

UJI COBA MIKROKOSMIK PENGARUH PENGAYAAN FOSFOR TERHADAP PRODUKTIVITAS DAN STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON DI SITU CIBUNTU

Tjandra Chrismadha^a dan Akhmad T. Maulana^b

^a*Pusat Penelitian Limnologi-LIPI*

^b*Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah*

E-mail: Tjandra5660@yahoo.co.id

Diterima redaksi : 10 November 2011, disetujui redaksi : 16 Februari 2012

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh peningkatan konsentrasi P (Fosfor) terhadap perkembangan komunitas fitoplankton di perairan Situ Cibuntu. Percobaan dilakukan pada skala mikrokosmik, terdiri dari 4 bak penampung berukuran 500 L yang dihubungkan ke bak-bak percobaan berukuran 30 L yang dilengkapi aerasi ringan masing-masing 3 buah. Air conto berasal dari Situ Cibuntu dimasukkan ke dalam bak penampung dan diberi tambahan unsur fosfor dengan perlakuan dosis 2,86 mM/L, 5,72 mM/L, 11,44 mM/L, dan 22,88 mM/L untuk membentuk nilai rasio N:P sebesar 16, 8, 4, dan 2. Selanjutnya air dari bak penampung ini dialirkan ke bak percobaan dengan laju alir 9 L/hari untuk membentuk waktu tinggal air di bak percobaan selama 3 hari, yang merupakan perkiraan rata-rata waktu tinggal air di Situ Cibuntu. Pengamatan dilakukan terhadap perkembangan kandungan klorofil dan struktur komunitas fitoplankton di dalam bak-bak percobaan setiap minggu selama 4 minggu. Hasil uji coba ini memperlihatkan pengaruh nyata masukan P secara terus-menerus terhadap tingkat produktivitas dan keragaman jenis fitoplankton di dalam perairan situ. Unsur P menjadi faktor pembatas tumbuh fitoplankton pada musim penghujan, dan pengayaan unsur ini pada musim kemarau menyebabkan peningkatan produktivitas dan keragaman jenisnya.

Kata kunci: Fitoplankton, fosfor, produktivitas, komunitas, Situ Cibuntu

ABSTRACT

THE EFFECTS OF INCREASING P CONCENTRATION ON DEVELOPMENT OF PHYTOPLANKTON COMMUNITY IN A SMALL LAKE, SITU CIBUNTU WATER. *The experiment was conducted at microcosmic scale using 4 reservoir tanks of 500 L, each channeled into 3 of 30 L experimental tanks supplied with a light aeration. The sample water from Situ Cibuntu was put into the reservoir tanks and enriched with various doses of P, which were 2,86 mM/L, 5,72 mM/L, 11,44 mM/L, and 22,88 mM/L to give N:P ratio of 16, 8, 4, and 2, respectively. The water was then flowed into the experimental tanks at 9 L/day to obtain the water retention time of 3 day which is the approximate of Situ Cibuntu water retention time. The observation included the development of chlorophyll concentration and phytoplankton communities in the experimental tanks every week for 4 weeks. The results showed a significant influence of P enriched water continual input to the phytoplankton productivity and biodiversity in the water. It indicated that P was the growth limiting factor for phytoplankton, and enrichment of this element during dry season stimulate the productivity and biodiversity.*

Key words: Phytoplankton, phosphorus, productivity, biodiversity, Situ Cibuntu.

PENDAHULUAN

Situ merupakan tipe perairan tergenang kecil yang mempunyai karakteristik hidrologi yang cenderung lebih dinamis dibandingkan dengan danau-danau besar. Hal ini terutama terkait dengan daya tampung air situ yang relatif kecil, sehingga disamping waktu tinggal air yang lebih pendek, perairan situ juga lebih mudah tersapu oleh air banjir pada saat musim hujan. Dinamika hidrologi perairan situ ini sangat berpengaruh terhadap eksistensi komunitas fitoplankton di dalamnya. Misalnya Chrismadha (1988) telah melaporkan penurunan produktivitas primer yang sangat drastis pada musim penghujan di Situ Bojongsari – Depok yang dikaitkan dengan tersapunya komunitas fitoplankton oleh aliran permukaan pada saat turun hujan. Sementara itu, Sulastris & Nomosatrio (2005) melaporkan penurunan keragaman jenis fitoplankton di Situ Cibuntu pada saat musim penghujan. Akan tetapi arus banjir juga membawa unsur hara ke dalam perairan situ (Sulastris 2002) sehingga memungkinkan pemulihan komunitas fitoplankton dengan cepat. Apalagi di situ-situ dengan beban pencemaran yang tinggi di daerah tangkapan airnya, seperti yang terjadi di Situ Cibuntu.

