnya. Untuk zooplankton, perbedaan temperatur diduga lebih berpengaruh melalui proses fungsi fisiologisnya. Kisaran temperatur yang dapat ditolerir oleh suatu organisme sangat berbeda tergantung pada jenis dan stadium tertentu dalam siklus hidup. Pada umumnya kisaran temperatur yang dapat ditolerir oleh organisme laut sangat kecil [10].

Perbedaan temperatur dalam kaitannya dengan salinitas akan mempengaruhi densitas yang juga akan mempengaruhi daya apung fitoplankton. Variasi musiman temperatur dan salinitas sangat mempengaruhi distribusi mendatar fitoplankton dan zooplankton [11]. Temperatur dan salinitas berpengaruh secara serentak proses fisiologis suatu organisme perairan [4].

Besarnya kisaran salinitas di perairan Marunda (0,21-25,90‰) tampaknya tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap kepadatan plankton. Untuk zooplankton herbivora walaupun ada, pengaruhnya sangat kecil ($P = 0,095$). Sebenarnya nilai salinitas yang sangat berfluktuasi akan menimbulkan dominansi jenis-jenis plankton tertentu saja karena mampu beradaptasi. Akibatnya kepadatan individu per jenis akan sangat tinggi. Selain itu, salinitas juga berpengaruh terhadap migrasi vertikal harian zooplankton dan diduga berpengaruh pula terhadap distribusi fitoplankton. Di Laut Jawa, kandungan diatom yang besar ($576.000 \text{ sel m}^{-3}$) hanya dijumpai pada perairan dengan salinitas rendah (30,5‰) [12]. Lance pada 1962 mengemukakan, bahwa migrasi *Acartia bifilosa* (Copepoda) akan terpengaruh bila terjadi perubahan salinitas dari 34‰ di lapisan dasar menjadi 20-24‰ di permukaan [2]. Perubahan salinitas juga dapat mempengaruhi komposisi jenis fitoplankton [5].

Di samping ketiga parameter perairan tersebut di atas, turbiditas juga turut mempengaruhi kepadatan zooplankton herbivora di perairan Marunda. Turbiditas mungkin berpengaruh secara tidak langsung terhadap kepadatan plankton oleh karena berkurangnya intensitas cahaya matahari. Di perairan Marunda kisaran turbiditas sebesar 8-197 NTU tidak berpengaruh nyata terhadap kepadatan fitoplankton. Diduga fitoplankton masih dapat melakukan fotosintesis dengan baik karena didukung oleh CO_2 , NO_3 , dan PO_4 yang tinggi dalam perairan. Di samping

itu proses fotosintesis fitoplankton di permukaan masih dapat berlangsung optimal pada kisaran intensitas cahaya matahari sebesar 50%.

Kebalikan dengan fitoplankton, turbiditas secara tidak langsung berpengaruh terhadap kepadatan zooplankton herbivora melalui pengurangan intensitas cahaya matahari ($P = 0,017$). Diduga intensitas cahaya matahari yang minim akan mempengaruhi proses penglihatan, migrasi vertikal harian, dan dapat menyebabkan kematian jenis-jenis organisme perairan tertentu. Menurut Stavn 1971 [2] intensitas cahaya di bawah $70 \text{ erg cm}^{-2} \text{ detik}^{-1}$ menyebabkan *Daphnia* tidak mampu untuk merespon gerakan air melalui indera penglihat. Orientasi di dalam gerakan air hanya efektif jika intensitas cahaya berada di atas harga minimumnya. Keadaan ini tercermin pada gerakan vertikal harian zooplankton, yang umumnya lebih banyak dijumpai di permukaan pada malam hari daripada siang hari [13]. Secara keseluruhan, kenaikan turbiditas sebesar 27,10% pada bulan Oktober 1999 di perairan Marunda menyebabkan turunnya kepadatan fitoplankton sebesar 11,30% dan zooplankton herbivora sebesar 18,02% jika dibandingkan dengan bulan Agustus 1999.

Berdasarkan bahasan terakhir, 4 parameter perairan (pH, DO, NO_3 , dan PO_4) dari 8 parameter perairan yang dimasukkan sebagai variabel bebas tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kepadatan plankton. Diduga pH, DO, NO_3 , dan PO_4 pada kisaran seperti yang tercantum pada tabel 1 bukan sebagai faktor pembatas terhadap pertumbuhan plankton di perairan Marunda pada bulan Agustus-Oktober 1999.

