

## Kajian Aspek Ekologis dan Daya Dukung Perairan Situ Cilala (The Study of Ecological Aspects and Aquatic Carrying Capacity of Cilala Lake)

Niken T.M. Pratiwi<sup>1)</sup>, Sigid Hariyadi<sup>1)</sup>, Inna Puspa Ayu<sup>1)</sup>, Aliati Iswantari<sup>1)</sup>, Novita MZ<sup>1)</sup>, & Tri Apriadi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. E-mail: niken\_tmpratiwi@yahoo.com

<sup>2)</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji

**Memasukkan:** Februari 2015, **Diterima:** Juni 2015

### ABSTRACT

Ecological aspect (morphometry, a complexity of community structure, trophic state, and carrying capacity) are one of basic information to build comprehensive management concept of aquatic ecosystem, as Lake Cilala. The concept was addressed to develop ornamental fish floating cage and natural fishery activity. Lake Cilala is a longwise shape small lake with maximum length, average width, and average depth as 1141 m, 161 m, 2.67 m respectively. Lake Cilala has various genera of phytoplankton and zooplankton, 8 genera of benthos, 5 genera of aquatic plants, and 12 fish species including planktivore, herbivore, and carnivore fishes. Those organisms established food chains, by grazing and detritus food chain. The trophic state of Lake Cilala was categorized as middle to heavy eutrophic level by Trophic State Index (TSI). The carrying capacity analysis of Lake Cilala is 130 tons/year. It is resulted a possibility to increase ornamental fish floating cage to 165 units from 300 existed units. Furthermore, the carrying capacity for natural fish was reached 3.77 tons/year.

**Keywords:** carrying capacity, food chain, lake fisheries, small lake management, trophic state

### ABSTRAK

Model pengelolaan yang komprehensif berbasis ekologi (status trofik, kompleksitas struktur komunitas, dan daya dukung) pada perairan Situ Cilala diarahkan bagi pengembangan kegiatan karamba ikan hias dan perikanan di luar karamba. Situ Cilala adalah perairan danau yang berbentuk memanjang dengan panjang maksimum 1141 m, lebar rata-rata 161 m, dan kedalaman rata-rata 2,67 m. Keanekaragaman biota yang dimiliki Situ Cilala terdiri dari berbagai spesies fitoplankton dan zooplankton, 8 jenis bentos, 5 jenis tumbuhan air, dan 12 jenis ikan yang mencakup planktivora, herbivora, dan karnivora. Biota-biota tersebut membentuk jejaring makanan, baik melalui *grazing food chain* atau pun *detritus food chain*. Indeks kesuburan TSI berada pada tingkat eutrofik sedang hingga eutrofik berat. Daya dukung perairan Situ Cilala sebesar 130 ton ikan/tahun. Daya dukung ini masih memungkinkan untuk penambahan 165 unit keramba ikan hias dari sekitar 300 unit keramba yang sudah ada. Daya dukung untuk perikanan luar karamba mencapai 3,77 ton ikan/tahun.

**Kata Kunci:** daya dukung perairan, jejaring makanan, pengelolaan situ (danau), perikanan situ, status trofik

### PENDAHULUAN

Situ Cilala merupakan salah satu danau buatan yang terletak di Desa Jampang, Kecamatan Kemang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Situ yang dikelola oleh PT. Kahuripan Raya ini memiliki fungsi utama sebagai daerah resapan air tanah bagi masyarakat sekitar, pengendali banjir, dan sumber air untuk irigasi. Akhir-akhir ini Situ Cilala mulai dimanfaatkan untuk kegiatan perikanan budidaya ikan hias dengan jaring apung.

Hal yang menjadi permasalahan di Situ Cilala adalah kemungkinan ekspansi jaring

apung dan adanya kelalaian atau ketidaktepatan dalam pemberian pakan. Hal ini akan berisiko pada akumulasi bahan organik yang dapat memicu penyuburan perairan. Kondisi ini akan memburuk ketika terjadi pembalikan massa air yang menyebabkan nutrisi di dasar perairan naik ke permukaan. Akibatnya, fitoplankton akan tumbuh dengan pesat (*blooming*) yang memungkinkan perairan menjadi toksik (fitoplankton beracun, terutama dari kelompok Cyanophyceae) dan kondisi *hypoxia* (oksigen rendah) atau bahkan anoksik (tanpa oksigen). Berdasarkan kondisi tersebut perlu diketahui aspek ekologis (morfologi, parameter fisika-kimia perairan, struktur