Secara umum telah diketahui bahwa peningkatan konsentrasi unsur hara memacu pertumbuhan fitoplankton (Boyd, 1992; Hofmann & Hofle, 1993; Szyper & Ebeling, 1993; Chrismadha & Ali, 2007). Akan tetapi pola perkembangan komunitas fitoplankton terkait dengan status kesuburan air tersebut masih belum terungkap dengan baik. Kajian terhadap mekanisme kontrol faktor nutrisi N, P, dan Si secara ekologis di lapangan maupun di laboratorium belum dapat memberikan penjelasan yang konsisten tentang mekanisme perkembangan komunitas fitoplankton di suatu badan perairan (Hecky & Kilham, 1988; Elser *et al.*, 1990; Bulgakov & Levich, 1999; Teubner & Dokulil, 2002). Weithoff *et al.* (2000) melaporkan hubungan kompleks

perkembangan komunitas fitoplankton dengan komunitas hewan planktonik, khususnya yang bersifat herbivor mengikuti kaidah jejaring makanan dalam suatu ekosistem. Sementara Elliott *et al.* (2001) dan Chrismadha & Ali (2007) mengemukakan pengaruh pergerakan air terhadap pengayaan *niche* dan keragaman organisme plankton dalam suatu badan air. Berbagai laporan juga menyebutkan kejadian ledakan populasi fitoplankton tanpa adanya korelasi yang jelas dengan parameter kualitas air (Lipsey, 1980; Bufford & Pearson, 1998; Evgenidou, *et al.*, 1999; Ratna, 2002; Kobayashi, *et al.*, 2005). Upaya pemahaman yang lebih komprehensif terhadap mekanisme ekologis dan fisiologis perkembangan komunitas fitoplankton di perairan darat masih perlu terus dilakukan untuk mendukung pengembangan konsep teknologi kontrol komunitas perairan tersebut di lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh peningkatan konsentrasi P terhadap perkembangan komunitas fitoplankton di perairan Situ Cibuntu. Hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang melaporkan dinamika musiman konsentrasi unsur hara di perairan Situ Cibuntu, dimana penurunan nilai rasio N:P terjadi pada saat musim kemarau (Meutia, 1999) dan diperkirakan sangat berpengaruh terhadap perkembangan komunitas fitoplankton di perairan. Pemahaman mengenai pola suksesi komunitas fitoplankton terhadap pengayaan unsur P ini dapat bermanfaat untuk dijadikan acuan dalam mengantisipasi masalah penyuburan air di perairan situ pada umumnya.

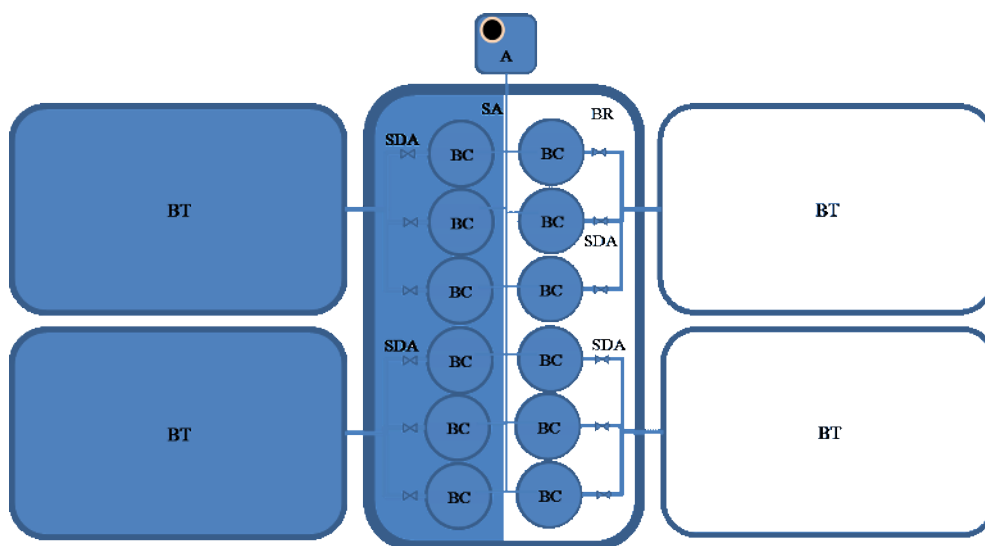
BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan pada skala mikrokosmik di dalam rumah kaca, terdiri dari 4 bak penampung berukuran 500 L yang dihubungkan ke bak-bak percobaan masing-masing 3 buah, melalui selang kecil yang dilengkapi distributor dan kran pengontrol

laju aliran. Bak percobaan berupa ember plastik silinder semitransparan berukuran 30 L yang dilengkapi aerasi ringan untuk mengaduk air di dalamnya serta saluran pembuangan di bagian atas untuk melimpaskan air yang berlebihan (Gambar 1). Air sampel berasal dari Situ Cibuntu dimasukkan ke dalam bak penampung dan diberi tambahan unsur fosfor sesuai dengan dosis yang diperlukan, kemudian ditutup dengan lembaran plastik hitam untuk meminimalisasi proses fotosintesis di dalamnya. Selanjutnya air dari bak penampung ini dialirkan ke bak percobaan dengan laju alir 9 L/hari untuk membentuk waktu tinggal air di bak percobaan selama 3 hari, yang merupakan perkiraan rata-rata waktu tinggal air di Situ Cibuntu.

1998) air conto dari Situ Cibuntu sebesar 13,96 mM/L dan 0,009 mM/L, serta hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan kisaran nilai rasio N:P air Situ Cibuntu antara 3,50–10,30 (Meutia, 1999). Pengamatan dilakukan terhadap perkembangan kandungan klorofil dan struktur komunitas fitoplankton di dalam bak-bak percobaan setiap minggu selama 4 minggu.

