



POLA PEMANGSAAN FITOPLANKTON OLEH ZOOPLANKTON *DAPHNIA MAGNA*

Tjandra Chrismadha dan Mey Ristanti Widoretno

Pusat Penelitian Limnologi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

E-mail : tjandra5660@yahoo.co.id

Diterima : 28 Januari 2016, Disetujui : 25 April 2017

ABSTRAK

Penelitian ini telah dilakukan untuk mengkaji hubungan trofik zooplankton-fitoplankton pada skala laboratorium. Percobaan dilakukan di ruang laboratorium dengan atap polikarbonat semi-transparan, menggunakan 4 buah bak fiberglass konikal volume 750 L diisi air dan dipupuk masing-masing dengan 25 g pellet ikan untuk media tumbuh fitoplankton. *Daphnia* (*Daphnia magna*) masing-masing 20 ekor/L dimasukkan kedalam 2 bak konikal, sementara 2 bak yang lainnya dibiarkan tanpa daphnia untuk kontrol pengamatan. Pengamatan dilakukan terhadap parameter komposisi jenis fitoplankton dan kandungan klorofil air medianya. Pada hari pertama uji coba, teramati 15 genera fitoplankton, terdiri dari 4 divisi, yaitu Cyanophyta (2 genera), Chlorophyta (6 genera), Chrysophyta (4 genera) dan Euglenophyta (3 genera). Perkembangan daphnia dari kepadatan 20 ekor/L pada hari pertama hingga mencapai maksimum 192 ekor/L pada hari ke-6 menekan perkembangan komunitas fitoplankton, terlihat dari penurunan kepadatan fitoplankton secara bertahap dari hari ke-2 sampai hari ke-8 pengamatan, yaitu dari 524 individu/L menjadi 106 individu/L, sementara pada kepadatan totalnya 4874 individu/L. Jumlah taksa juga mengalami penurunan, yaitu dari 15 genera menjadi 9 genera. Fenomena pemangsaan fitoplankton oleh daphnia ini dikonfirmasi dengan penurunan kandungan klorofil dalam air pada bak perlakuan daphnia. Tidak terlihat adanya seleksi taksa fitoplankton yang dimangsa oleh daphnia, penurunan kepadatan populasi hampir merata pada seluruh jenis fitoplankton yang ditemukan pada hari ke-8.

Kata kunci: Pemangsaan, biomanipulasi, fitoplankton, klorofil, zooplankton, *Daphnia magna*

ABSTRACT

STUDY ON PHYTOPLANKTON PREDATORY BY ZOOPLANKTON *DAPHNIA MAGNA*. An experiment has been conducted to study trophic relationship between zooplankton and phytoplankton. The experiment was performed in a laboratory with semi-transparent polycarbonate roof, employing 4 fiberglass conical of 750 L volume filled with 25 g fish feed enriched water for phytoplankton growth media. *Daphnia* (*Daphnia magna*) was stocked into 2 containers at initial density of 20 daphnids/L, whereas the other 2 containers was without daphnids for the experimental controls. Observation was carried out on parameters of phytoplankton composition and media chlorophyll content. At the first day of experiment there was observed 15 phytoplankton genera consisted of 4 divisions, which were Cyanophyta (2 genera), Chlorophyta (6 genera), Chrysophyta (4 genera) and Euglenophyta (3 genera). Growth of daphnids from the initial density of 20 daphnids/L up to the maximum of 192 daphnids/L inhibited development of phytoplankton community, indicated by gradual decrease of phytoplankton density from day-2 until day-8 observation, from 524 cells/L down to 106 cells/L, whereas at the control tanks the total phytoplankton was 4847 cells/L. The taxon number also decreased from 15 genera to 9 genera. This predatory phenomenon was also confirmed by gradual decrease of chlorophyll content in the daphnid stocked water. There was no selection by daphnids in phytoplankton predation, the decrease was occurred almost equally among phytoplankton group observed at the day-8.