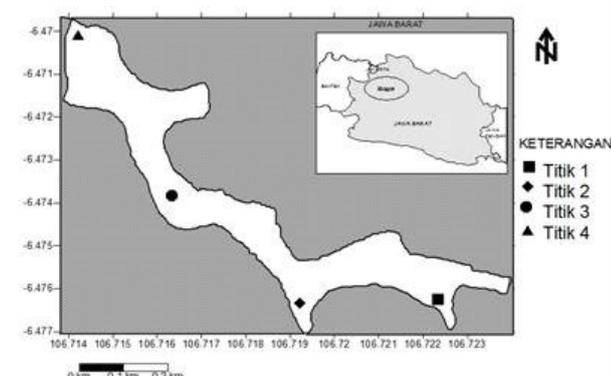
komunitas biota, serta status trofik) Situ Cilala sebagai acuan penentuan daya dukung untuk pengembangan kegiatan jaring apung ikan hias dan ikan alami. Hal ini juga didukung oleh Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang daya tampung beban pencemaran air danau dan/atau waduk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji aspek ekologi (limnologi, kompleksitas struktur komunitas, status trofik) serta daya dukung sebagai dasar pengelolaan yang komprehensif pada perairan Situ Cilala. Informasi dari kajian ekologis ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan keramba jaring apung ikan hias dan ikan alami di luar keramba dalam jangka panjang. Dengan demikian, kelestarian sumberdaya serta aktivitas pemanfaatan potensi di perairan tersebut dapat dicapai.

## BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Agustus 2013, bertempat di Situ Cilala, di kawasan perumahan Telaga Kahuripan, Kecamatan Kemang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Pengambilan contoh untuk analisis kualitas air dan biota dilakukan pada empat titik sampling: titik stasiun 1 dan 2 mewakili inlet, titik stasiun 3 mewakili bagian tengah danau, dan titik stasiun 4 outlet (Gambar 1).

Pengukuran dan kajian morfometri serta limnologi (Wetzel 2001). Analisis morfometri dilakukan melalui pengamatan menggunakan *theodolite* pada setiap sudut di tepian danau. Pengukuran dan pengamatan fisik-kimia air serta biota plankton, perifiton, dan bentos mengacu pada APHA (2005). Penentuan beban fosfat (P) di perairan dilakukan menggunakan metode



**Gambar 1.** Titik stasiun pengambilan contoh di Situ Cilala, Bogor, Jawa Barat

Vollenweider (1976). Di samping itu, juga dilakukan pengamatan jenis tumbuhan air dan ikan.

Analisis contoh air dan biota akuatik dilakukan di Laboratorium Fisika-Kimia Perairan dan Laboratorium Biologi Mikro, Bagian Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK, IPB.

Tingkat kesuburan perairan danau dihitung berdasarkan *Trophic State Index* (TSI) yang dikemukakan oleh Carlson (1977). TSI didasarkan pada tiga parameter utama, yaitu total fosfat (TSI-P), klorofil-a (TSI-Chl a), dan kedalaman keping Secchi (TSI-SD).

Jejaring makanan (*food web*) perairan Situ Cilala dibuat dengan menetapkan tingkat trofik (*trophic level*) dari masing-masing jenis biota atau kelompok biota (fitoplankton, zooplankton, perifiton, kelompok bentos, tumbuhan air, serta ikan). Penentuan *trophic level* didasarkan pada kebiasaan makanan ikan (*Index of Preponderance*). Informasi mengenai makanan dan *index of preponderance* dari biota konsumen juga didukung dengan referensi terkait. Penentuan tingkat trofik ikan didekati menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Christensen & Pauly (1992).

Penentuan nilai daya dukung perikanan dengan sistem jaring apung dilakukan dengan pendekatan menjaga konsentrasi fosfat (P) sampai batas tertentu. Daya dukung tersebut dihitung melalui prosedur Beveridge (2004).

## HASIL

### Hidrodinamika Situ Cilala

Hidrodinamika Situ Cilala yang diamati meliputi panjang maksimum, lebar maksimum, lebar rata-rata, luas perairan, kedalaman rata-rata, volume perairan, debit, dan laju pembilasan yang ditampilkan dalam Tabel 1.

Situ Cilala terletak pada 6,47° LS dan 106,71°-106,72° BT. Kedalaman Situ Cilala berkisar 0,50-5,50 m, dengan kedalaman rata-rata 2,67 m. Morfometri dan batimetri Situ Cilala disajikan dalam Gambar 2.

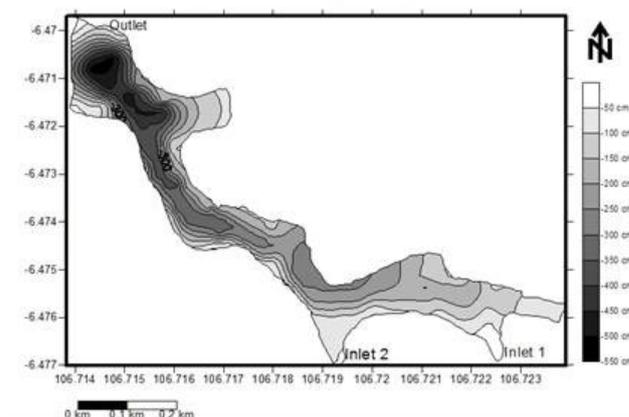
### Kondisi Fisika-Kimia dan Beban Nutrien

Hasil pengukuran kondisi fisika-kimia perairan yang terdiri dari oksigen terlarut (DO), nitrat (NO<sub>3</sub>-N) dan total fosfat (TP), serta klorofil ditampilkan dalam Gambar 3, 4, dan 5.