Untuk keperluan analisa klorofil, conto air sebanyak 300 ml disaring menggunakan kertas saring WhatmanGF/F dan selanjutnya diektrak dengan larutan aseton 90% dan dibaca pada spektrofotometer mengacu pada APHA (1998). Pengambilan conto untuk analisa fitoplankton dilakukan dengan cara



Keterangan: A = Aerator, BC = Bak Percobaan, BR = Bak Peredam, SA = Slang Aerasi, SDA = Slang distribusi dilengkapi krang pengatur debit

Gambar 1. Skema sistem mikrokosmik untuk uji coba pengaruh pengayaan P terhadap perkembangan komunitas fitoplankton

Pengayaan fosfor dilakukan dengan menambahkan KH_2PO_4 kedalam air di dalam bak penampung pada 4 tingkat konsentrasi, yaitu 2,86 mM/L, 5,72 mM/L, 11,44 mM/L, dan 22,88 mM/L. Hal ini sesuai dengan konsentrasi P untuk membentuk nilai rasio N:P sebesar 16, 8, 4, dan 2, didasarkan pada analisa kandungan NO_3 dan O-PO_4 (APHA,

menyaring sebanyak 2 L air dari bak-bak percobaan melalui plankton net no. 25 ke dalam 20 ml botol plankton, dan diawetkan dengan penambahan larutan formalin 4%. Conto selanjutnya diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100-400 kali pada bidang *haemocytometer*. Identifikasi jenis fitoplankton mengacu pada Davis

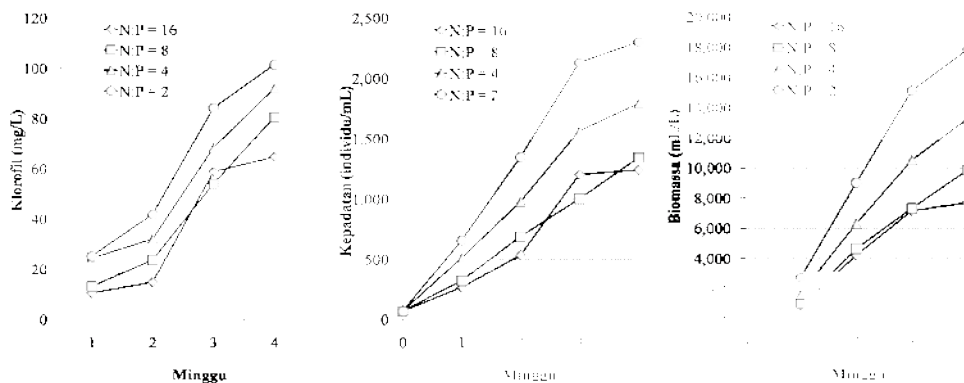
(1955), Prescott (1951), Sachlan (1982) dan Wehr & Robert (2003). Volume sel fitoplankton diukur menggunakan *inverted microscope* yang dilengkapi kamera digital. Sel-sel fitoplankton difoto di atas *haemocytometer* dan hasil foto disimpan dalam bentuk *soft file* JPEG. Untuk pengukuran panjang dan lebar sel fitoplankton, *file* tersebut dibuka dalam aplikasi *microsoft office excel* dan pengukuran dilakukan dengan referensi panjang garis kotak *haemocytometer*. Penghitungan volume sel secara matetamtis disesuaikan dengan bentuk sel. Pemenggalan sel menjadi beberapa segmen pengukuran dilakukan pada jenis fitoplankton yang mempunyai dimensi kompleks. Pengukuran dilakukan masing-masing pada 30 sel agar hasil yang didapat mewakili populasi jenis yang diukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

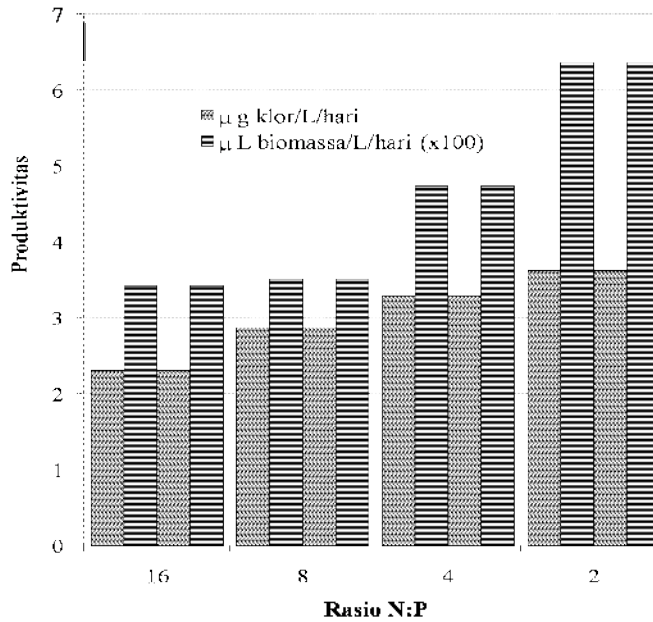
Pengayaan unsur P meningkatkan capaian kelimpahan maksimum fitoplankton di dalam wadah percobaan, terlihat dari perkembangan kandungan klorofil, kepadatan individu, serta konsentrasi biomassa fitoplankton yang meningkat secara progresif sejalan dengan konsentrasi P (Gambar 2). Ketiga parameter ini telah umum digunakan untuk mengamati kelimpahan populasi fitoplankton di dalam suatu perairan, baik di laut maupun di darat

(Likens, 1985; Sziper & Ebelling 1993; Wilson & Racknagel, 2002). Hasil uji coba ini memperlihatkan pola perkembangan komunitas fitoplankton yang konsisten berdasar ketiga parameter tersebut.