Key words: Prey, biomanipulation, phytoplankton, chlorophyll, *Daphnia magna*

PENDAHULUAN

Zooplankton berperan penting sebagai konsumen tingkat pertama dalam suatu jejaring makanan pada suatu ekosistem, mengkonversi biomassa dari berbagai mikroorganisme produsen menjadi bentuk lebih besar dan tersedia untuk hewan konsumen tingkat berikutnya. Keberadaan zooplankton sering dikaitkan dengan komunitas fitoplankton sebagai sumber pakannya dalam ekosistem perairan. Hubungan fungsional antar kedua kelompok trofik ini hingga saat ini masih belum sepenuhnya difahami. Hal ini disebabkan oleh kompleksitas hubungan antar komponen ekosistem perairan alami, terutama hubungan kompetisi dan pemangsaan yang menyebabkan hubungan spesifik antar dua kelompok populasi sulit diukur. Misalnya, Lau & Lane (2002) memberikan gambaran intervensi kehadiran makrofita terhadap hubungan zooplankton-fitoplankton di suatu perairan dangkal, dimana kehadiran tumbuhan air memberikan perlindungan kelompok zooplankton terhadap predator, namun pada saat yang bersamaan menjadi kompetitor bagi pertumbuhan fitoplankton. Ha & Hanazato (2009) melaporkan fenomena kompetisi antar jenis zooplankton yang intensitasnya terkait dengan laju pemangsaan kelompok zooplankton ukuran besar oleh ikan planktivora. Demikian juga pengaruh musim dan ketersediaan unsur hara terhadap dinamika hubungan kedua kelompok komunitas zooplankton dan fitoplankton telah dilaporkan (Vanni & Temte, 1990; Meijer, *et al.*, 1999). Selain itu masih banyak fenomena lain yang telah dikaitkan dengan intensitas hubungan kedua kelompok biota tersebut, mulai dari tingkat kepadatan populasi, musim, stratifikasi suhu, serta perilaku metabolisme internal terkait siklus nutrien (Sarnelle, 2003; Lau & Lane, 2002; Head & Harris, 1996; Lampert & Grey, 2003; Grigorszky, *et al.*, 1998; Rothhaupt, 1997; Plath 1998). Kompleksitas di atas masih ditambah dengan pilihan jenis pakan yang luas pada kelompok zooplankton, mulai dari bakteri, fungi, hingga berbagai bahan detritus ((Peterson, *et al.*, 1978; Mitchell, *et al.*, 1991; Sterner, 1993; Jotaro, *et al.*, 1997; Heugens, *et al.*, 2006;

Lurling, 2003). Lotocka (2001) dan Mohammed (2001) melaporkan adanya sifat racun beberapa jenis fitoplankton, terutama dari kelompok alga biru terhadap jenis *Daphnia magna*, yang juga memberikan implikasi pentingnya memperhatikan hubungan antar jenis secara lebih spesifik.

Pemahaman mekanisme hubungan fungsional antar kelompok trofik, khususnya zooplankton-fitoplankton merupakan salah satu dasar yang penting untuk pengelolaan lingkungan dan produktivitas perairan darat. Seperti digaris bawahi oleh Pinto-Coelho *et al.* (2003) dan Zhen *et al.* (2009) tentang kemampuan kelompok kladosea untuk membersihkan populasi padat fitoplankton dan potensinya sebagai agen biomanipulasi untuk menjernihkan air. Demikian juga berbagai jenis zooplankton memegang peranan penting sebagai pakan alami dalam kegiatan pembenihan ikan konsumsi dan ikan hias air tawar (Rellstab & Spaak, 2009; Morris & Mischke, 1999). Pemahaman hubungan trofik zooplankton-fitoplankton juga dapat membantu dalam optimasi proses budidaya zooplankton untuk keperluan pakan alami anakan ikan pada kegiatan budidaya perikanan.

Pada penelitian ini dikaji hubungan trofik zooplankton-fitoplankton melalui pengukuran laju pemangsaan fitoplankton oleh zooplankton - diwakili oleh *Daphnia magna*, pada perairan skala laboratorium dengan mengeliminasi kompleksitas faktor-faktor lain yang mempengaruhinya. Dengan demikian hubungan pemangsaan zooplankton-fitoplankton dapat terukur, khususnya pada jenis biota uji *Daphnia magna* di atas, dan diharapkan dapat memberikan sumbangan untuk melengkapi informasi hubungan antara kedua kelompok trofik ini.