Oksigen terlarut dan pH masih dalam batas normal untuk pertumbuhan plankton, sedangkan NO_3 dan PO_4 baru akan menjadi penghambat bila kadarnya masing-masing dibawah 0,1 ppm dan 0,009 ppm. Harga tersebut barangkali tidak berlaku mutlak, bergantung pada perbandingan antara N (nitrogen) dan P (fosfor). Pertumbuhan fitoplankton di suatu perairan baru akan dibatasi oleh unsur N bila rasio $\text{N:P} \leq 7:1$, sebaliknya akan dibatasi oleh P bila rasio $\text{N:P} \geq 7:1$.

4. KESIMPULAN

Terjadi penurunan (-10,17%) kepadatan fitoplankton dan kenaikan (+5%) zooplankton herbivora pada bulan Oktober 1999 jika dibandingkan dengan bulan Agustus 1999. Rendahnya kepadatan fitoplankton pada bulan Oktober 1999 diduga akibat curah hujan yang tinggi. Dugaan tersebut diperkuat dengan penurunan kadar salinitas dan kenaikan kadar turbiditas, DO, dan PO_4 . Kepadatan fitoplankton di perairan Marunda bulan Agustus-Oktober 1999 50,1%

dipengaruhi oleh CO₂ dan temperatur air, sedangkan zooplankton herbivora 55,7% juga dipengaruhi oleh CO₂ dan temperatur air. Hubungan antara parameter kimia-fisika perairan dengan kepadatan plankton masing-masing sebagai berikut $Fit = 13,914 + 0.013 CO_2 - 0.324 Temp.$ dan $Zoo = 8.535 + 0.011 CO_2 - 0,162 temp.$

UCAPAN TERIMAKASIH

Penghargaan dan ungkapan terima kasih kami sampaikan kepada Jatna Supriatna, Ph.D., Drs. Sundowo Harminto, M.Sc. dan A.B. Sutomo, M.Sc. atas diskusi dan koreksi naskah. Ungkapan yang sama juga disampaikan kepada dan Dr. Suharsono atas asupan dalam penyusunan naskah.

DAFTAR ACUAN

- [1] Tai, R.V. 1981. *Elements of Marine Ecology*. 3rd ed. Butterworths Ltd., London.
- [2] Parsons, T.R., M. Takahashi, & B. Hargrave. 1977. *Biological Oceanographic Processes*. 2nd ed. Pergamon Press, Oxford.
- [3] Boney, A.D. 1979. *Phytoplankton*. Edward Arnold (Pub.) Ltd., London.
- [4] Kinne, O. 1964. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. II Salinity and temperature, salinity combination. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.* 2: 281-339.
- [5] Han, M.S., K. Furuya & T. Nemoto. 1989. Phytoplankton distribution in frontal region of Tokyo Bay, Japan in November 1985. *J. Oceanog. Soc. Japan* 45: 301-309
- [6] Wiadnyana, N.N. 1983. Distribusi zooplankton dan klorofil di perairan sekitar Pelabuhan Sunda Kelapa, Teluk Jakarta. *Karya Ilmiah*. Faperikan-IPB, Bogor.
- [7] Wickstead, J.H. 1965. *An Introduction to the Study of Tropical Plankton*. Hutchinson & Co. (Pub.) Ltd., London.
- [8] Praseno, D.P. & Q. Adnan. 1978. *Noctiluca miliaris* Suriray perairan Teluk Jakarta. *Oceanologi di Indonesia* 11: 1-25.
- [9] Nontji, A. 1978. Variasi musiman beberapa faktor ekologi di perairan Teluk Jakarta. *Oceanologi di Indonesia* 11: 27-36.
- [10] Kinne, O. 1963. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. I Temperature. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.* 1: 301-304
- [11] Yanagi, T. 1987. Seasonal variation of water temperature and salinity in Osaka Bay. *J. Oceanog. Soc. Japan* 113: 244-250
- [12] Nontji, A. & O.H. Arinardi. 1975. Hidrologi dan diatom plankton di Laut Jawa. *Oceanologi di Indonesia* 4: 21-36
- [13] Wickstead, J.H. 1976. *Marine zooplankton*. Edward Arnold (Pub.) Ltd., London.