Respon peningkatan kandungan klorofil terlihat mulai dari pengamatan minggu pertama dan tampak semakin nyata pada minggu-minggu berikutnya. Pada minggu ke-4 kandungan klorofil pada bak percobaan dengan nilai rasio N:P = 16 mencapai 64,67 mg/L, meningkat menjadi 80,55 mg/L pada nilai rasio N:P = 8, 92,12 mg/L pada nilai rasio N:P = 4 dan 101,46 mg/L pada nilai rasio N:P =2. Sejalan dengan fenomena ini, kepadatan individu fitoplankton serta kandungan biomasnya juga meningkat, dari 1.240 individu/mL dan 7.647 µL/L pada nilai rasio N:P = 16, menjadi 2.301 individu/mL dan 17.829 µL/L pada nilai rasio N:P = 2. Capaian konsentrasi klorofil pada minggu ke-4 ini setara dengan nilai produktivitas fitoplankton 2,31 µg klorofil/L/hari, 2,88 µg klorofil/L/hari, 3,29 µg klorofil/L/hari, dan 3,62 µg klorofil/L/hari berturut-turut pada nilai rasio N:P 16, 8, 4 dan 2. Pola respon yang sama juga teramati pada peroduktivitas biomassa fitoplankton, yaitu meningkat dari 342,61 µL/L/hari pada nilai rasio N:P = 16, menjadi 351,68 µL/L/hari pada nilai rasio N:P = 8; 473,75 µL/L/hari pada nilai rasio N:P = 4, dan 636,75 µL/L/hari pada nilai rasio N:P = 2 (Gambar 3).



Gambar 2. Pengaruh pengayaan P terhadap kelimpahan fitoplankton



Gambar 3. Pengaruh pengayaan P terhadap tingkat produktivitas fitoplankton

Respon peningkatan produktivitas fitoplankton sejalan terhadap pengayaan P memperlihatkan bahwa unsur P merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton. Hal ini diperkuat dengan analisis kandungan P dan N dalam air situ sebelum percobaan yang memperlihatkan nilai rasio N:P hingga 1551, jauh dari angka acuan rasio N:P dimana unsur P menjadi faktor pembatas produktivitas fitoplankton, yaitu 15. Unsur P juga telah banyak dilaporkan sebagai faktor pembatas utama pertumbuhan fitoplankton di danau-danau di Amerika (Hecky & Kilham, 1988; Levine & Schlinder, 1992). Sementara itu fenomena peningkatan produktivitas fitoplankton dipicu oleh kesuburan air juga telah banyak dilaporkan, baik di perairan umum (Evgenidou *et al.*, 1999; Prihantini *et al.*, 2006) maupun di perairan kolam-kolam budidaya (Boyd, 1992; Hoffman & Hofle, 1993; Szyper & Ebeling, 1993; Ratna, 2001; Chrismadha & Ali, 2007).

Yang perlu menjadi catatan dari hasil uji coba ini adalah bahwa pengambilan air conto untuk media uji coba dilakukan pada saat kejadian hujan berturut-turut selama 2 hari, sehingga diduga telah terjadi

pengenceran konsentrasi nutrisi di air situ, dimana dampaknya terlihat pada kandungan unsur P yang sangat kecil. Kecenderungan penurunan nilai rasio N:P di Situ Cibuntu pada saat musim kemarau sebenarnya telah dilaporkan dari hasil pengamatan selama setahun, dengan kisarannya tidak melebihi angka 15 (3,50 – 10,30; Meutia, 1999). Angka rasio N:P ini berada dalam kisaran perlakuan uji coba, namun bila dilihat dari tingkat kelimpahan komunitas fitoplankton di Situ Cibuntu yang pernah dilaporkan, yaitu maksimum 251.232 individu/L (Sulastri & Sulung, 2005), masih jauh lebih rendah daripada hasil uji coba yang mencapai >2.000.000 individu/L. Hal ini diduga karena kondisi wahana uji coba yang menggunakan bak plastik semitransparan serta pemberian aerasi sehingga sumber daya energi cahaya dan CO₂ tersedia lebih melimpah. Pengadukan air juga dapat memberikan andil yang signifikan terhadap kekayaan jenis dan produktivitas fitoplankton dalam wahana uji coba ini (Weithoff *et al.*, 2000; Elliot *et al.*, 2001; Chrismadha & Ali, 2007). Terlepas dari hal tersebut, dari hasil uji coba ini dapat diperkirakan bahwa setelah mengalami

pencucian akibat banjir pada saat musim hujan, suksesi komunitas fitoplankton dapat terjadi sejalan dengan pengayaan P ke dalam perairan situ dan puncak populasi dicapai dalam periode 1 – 3 minggu.

Secara keseluruhan selama pengamatan ditemukan 53 genus fitoplankton, yang terdiri dari 4 kelas, yaitu chrysophyta atau diatom (20 genus), chlorophyta atau alga hijau (24 genus), pyrophyta (2 genus), dan cyanophyta atau alga biru (7 genus). Sulastri & Nomosatrio (2005) melaporkan struktur komunitas fitoplankton di Situ Cibuntu terdiri dari 43 jenis yang masuk dalam 4 kelas, yaitu chrysophyta (14 jenis), chlorophyta (20 jenis), cyanophyta (6 jenis) dan euglenophyta (3 jenis). Jenis-jenis dari kelompok euglenophyta tidak ada yang tumbuh dalam wahana uji coba, digantikan oleh 2 jenis dari kelompok pyrophyta yang tumbuh dalam jumlah sangat minor. Keragaman jenis yang lebih tinggi pada wahana uji coba juga dapat dikaitkan dengan kondisi cahaya dan CO₂ yang lebih melimpah, serta pengadukan air yang lebih teratur. Sebagai contoh Chrismadha & Ali (2007) melaporkan pertumbuhan jenis-jenis diatom sentris yang berukuran besar pada air kolam yang berarus deras yang segera hilang pada saat arus berhenti. Demikian juga Elliot *et al.* (2001) melaporkan bahwa pengadukan kolom air pada intensitas sedang dapat menstimulasi puncak keragaman jenis fitoplankton.