BAHAN DAN METODE

Biota uji *Daphnia magna* didapat dari koleksi Lab Planktonologi Pusat Penelitian Limnologi – LIPI. Percobaan dilakukan di ruang laboratorium dengan atap polikarbonat semi-transparan, menggunakan 4 buah bak fiberglass konikal volume 750 L dan diameter lingkaran permukaan 200 cm. Tiap bak diisi air PDAM sebanyak 600 L dan diberi aerasi

untuk masukan oksigen dan agitasi airnya. Air bak dipupuk masing-masing dengan 25 g pellet ikan dan selanjutnya dibiarkan hingga tumbuh fitoplankton yang ditandai oleh warna air yang mulai kehijauan. Setelah itu percobaan dimulai, yaitu dengan memasukan daphnia (*Daphnia magna*) masing-masing 20 ekor/L kedalam 2 bak konikal, sementara 2 bak yang lainnya dibiarkan tanpa daphnia untuk kontrol pengamatan. Suhu ruang uji berkisar 26 – 32 °C, sementara pH air 7,6 – 7,9 dan oksigen terlarut 5,3 – 5,8 ppm.

Pengamatan dilakukan selama 8 hari berturut-turut terhadap parameter komposisi jenis fitoplankton, yaitu dengan menyaring 2 L air media tumbuh melalui net plankton kedalam botol plankton 20 mL dan mengawetkannya dengan 2 tetes formalin, lalu disimpan hingga siap dianalisa. Pengamatan fitoplankton meliputi identifikasi jenis dan kelimpahannya dilakukan di bawah mikroskop pada pembesaran 100 – 400 kali, terhadap sub-sampel sebanyak 200 µL yang dituangkan kedalam kaca objek dan ditutup oleh kaca penutup. Identifikasi jenis mengacu pada Bellinger & Sigeo (2010), Edmonson (1959) dan Prescott (1951). Pencacahan dilakukan pada menghitung jumlah fitoplankton yang ditemukan pada bidang di bawah kaca penutup di bawah mikroskop, dan hasilnya diekstrapolasikan ke dalam satuan individu/mL. Penghitungan populasi daphnia dilakukan dengan mengambil sampel media kultur sebanyak 250 – 1000 mL dan menghitung langsung jumlah daphnia yang ada didalamnya, kemudian diekstrapolasi ke dalam satuan ekor/L. Disamping itu juga dilakukan pengamatan kandungan klorofil setiap 2 hari sekali, yaitu dengan mengambil sampel air sebanyak 20 mL dan disaring menggunakan kertas saring Whatman GF/C, dan langsung disimpan di dalam freezer hingga siap dianalisa. Analisa klorofil mengacu pada metode standar APHA-AWWA (1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

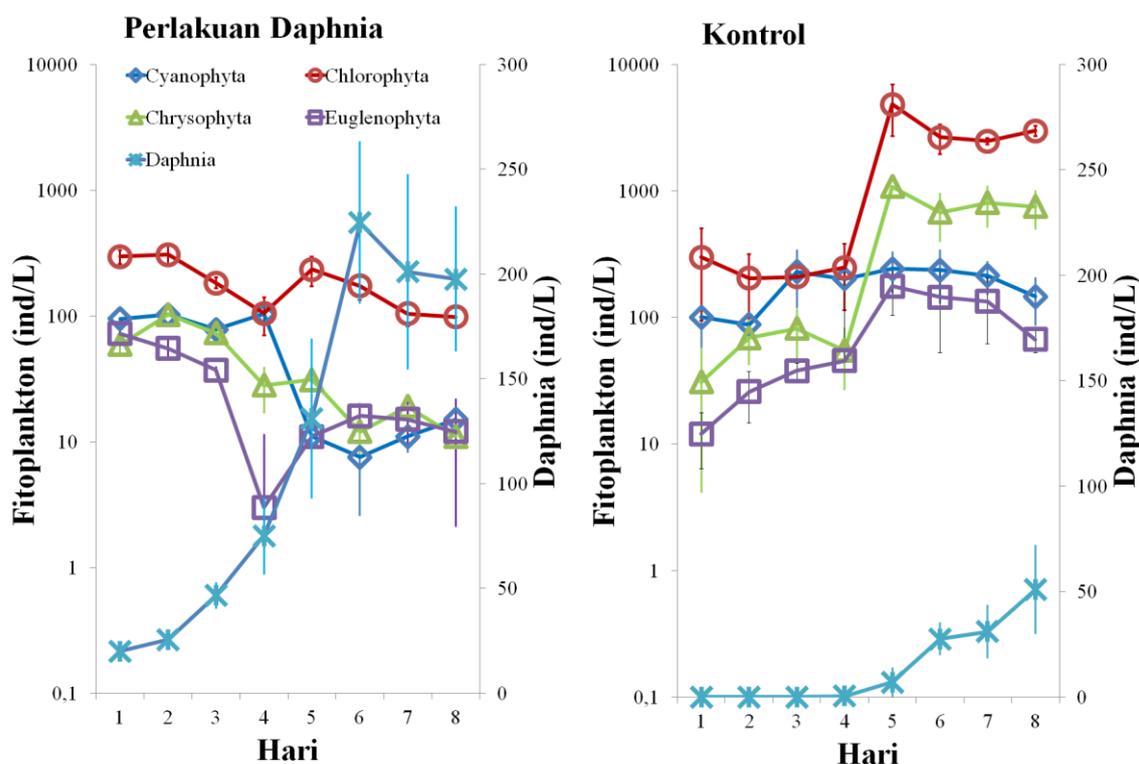
Hasil uji coba ini memperlihatkan fenomena pemangsaan fitoplankton oleh daphnia secara nyata. Pertumbuhan populasi daphnia pada kolom air uji menekan