Pada fase awal percobaan peningkatan kandungan fosfor dalam air cenderung menghambat perkembangan keanekaragaman jenis fitoplankton. Hal ini terlihat dari perkembangan jumlah jenis pada minggu pertama, dimana jumlah jenis yang teramati pada wadah percobaan dengan nilai rasio N:P = 16 dan nilai rasio N:P = 8 mencapai 29 jenis, sementara pada nilai rasio N:P = 4 hanya 27 jenis, dan pada nilai rasio N:P = 2 lebih rendah lagi, yaitu 23 jenis (Tabel 1). Namun pada fase lebih lanjut, terutama pada minggu ke-3 keragaman jenis

terlihat meningkat sejalan dengan konsentrasi P di dalam air, dimana jumlah keragaman jenis tertinggi terjadi pada nilai rasio N:P = 2, yaitu 39 jenis. Sementara puncak keragaman jenis pada nilai rasio N:P = 4, 8, dan 16 adalah berturut-turut 37, 38, dan 36 jenis.

Peningkatan jumlah jenis di atas terjadi secara proporsional di antara semua grup yang menyusun struktur komunitas fitoplankton di dalamnya. Jumlah jenis terbanyak adalah dari kelompok chlorophyta, yaitu antara 41-57 %, diikuti oleh kelompok chrysophyta 31-43 %, dan cyanophyta 8-23 %.kelompok pyrophyta hanya ditemukan 2 jenis pada air dengan konsentrasi P rendah.

Tabel 1 juga memperlihatkan perkembangan struktur komunitas fitoplankton dilihat dari parameter frekuensi kehadiran individu serta biomasnya. Peningkatan konsentrasi P cenderung menurunkan frekuensi kehadiran individu kelompok chrysophyta, yaitu dari 46,73 % pada nilai rasio N:P = 16 menjadi 43,39 pada nilai rasio N:P = 2. Penurunan frekuensi kehadiran individu kelompok chrysophyta di atas dikompensasi oleh meningkatnya frekuensi kehadiran individu kelompok chlorophyta yang cenderung naik dari 37,72 % pada nilai rasio N:P = 16 menjadi 41,37 % pada nilai rasio N:P = 2. Akan tetapi fenomena sebaliknya terlihat bila dilihat dari parameter frekuensi biomasnya (% volume), dimana peningkatan frekuensi biomassa fitoplankton kelompok diatom terjadi dari 42,68 % pada nilai rasio N:P = 16 menjadi 44,44 % pada nilai rasio N:P = 2, sementara biomassa kelompok chlorophyta menurun dari 53,23 % pada nilai rasio N:P = 16 menjadi 51,67 % pada nilai rasio N:P = 2. Hal ini karena peningkatan kehadiran individu pada kelompok chlorophyta terjadi terutama pada jenis-jenis yang mempunyai volume sel kecil, seperti *Chlorella* dan *Coelastrum*, sementara jenis yang mempunyai volume besar, yaitu *Ulothrix* justru menurun.

Tabel 1. Struktur komunitas fitoplankton pada variasi konsentrasi P

No	Kelas Genera	Rasio N:P							
		16		8		4		2	
		% Frek.	% Volume	% Frek.	% Volume	% Frek.	% Volume	% Frek.	% Volume
	Chrysophyta	46.73	42.68	44.19	43.37	45.38	44.38	43.39	44.44
1	<i>Achantes</i>	2.72	0.46	2.32	0.45	2.71	0.51	2.13	0.39
2	<i>Achmanthidium</i>	0.25	0.00	0.23	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
3	<i>Amphora</i>	0.71	0.02	1.16	0.04	0.63	0.02	0.48	0.02
4	<i>Craticula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.23	0.00
5	<i>Cymbela</i>	1.36	0.02	1.07	0.02	1.46	0.03	0.36	0.01
6	<i>Diadesmis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
7	<i>Diatoma</i>	13.15	3.17	13.27	3.73	13.69	3.72	13.31	3.53
8	<i>Encyonema</i>	0.71	0.03	0.85	0.04	1.01	0.04	0.89	0.03
9	<i>Eunotia</i>	2.04	0.02	1.69	0.02	1.67	0.02	1.55	0.02
10	<i>Fragilaria</i>	2.81	0.32	1.38	0.18	2.00	0.26	1.60	0.20
11	<i>Frustulia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.03	0.00
12	<i>Gomphoneis</i>	0.00	0.00	0.02	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
13	<i>Gomphonema</i>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
14	<i>Melosira</i>	3.95	35.95	3.37	35.78	3.61	36.99	3.72	37.23
15	<i>Navicula</i>	7.59	0.25	7.73	0.30	7.76	0.29	7.65	0.28
16	<i>Nupela</i>	0.00	0.00	0.04	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00
17	<i>Pseudostaurosira</i>	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	<i>Staurosirella</i>	0.40	0.03	0.19	0.01	0.33	0.02	0.25	0.02
19	<i>Synedra</i>	10.93	2.41	10.81	2.79	9.99	2.48	11.16	2.71
20	<i>Tabellaria</i>	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Chlorophyta	37.72	53.23	39.67	52.15	39.83	52.25	41.37	51.67
21	<i>Ankistrodesmus</i>	0.25	0.00	0.66	0.01	0.24	0.00	0.45	0.01
22	<i>Asterococcus</i>	0.12	0.01	0.29	0.03	0.12	0.01	0.16	0.01
23	<i>Botryococcus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00
24	<i>Cladophora</i>	0.74	1.98	1.07	3.36	0.72	2.16	1.17	3.43
25	<i>Chlorella</i>	14.07	0.12	15.21	0.15	15.84	0.15	17.43	0.17
26	<i>Closterium</i>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
27	<i>Coelastrum</i>	4.63	0.40	5.48	0.55	4.15	0.40	4.85	0.46
28	<i>Cosmarium</i>	0.80	0.15	1.41	0.31	1.28	0.27	1.79	0.37
29	<i>Cylindrocystis</i>	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
30	<i>Elakatothrix</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
31	<i>Errerella</i>	2.19	0.68	2.34	0.84	2.45	0.85	2.19	0.75
32	<i>Euastrum</i>	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00
33	<i>Geminella</i>	1.02	1.20	0.52	0.71	1.34	1.78	0.47	0.60
34	<i>Gloeocystis</i>	0.74	0.72	0.81	0.92	0.87	0.95	0.92	0.98
35	<i>Kirchneriella</i>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
36	<i>Pediastrum</i>	0.00	0.00	0.06	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00
37	<i>Scenedesmus</i>	3.98	0.07	3.51	0.07	4.71	0.09	3.40	0.06
38	<i>Spondylosum</i>	0.15	0.00	0.10	0.00	0.09	0.00	0.05	0.00
39	<i>Staurastrum</i>	0.12	0.00	0.21	0.00	0.09	0.00	0.25	0.00
40	<i>Staurodesmus</i>	0.71	0.02	0.93	0.03	0.72	0.02	0.82	0.02
41	<i>Tetrademus</i>	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	<i>Tetraedron</i>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.30	0.00
43	<i>Sphaerocystis</i>	2.69	0.29	2.94	0.37	2.63	0.32	2.36	0.28
44	<i>Ulotrix</i>	5.12	47.59	4.13	44.82	4.33	45.24	4.35	44.52
	Pyrophyta	0.31	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
45	<i>Ceratium</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
46	<i>Hemidinium</i>	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cyanophyta	15.25	4.10	16.14	4.47	14.77	3.37	15.24	3.89
47	<i>Anabaena</i>	4.10	2.67	3.62	2.74	2.63	1.92	2.97	2.13
48	<i>Chroococcus</i>	6.45	0.05	7.07	0.07	7.28	0.07	6.37	0.06
49	<i>Coelosphaerium</i>	2.13	0.06	2.48	0.09	2.09	0.07	2.36	0.08
50	<i>Cyanotetras</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
51	<i>Cylindrospermopsis</i>	0.49	0.01	0.50	0.01	0.84	0.01	0.81	0.01
52	<i>Merismopedia</i>	1.39	0.11	1.80	0.17	1.31	0.12	1.97	0.17
53	<i>Oscillatoria</i>	0.68	1.19	0.68	1.40	0.60	1.18	0.75	1.45
	Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Secara keseluruhan *Chlorella* dan *Coelastrum* mempunyai rata-rata frekuensi kehadiran individu mencapai 14,07 % dan 4,63 % pada nilai rasio N:P = 16 dan meningkat menjadi 17,43 % dan 4,85 % pada nilai rasio N:P = 2. Akan tetapi volume total *Chlorella* hanya menjadi 0,12–0,17 % dari biomassa total fitoplankton yang berkembang. Sementara itu rata-rata frekuensi kehadiran individu *Ulotrix* hanya 5,12 %, namun menjadi proporsi biomassa total mencapai 47,59 % pada nilai rasio N:P = 16. Nilai frekuensi kehadiran individu ini menurun menjadi 4,35 % pada nilai rasio N:P = 2, sementara frekuensi biomasanya menjadi 44,52 %.

Jenis penting pada kelompok diatom terutama *Melosira*, yang meskipun hanya membangun 3,95 pada nilai rasio N:P = 16 dan menurun menjadi 3,72 % pada nilai rasio N:P = 2, namun merupakan bagian biomassa yang signifikan, yaitu mencapai 35,95 % pada nilai rasio N:P = 16 dan meningkat menjadi 37,23 % pada nilai rasio N:P = 2. Jenis penting dari kelompok diatom lainnya adalah *Diatoma* dan *Synedra* yang masing-masing mempunyai frekuensi kehadiran individu 13,15 % dan 10,9 %, serta volume biomassa 3,17 % dan 2,41 %. Kelompok cyanophyta tidak memberikan andil yang nyata terhadap dinamika perubahan struktur komunitas fitoplankton akibat peningkatan P, dimana frekuensi kehadiran individunya berkisar 14,77 – 16,14 % dan frekuensi biomasanya 3,37 – 4,47 %.