perkembangan komunitas fitoplankton di dalamnya, sementara pada kolom air kontrol komunitas fitoplankton dapat berkembang dengan baik. Pada hari pertama uji coba, teramati 15 genera fitoplankton, terdiri dari 4 divisi, yaitu Cyanophyta (2 genera), Chlorophyta (6 genera), Chrysophyta (4 genera) dan Euglenophyta (3 genera), seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Perkembangan daphnia dari kepadatan 20 ekor/L pada hari pertama uji coba hingga mencapai maksimum 192 ekor/L pada hari ke-6 menekan perkembangan komunitas fitoplankton, baik dari segi keragaman jenis maupun kepadatan populasinya. Dari Tabel 1 terlihat penurunan kepadatan fitoplankton secara bertahap dari hari ke-2 sampai hari ke-8 pengamatan, yaitu dari 524 individu/mL menjadi 106 individu/mL. Setelah hari ke-6 penurunan kepadatan fitoplankton mulai menekan pertumbuhan populasi daphnia yaitu dari rata-rata 36 %/hari menjadi negatif pada hari ke-7 dan ke-8. Pada hari ke-8 ini ditemukan tinggal 9 genera fitoplankton dengan kepadatan seluruhnya 106 individu/mL, sementara pada bak-bak kontrol masih ditemukan 15 genera fitoplankton dengan tingkat kepadatan total 4874 individu/mL (**Gambar 1**). Chrismadha *et al.* (2012) telah melaporkan adanya korelasi positif antara laju pemangsaan fitoplankton dengan kepadatan populasi daphnia. Zhen *et al.* (2009) juga melaporkan kemampuan daphnia untuk menurunkan populasi fitoplankton hingga 83%, selaras dengan turunnya kandungan klorofil sebesar 81%, dalam air danau yang mendapat perlakuan biomanipulasi *Daphnia carinata*. Hal ini memberikan penjelasan terjadinya penurunan jumlah fitoplankton yang menekan pertumbuhan populasi daphnia pada fase akhir percobaan ini. Penurunan keragaman jenis fitoplankton pada fase akhir uji coba dalam bak-bak kontrol disebabkan oleh kontaminasi daphnia ke dalam bak-bak ini yang mulai terlihat berkembang mulai hari ke-5 dan menekan perkembangan komunitas fitoplankton pada fase akhir uji coba ini.

Pada percobaan ini tidak terlihat adanya seleksi taksa fitoplankton yang dimangsa oleh daphnia. Hal ini terindikasi dari penurunan kepadatan populasi yang hampir merata dari seluruh jenis fitoplankton

yang ditemukan pada hari ke-8 (Tabel 1). Sebagai contoh, dari kelompok Chlorophyta, genera *Scenedesmus* yang pada bak kontrol tumbuh mencapai kelimpahan 1950 individu/mL, pada bak perlakuan hanya tersisa 41 individu/mL. Demikian juga genera *Sphaerella* yang tumbuh cukup melimpah pada bak kontrol sama sekali tidak teramati pada hari ke-8 di bak perlakuan. Dari kelompok Cyanophyta, genera *Merismopedia* bahkan sudah tidak teramati pada hari ke-6 pada bak perlakuan daphnia, sementara pada bak kontrol tumbuh hingga kepadatan 118 individu/mL. Genera *Tabellaria* dari kelompok Chrysophyta, juga turun dari kepadatan 815 individu/mL pada bak kontrol, menjadi hanya 3 individu/mL pada bak

perlakuan daphnia. Fenomena ini diduga terkait dengan jenis hewan uji yang digunakan, yaitu *Daphnia magna* yang ukurannya relatif besar. Seperti telah dilaporkan oleh Sarnelle (2007) dengan ukuran tubuhnya yang relatif besar jenis zooplankton ini mempunyai kemampuan untuk memangsa banyak ragam fitoplankton, baik dilihat dari jenis maupun ukuran serta karakter sel tunggal atau berkoloni. Sarnelle (2005) juga melaporkan meskipun zooplankton sangat berpengaruh terhadap komunitas fitoplankton, tapi dilihat dari perkembangan struktur komunitasnya tidak mengarahkan pada kondisi dominasi jenis tertentu yang tahan terhadap pemangsaan.



Gambar 1. Pengaruh daphnia terhadap perkembangan komunitas fitoplankton

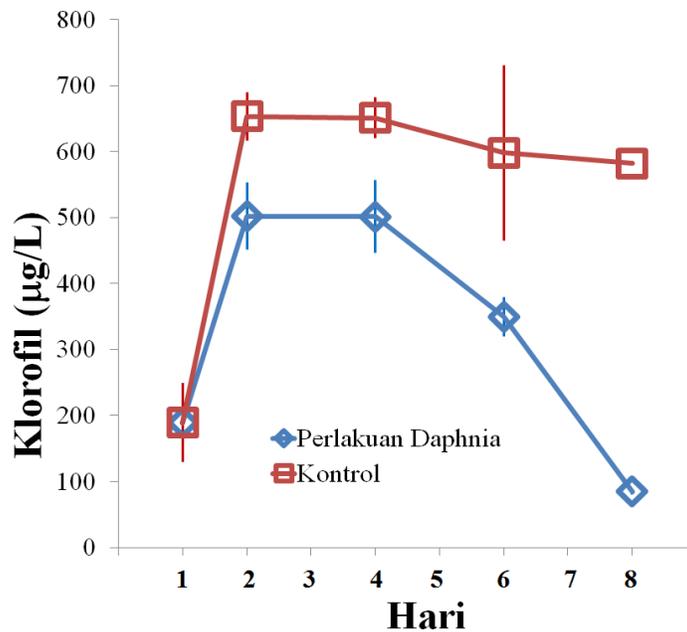
Tabel 1. Pengaruh daphnia terhadap komposisi dan kelimpahan (ind/mL) fitoplankton.

No	Taksa/Genera	Hari															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		K	D	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D
	Cyanophyta	106	95	90	111	229	74	202	104	294	15	243	8	224	11	175	16
1	<i>Aphanocapsa</i>		21		39		19		77	7							
2	<i>Chroococcus</i>	69	28	58	31	104	17	65	8	128	7	147	3	94	3	77	5
3	<i>Merismopedia</i>									118		34		106		81	
4	<i>Coelosphaerium</i>	37	46	32	41	125	38	137	19	41	8	62	5	24	8	17	11
	Chlorophyta	170	271	198	283	194	155	253	104	4766	228	3380	149	3915	104	3934	71
5	<i>Coelastrum</i>	2	1	1	1	1	1	1		93	1	98		83		33	
6	<i>Pediastrum</i>	17	26	30	28	46	17	67	14	970	13	963	8	702	13	660	11
7	<i>Kirchneriella</i>	47	39	44	56	45	48	70	31	142	25	99		119		48	
8	<i>Selenastrum</i>	28	53	22	63	22	31	30	23	679	43	904	24	573	32	506	19
9	<i>Scenedesmus</i>	60	104	83	109	55	42	51	22	2376	143	884	117	2010	59	1950	41
10	<i>Sphaerella</i>	16	48	18	26	25	16	34	14	506	3	432		428		737	
	Chrysophyta	32	57	74	96	79	66	55	25	1169	25	610	11	799	16	699	10
11	<i>Cymbella</i>	6	6	10	19	10	15	4	4	92	12	46		63		46	
12	<i>Fragillaria</i>	4	15	7	15	10	7	12	1	47	7	25	8	32	8	23	7
13	<i>Navicula</i>	13	0	20	1	27	7	13	9	57	3	28	1	40	5	76	
14	<i>Stauroneis</i>	9	8	11	7	21	18	12		158		91		105		91	
15	<i>Tabelaria</i>		28	26	54	11	19	14	11	815	3	420	2	559	3	463	3
	Euglenophyta	12	67	25	34	38	15	45	2	247	11	169	12	145	16	66	9
16	<i>Phacus</i>	2		1	2	1	1			18	1				1		
17	<i>Trachelomonas</i>	6	34	16	15	22	6	23		195	4	140	12	145	12	66	4
18	<i>Vorticella</i>	4	33	8	17	15	8	22	2	34	6	29			3		5
	Jumlah Total	320	490	387	524	540	310	555	235	6476	279	4402	180	5083	147	4874	106