Penelitian-penelitian peran unsur nutrisi terhadap perkembangan komunitas fitoplankton di dalam perairan telah banyak dilakukan, terutama di perairan-perairan daerah empat musim. Beberapa penelitian berhasil menunjukkan bukti hubungan nyata nilai rasio N:P dengan perkembangan struktur komunitas fitoplankton, terutama kecenderungan dominansi kelompok cyanophyta pada kondisi rasio N:P rendah (Bulgakov & Levich, 1999; Smith & Bennett, 1999; Dokulil & Teubner, 2000;

Teubner & Dokulil, 2002). Akan tetapi beberapa penelitian lainnya mencatat terjadinya perkembangan komunitas fitoplankton tanpa adanya korelasi yang jelas dengan parameter kualitas air (Lipsey, 1980; Bufford & Pearson, 1998; Evgenidou *et al.*, 1999; Kobayashi *et al.* 2005). Beberapa penelitian lain melaporkan hubungan kompleks antara perkembangan komunitas fitoplankton dengan faktor-faktor lingkungan perairan lain, seperti hubungan mangsa-pemangsa (Weithoff *et al.*, 2000) serta pengadukan kolom air (Jones & Poplawski, 1998; Webster *et al.*, 2000; Elliot *et al.*, 2001; Mitrovic *et al.*, 2006; Chrismadha & Ali, 2007). Hasil uji coba ini, yang memperlihatkan struktur komunitas fitoplankton yang relatif stabil pada variasi nilai rasio N:P memberikan penekanan pada kompleksitas faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan fitoplankton di perairan. Hasil ini dapat dijelaskan melalui dua pendekatan yang saling terkait. Pertama konsentrasi N dalam air situ relatif tinggi, sehingga pada rasio N:P yang paling rendahpun unsur N bukan merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton. Sebagai konsekuensinya penambahan P untuk menurunkan nilai rasio N:P justru meningkatkan ketersediaan kedua unsur tersebut bagi pertumbuhan semua jenis fitoplankton. Seperti dikemukakan oleh Teubner & Dokulil (2002) dan Noges *et al.* (2007) dominasi kelompok cyanophyta pada nilai rasio N:P rendah terjadi terutama bila ketersediaan N menjadi faktor pembatas, terutama karena kemampuan beberapa jenis alga biru melakukan fiksasi N dari udara. Elser *et al.* (1990) melaporkan bahwa penambahan P pada kondisi konsentrasi P dalam air sudah tinggi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap perkembangan fitoplankton. Ketersediaan unsur N dan P memberikan kesempatan tumbuh pada lebih banyak jenis fitoplankton, tercermin dari keragaman jenis tertinggi yang dicapai pada nilai rasio N:P = 2.

Faktor kedua adalah media tumbuh yang diberi aerasi menyebabkan terjadinya proses pengadukan air disertai suplai CO₂ relatif tinggi secara terus-menerus. Elliot *et al.* (2001) melaporkan bahwa pengadukan kolom air pada intensitas sedang dapat menstimulasi puncak keragaman jenis fitoplankton di dalamnya. Beberapa penelitian lainnya melaporkan penurunan daya kompetisi tumbuh kelompok cyanophyta pada kondisi air mengalir dan teraduk (Jones & Poplawski, 1998; Webster *et al.*, 2000). Sementara Chrimadha & Ali (2007) melaporkan pengadukan air terus-menerus memberikan kesempatan berbagai jenis diatom sentris yang berukuran besar untuk tumbuh di kolam arus deras sistem tertutup. Berdasar informasi-informasi ini, faktor pengadukan dapat digunakan untuk menjelaskan kurang berkembangnya fitoplankton dari kelompok cyanophyta selama masa uji coba ini.

KESIMPULAN

Hasil uji coba ini memperlihatkan pengaruh nyata masukan P secara terus-menerus terhadap tingkat produktivitas dan keragaman jenis fitoplankton di dalam perairan situ. Unsur P menjadi faktor pembatas tumbuh fitoplankton pada musim penghujan, dan pengayaan unsur ini pada musim kemarau menyebabkan peningkatan produktivitas dan keragaman jenisnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Anggaran APBN Puslit Limnologi LIPI tahun 2009. Ucapan terimakasih disampaikan kepada Yayah Mardiaty S.Si yang telah membantu dalam proses analisa beberapa parameter kualitas air, serta Sdr. Deni Hadiansyah yang telah membantu dalam persiapan wahana uji coba.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1998, Standar Methods for Examination for Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF, Washington DC.
- Boyd, C.E., 1992, Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier, Amsterdam: 318 pp.
- Bufford, M.A. & D.C. Pearson, 1998, Effect of Different Nitrogen Sources on Phytoplankton Composition in Aquaculture Ponds. *Aquatic Microbial Ecology*, 15: 277 – 284.
- Bulgakov, N.G. & A.P. Levich, 1999, The Nitrogen:phosphorous Ratio as a Factor of Regulating Phytoplankton Community Structure. *Archiv fur Hydrobiologie*, 146 (1): 3 – 22.
- Chrimadha, T., 1988, Produktivitas primer fitoplankton. Dalam: Nontji, A. & D.I. Hartoto (Eds). *Limnologi Situ Bojongsari*. Puslitbang Limnologi – LIPI. Bogor. 116–123.
- Chrimadha, T. & F. Ali., 2007, Dinamika Komunitas Fitoplankton pada Kolam Sistem Aliran Tertutup Berarus Deras. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 33 (3): 325-338.
- Davis, C. C., 1955, *The Marine and Freshwater Plankton*. Michigan State University Press.
- Dokulil, M.T. & K. Teubner, 2000, Cyanobacterial Dominance in Lakes. *Hydrobiologia*, 438: 1-12.
- Elliot, J.A., A.E. Irish & C.S. Reynold, 2001, The Effect of Vertical Mixing on a Phytoplankton Community: a Modeling Approach to Intermediate Disturbance Hypothesis. *Fresh Water Biology*, 46: 1291-1297.
- Elser, J.J., E.R. Marzolf, & C.R. Goldman, 1990, Phosphorus and Nitrogen Limitation of Phytoplankton Growth in the Freshwater of North America: A Review and Critique of Experimental Enrichments. Canadian

- Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47: 1468-1477.
- Hecky, R.E. & P. Kilham, 1988, Nutrient Limitation of Phytoplankton in Freshwater and Marine environments: A Review of Recent Evidence on the Effects of Enrichment. *Limnology and Oceanografi*, 33: 796-822.
- Hofmann, W. & M.G. Hofle, 1993, Rotifer Population Dynamics in Respon to Increased Bacterial Biomass and Nutrients: A Mesocosm Experiment. *Hydrobiologia*, 255/256: 171 – 175.
- Jones, G.J. & W. Poplawski, 1998, Understanding and Management of Cyanobacterial Blooms in Sub-tropical Reservoirs of Queensland, Australia. *Water Science and Technology*, 37 (2): 161 – 168.
- Kobayashi, T., B.G. Sanderson & G.N.G. Gordon, 2005, A Phytoplankton Community in a Temperate Reservoir in New South Wales, Australia: Relationships Between Similarity and Diversity Indices and Measures of Hydrological Disturbance. *Marine and Freshwater Research*, 56(2): 203 – 214.
- Levine, S.N. & D.W. Schindler, 1992, Modification of the N : P Ratio in Lakes by in Situ Processes. *Limnology and Oceanography*, 37(5): 9 17-935.
- Likens, G.E., 1985, .An Ecosystem Approach to Aquatic Ecology. Springer-Verlag, New York, 516 p.
- Lipsey, L.L.Jr., 1980, Phytoplankton of Selected Borrow Pit in Northern Illinois. *Ohio Journal of Science*, 80: 108 – 113.
- Meutia, A.A., 1999, Karakteristik Kandungan Nutrient di Perairan Situ Cibuntu. Laporan Teknik Proyek Penelitian, *Pengembangan dan Pendayagunaan Biota Darat tahun 1999/2000*. Puslit Biologi – LIPI, Bogor, p497-502.
- Mitrovic, S.M., B.C. Chessman, L.C. Bowling & R.H. Cooke, 2006, Modelling Suppression of Cyanobacterial Blooms by Flow Management in a Lowland River. *River Research and Applications*, 22: 109 – 114.
- Noges, T., R. Laugaste, P. Noges & I. Tonno, 2008, Critical N:P Ratio for Cyanobacteria and N₂-fixing Species in the Large Shallow Temperate Lakes Peipsi and Vortsjarv, North-east Europe. *Hydrobiologia*, 599: 77-86.
- Prescott, G.W., 1951, Algae of the Western Great Lakes Area. Cranbrook Institute of Science, Bulletin No.31, The Cranbrook Press.
- Prihantini, N.B., W. Wardhana, A. Widyawan & R. Rianto, 2006, Pengamatan Komunitas Cyanobacteria di beberapa Sungai di Jakarta dan Depok, Indonesia. *Limnotek*, 13(1): 9-17.
- Ratna, E., 2001, *Hubungan Fitoplankton dengan Kualitas Air pada Perairan Tambak Udang di Serang, Banten*. Skripsi Jurusan Biologi, F.MIPA UNPAD: 52 hal.
- Sachlan, M., 1982, Planktonologi. Diktat Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Smith, V.H. & S.J. Bennet, 1999, Nitrogen:phosphorus Ratios and Phytoplankton Community Structure in Lakes. *Archieve Hydrobiology*, 146: 37-53.
- Sulastri, 2002, Karakteristik Senyawaan Nitrogen dan Fosfor Situ Cibuntu, Cibinong, Kabupaten Bogor. *Laporan Teknis 2002 Bagian Proyek Penelitian Sumber Daya Perairan Darat*. Pusat Penelitian Limnologi – LIPI: 327-334.

- Sulastri & N. Nomosatrio, 2005, Perubahan Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton Situ Cibuntu, Cibinong, Jawa Barat. *Limnotek*, 12(2): 92 – 101.
- Szyper, J.P. & J.M. Ebellling, 1993, Photosynthesis and Community Respiration at Three Depths During a Period of Stable Phytoplankton Stock in a Eutrophic Brackish Water Culture Pond. *Marine Ecology Progress Series*, 94: 229-238.
- Teubner, K. & M.T. Dokulil, 2002, Ecological Stoichiometry of TN:TP:SRSi in Freshwaters: Nutrient Ratios and Seasonal Shifts in Phytoplankton Assemblages. *Archieve Hydrobiology*, 154(4): 625-646.
- Webster, I.T., B.S. Sherman, M. Bormans & G. Jones, 2000, Management Strategies for Cyanobacterial Blooms in an Impounded Lowland River. *Regulated Rivers: Research and Management*, 16 (5):513 – 525.
- Wehr, John D. & Robert G. Sheath, 2003, Freshwater Algae of North America; Ecology and Classification. Academic Press, United States of America.
- Weithoff, G., A. Lorke & N. Walz, 2000, Effect of Water Column Mixing on Bacteria, Phytoplankton, and Rotifers Under Different Levels of Herbivory in a Shallow Eutrophic Lake. *Oecologia*, 125(1): 91-100.
- Wilson, W. & F. Racknagel, 2002, A Genuine Artificial Neural Network for Short Term Predictions of Algae Blooming in Lakes and Reservoirs. In: Racknagel, F. (Ed). *Ecological Informatics: Understanding Ecology by Biologically-Inspired Computation*. Springer-Verlag, Berlin, 265-287.