Catatan: K = kontrol, D = Kultur Daphnia

Gambar 2 memperlihatkan terjadi-nya penurunan kandungan klorofil dalam air selama masa pengamatan pada bak-bak daphnia yang merupakan indikasi terjadinya pemangsaan fitoplankton oleh daphnia. Hasil ini selaras dengan pengamatan Zhen *et al.* (2009) seperti telah dikemukakan di atas. Demikian juga telah dilaporkan sebelumnya bahwa pada proses pemangsaan fitoplankton degradasi klorofil terjadi pada fase awal pencernaan, sehingga klorofil tidak ditemukan sama sekali pada feses berbagai jenis kladosea yang diamati (Head & Harris, 1996; Pandolfini, *et al.*, 2000; Thys, *et al.*, 2003). Hal ini menegaskan bahwa perubahan kandungan klorofil dalam media dapat dianggap sebagai akibat proses pemangsaan fitoplankton oleh daphnia secara keseluruhan.

menjernihkan perairan danau. Demikian juga Zhen *et al.* (2009) yang melaporkan kemampuan daphnia untuk menurunkan populasi fitoplankton, baik dari aspek kelimpahan maupun kandungan klorofilnya. Akan tetapi kapasitas daphnia untuk mengendalikan populasi fitoplankton ini kemungkinan besar sangat bergantung terhadap kondisi lingkungannya. Sebagai contoh, Donk & Hessen (1993) mengamati tingkat asimilasi biomassa fitoplankton sangat dipengaruhi oleh kondisi tumbuhnya, dimana fitoplankton yang tumbuh pada kondisi P terbatas kurang dapat dicerna oleh *Daphnia magna* dan *Daphnia pulex*. Hal ini berarti bahwa pada kondisi perairan yang kurang subur kemampuan daphnia untuk memangsa fitoplankton akan berkurang.



Gambar 2. Pengaruh daphnia terhadap konsentrasi klorofil di dalam air.

Hubungan trofik daphnia-fitoplankton dari hasil penelitian ini menunjukkan potensi peran daphnia sebagai pengendali ledakan populasi fitoplankton di perairan alami. Hal ini sejalan dengan Meijer *et al.* (1999) yang melaporkan stimulasi pertumbuhan populasi daphnia melalui kontrol kepadatan ikan pemangsanya efektif dalam upaya

Berbagai kontroversi juga masih mengemuka terkait hubungan daphnia dengan kelompok alga biru, yang pada umumnya tumbuh dominan pada tipe perairan tergenang yang sangat subur. Sebagai contoh Lotocka (2001) melaporkan terjadinya hambatan pemangsaan dan asimilasi fitoplankton oleh beberapa jenis alga biru, seperti dari

Microcystis dan *Aphanizomenon*, yang memberikan implikasi kurang efektifnya daphnia untuk biokontrol populasi fitoplankton, khususnya dari kelompok alga biru di perairan yang sangat subur. Sementara itu, Sarnelle (2007) melaporkan bahwa pola pemangsaan Cyanophyta oleh daphnia juga ditentukan oleh kondisi tumbuhnya, yang berarti perlunya optimalisasi kondisi lingkungan untuk efektivitas biokontrol daphnia terhadap populasi fitoplankton. Disamping itu upaya lain untuk mengurangi dominasi kelompok alga biru juga dapat dilakukan secara sinergis untuk meningkatkan efektivitas daphnia sebagai agen biokontrol populasi fitoplankton. Hal ini didasarkan pada laporan Lurling & Tolman (2014) yang mengamati bahwa Cyanophyta pada kepadatan tertentu (<30% total kelimpahan) tidak menghambat pertumbuhan daphnia. Salah satu upaya untuk mengurangi dominasi kelompok alga biru adalah dengan pengadukan air media tumbuhnya (Chrismadha & Ali, 2007).

Aplikasi konsep pemanfaatan daphnia sebagai agen biokontrol populasi fitoplankton juga perlu memperhatikan aspek *turn-over* perkembangan populasinya (Pinto-Coelho, 2003), karena siklus hidup yang pendek dapat menyebabkan waktu siklus unsur nutrisi menjadi lebih pendek dan memberikan resiko ledakan populasi fitoplankton yang berulang. Sejalan dengan ini, Sarnelle (2003) melaporkan tingkat pemangsaan yang tinggi populasi fitoplankton oleh daphnia pada kepadatan rendah dan tingkat pemangsaan ini menurun drastis pada tingkat kepadatan daphnia yang tinggi. Dengan demikian pengendalian populasi daphnia dengan cara mengangkat sebagian biomasanya dan menjaga pada tingkat kepadatan optimum sangat diperlukan untuk efektivitasnya sebagai biokontrol.

Hubungan trofik daphnia-fitoplankton juga memberikan acuan dasar pengelolaan produksi biomassa daphnia yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai pakan alami pada pembenihan ikan dengan mengontrol

kesuburan air dan perkembangan populasi fitoplankton di dalam media kulturnya.

KESIMPULAN

Hasil percobaan ini memperlihatkan kemampuan daphnia untuk mengendalikan komunitas fitoplankton di perairan skala kecil di laboratorium. Disamping itu juga diperlihatkan bahwa daphnia memangsa hampir semua jenis fitoplankton dari seluruh kelompok yang teramati. Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk pemanfaatan daphnia ini sebagai biokontrol populasi fitoplankton, terutama untuk mengembangkan kriteria kondisi optimum tingkat kendali yang paling efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini mendapatkan dukungan dari Puslit Limnologi LIPI melalui anggaran APBN (DIPA) tahun 2014. Ucapan terimakasih disampaikan juga kepada saudara Deni Hadiansyah yang telah membantu persiapan kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Washington DC: 1231 pp.
- Bellinger, E.G. & Sigeo, D.C. 2010. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. West Sussex, UK. Willey-Blackwell. 271 p.
- Chrismadha, T. & F. Ali. 2007. Dinamika komunitas fitoplankton pada kolam sistem tertutup berarus deras. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 33(3): 325-338.
- Chrismadha, T., F. Sulawesty, Awalina, MR Widoretno, Y Mardiati, D Oktaviani, D Hadiansyah. 2012. Laju pemangsaan fitoplankton oleh *Daphnia magna*. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi*

- VI 2012. Pusat Penelitian Limnologi LIPI: 629-636.
- Donk, E. & D.O. Hessen. 1993. Grazing resistance in nutrient-stressed phytoplankton. *Oecologia*. 93: 508-511
- Edmonson, T. 1959. *Freshwater Biologi*. 2nd edition. New York-London. John Willey & Sons, Inc. 1248 p.
- Grigorszky, I., S. Nagy, A. Toth, C. Mathe, Z. Muller and G. Borbely. 1998. Effect of large- and of small-bodied zooplankton on phytoplankton in a eutrophic oxbow. *Journal of Plankton Research*. 20(10): 1989-1995.
- Ha, J-Y. & T. Hanazato. 2009. Role of interference from *Daphnia* and predation by cyclopoid copepods in zooplankton community structure: experimental analysis using mesocosms. *Plankton and Benthos Research*. 4(4): 147-153.
- Head, E.J.H., & L.R. Harris. 1996. Chlorophyll destruction by *Calanus* spp. grazing on phytoplankton: kinetics, effects of ingestion rate and feeding history, and a mechanistic interpretation. *Marine Ecology Progress Series*. 135: 223-235.
- Heugens, E.H.W., L.T.B. Tokkie, M.H.S. Kraak, N.M. van Straalen, & W. Admiraal. 2006. Population growth of *Daphnia magna* under multiple stress conditions: Joint effects of temperature, food, and cadmium. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 25(5): 1399-1407.
- Jotaro, U., J. Clsen, & R.W. Sterner. 1997. Phosphorus limitation of *Daphnia* growth: is it real? *Limnology and Oceanography*. 42(6): 1436-1443.
- Lampert, W. & J. Grey. 2003. Exploitation of a deep-water algal maximum by *Daphnia*: a stable-isotope tracer study. *Hydrobiologia*. 500: 95-101.
- Lau, S.S.S. & S.N. Lane. 2002. Nutrient and grazing factors in relation to phytoplankton level in a eutrophic shallow lake: the effect of low macrophyte abundance. *Water Research*. 36: 3593-3601.
- Lotocka, M. 2001. Toxic effect of cyanobacterial blooms on the grazing activity of *Daphnia magna* Straus. *Oceanologia*. 43(4): 441-453.
- Lurling, M. 2003. *Daphnia* growth on microcystin-producing and microcystin-free *Microcystis aeruginosa* in different mixtures with the green alga *Scenedesmus obliquus*. *Limnology and Oceanography*. 48(6): 2214-2220.
- Lurling, M. & Y. Tolman. 2014. Effects of Commercially Available Ultrasound on the Zooplankton Grazer *Daphnia* and Consequent Water Greening in Laboratory Experiments. *Water*. 6: 3247-3263.
- Meijer, M-L., I. de Boois, M. Scheffer, R. Portielje, and H. Hoser. 1999. Biomanipulation in shallow lakes in The Netherlands: an evaluation of 18 case studies. *Hydrobiologia*. 408/409: 13-30.
- Mitchell, S.F., F.R. Trainor, P.H. Rich, & C.E. Goulden. 1991. Growth of *Daphnia magna* in the laboratory in relation to the nutritional state of its food species, *Chlamydomonas reinhardtii*. *Journal of Plankton Research*. 14 (3): 379-391.
- Mohamed, Z.A. 2001. Accumulation of cyanobacterial hepatotoxins by *daphnia* in some Egyptian irrigation canals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 50, 4-8.
- Morris, J. E. & C. C. Mischke. 1999. *Plankton Management for Fish Culture Ponds*. Department of Animal Ecology, Iowa State University, Ames, IA.
- Pandolfini, E., I. Thys, B. Leporcq, and J.-P. Descy. 2000. Grazing experiments with two freshwater zooplankters: fate of chlorophyll and carotenoid pigments. *Journal of Plankton Research*. 22(2): 305-319.
- Peterson, B.J., J.E. Hobbie, and J.F. Haney. James F. Haney 1978. *Daphnia* grazing

- on natural bacterial. *Limnology and Oceanography*. 23(5): 1039-1044.
- Pinto-Coelho, R.M., J.F. Bezerra-Neto, A. Giani, C.F. Macedo, C.C. Figueredo, and E.A. Carvalho. 2003. The collapse of a *Daphnia laevis* (Birge, 1878) population in Pampulha reservoir, Brazil. *Acta Limnology Brasilian*. 15(3):53-70.
- Plath, K. 1998. Adaptive feeding behavior of *Daphnia magna* in response to short-term starvation. *Limnology and Oceanography*. 43(4): 593-599.
- Prescott, G.W., 1951. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Cranbrook Institute of Science, Bulletin No. 31, 946 p.
- Rellstab, C. & P. Spaak. 2009. Lake origin determines daphnia population growth under winter conditions. *Journal of Plankton Research*. 31(3): 261-271.
- Rothhaupt, K.O. 1997. Grazing and nutrient influences of *Daphnia* and *Eudiaptomus* on phytoplankton in laboratory microcosms. *Journal of Plankton Research*. 19(1): 125-139.
- Sarnelle, O. 2003. Nonlinear Effects of an Aquatic Consumer: Causes and Consequences. *The American Naturalist*. 161(3): 478-496.
- Sarnelle, O. 2005. *Daphnia* as keystone predators: effects on phytoplankton diversity and grazing resistance. *Journal of Plankton Research*. (27:12): 1229–1238.
- Sarnelle, O. 2007. Initial conditions mediate the interaction between *Daphnia* and bloom-forming cyanobacteria. *Limnology and Oceanography*. 52(5): 2120–2127.
- Sterner, R.W. 1993. *Daphnia* growth on varying quality of *Scenedesmus*: Mineral limitation of zooplankton. *Ecology*. 74:2351–2360.
- Thys, I., B. Leporcq, and J-P. Descy. 2003. Seasonal shifts in phytoplankton ingestion by *Daphnia galeata*, assessed by analysis of marker pigments. *Journal of Plankton Research*. 25(12): 1471–1484.
- Vanni, M.J. and J. Temte. 1990. Seasonal patterns of grazing and nutrient limitation of phytoplankton in a eutrophic lake. *Limnology and Oceanography*. 10(3): 697-709.
- Zhen, Z., C. Feizhou, Z. Wanping, and L. Zhengwen. 2009. Effects of *Daphnia carinata* grazing on the phytoplankton of Lake Xuanwu, Nanjing. *Journal of Lake Science*. 21(3): 415-41