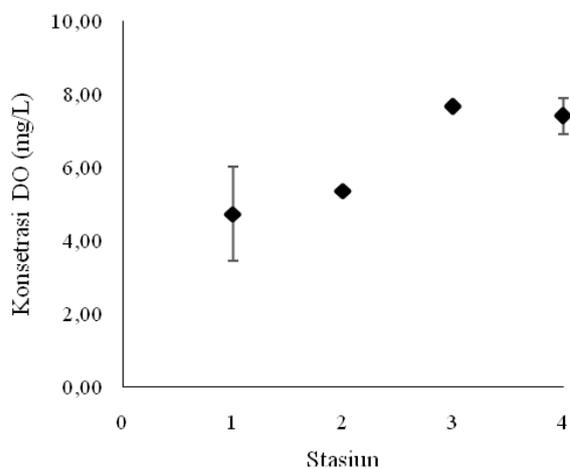
Dari Gambar 3 diketahui bahwa nilai DO tertinggi terdapat di daerah tengah Situ (Stasiun 3). Nilai DO berkisar 4,72-7,64 mg/L dengan rata-rata 6,28 mg/L. Situ Cilala memiliki nilai pH berkisar antara 5-6, suhu permukaan 29-35 °C dengan kecerahan mencapai 100% (inlet)

Tabel 1. Kondisi hidrodinamika Situ Cilala

Parameter	Satuan	Hasil
Panjang maksimum	m	1,141
Lebar maksimum	m	312
Lebar rata-rata	m	161
Luas perairan	m <sup>2</sup>	125.236
Kedalaman rata-rata	m	2,67
Volume perairan	m <sup>3</sup>	334.380,12
Debit air keluar/tahun	m <sup>3</sup> /th	11.861.741
Laju pembilasan (Flushing rate)	per tahun	35



Gambar 2. Morfometri dan Batimetri Situ Cilala, Bogor, Jawa Barat

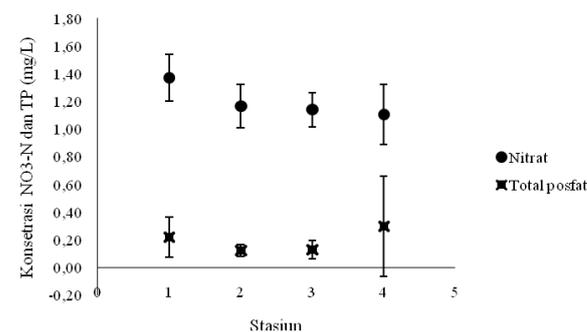


Gambar 3. Konsentrasi DO di perairan Situ Cilala

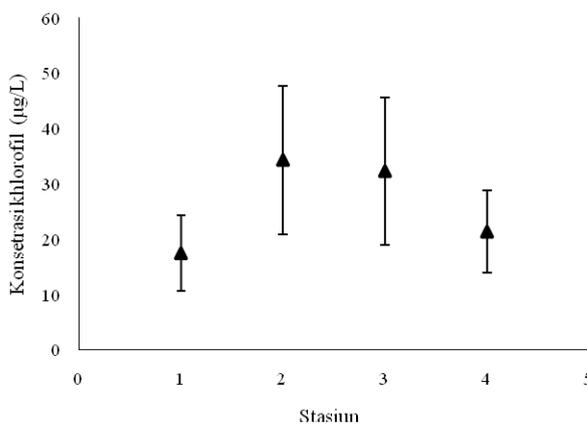
dan 40% (tengah). Konsentrasi nitrat di Situ Cilala berkisar 1,04-1,37 mg/L dengan rata-rata 1,18 mg/L. Konsentrasi nitrat tertinggi dijumpai di Stasiun 1. Fosfat total Situ Cilala berkisar antara 0,11-0,22 mg/L dengan rata-rata 0,14 mg/L, tertinggi terdapat pada bagian outlet (Gambar 4).

Parameter fisika dan kimia bersinergi dengan parameter biologi dalam menjelaskan kondisi perairan Situ Cilala. Nilai klorofil-a berkisar 17,53-32,30 mg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 26,38 mg/m<sup>3</sup>. Nilai klorofil tertinggi terdapat pada Stasiun 2 yang merupakan daerah inlet (Gambar 5). Kondisi perairan Situ Cilala berada dalam kondisi baik dan masih di bawah baku mutu untuk kegiatan perikanan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001).

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, diketahui bahwa beban fosfat di perairan Situ Cilala mencapai 2.449,5 kg/tahun. Berdasarkan



Gambar 4. Konsentrasi nitrat dan total fosfat di perairan Situ Cilala



Gambar 5. Konsentrasi klorofil di perairan Situ Cilala

indeks kesuburan diketahui bahwa Situ Cilala tergolong eutrofik sedang hingga eutrofik berat dengan nilai TSI berkisar antara 60-75.

### Kondisi Biologi Perairan

Pengamatan kondisi biologi perairan dilakukan terhadap fitoplankton, zooplankton, perifiton, dan bentos. Hasil pengamatan tersebut ditampilkan dalam Gambar 6.

Dari Gambar 6a diketahui bahwa kelimpahan

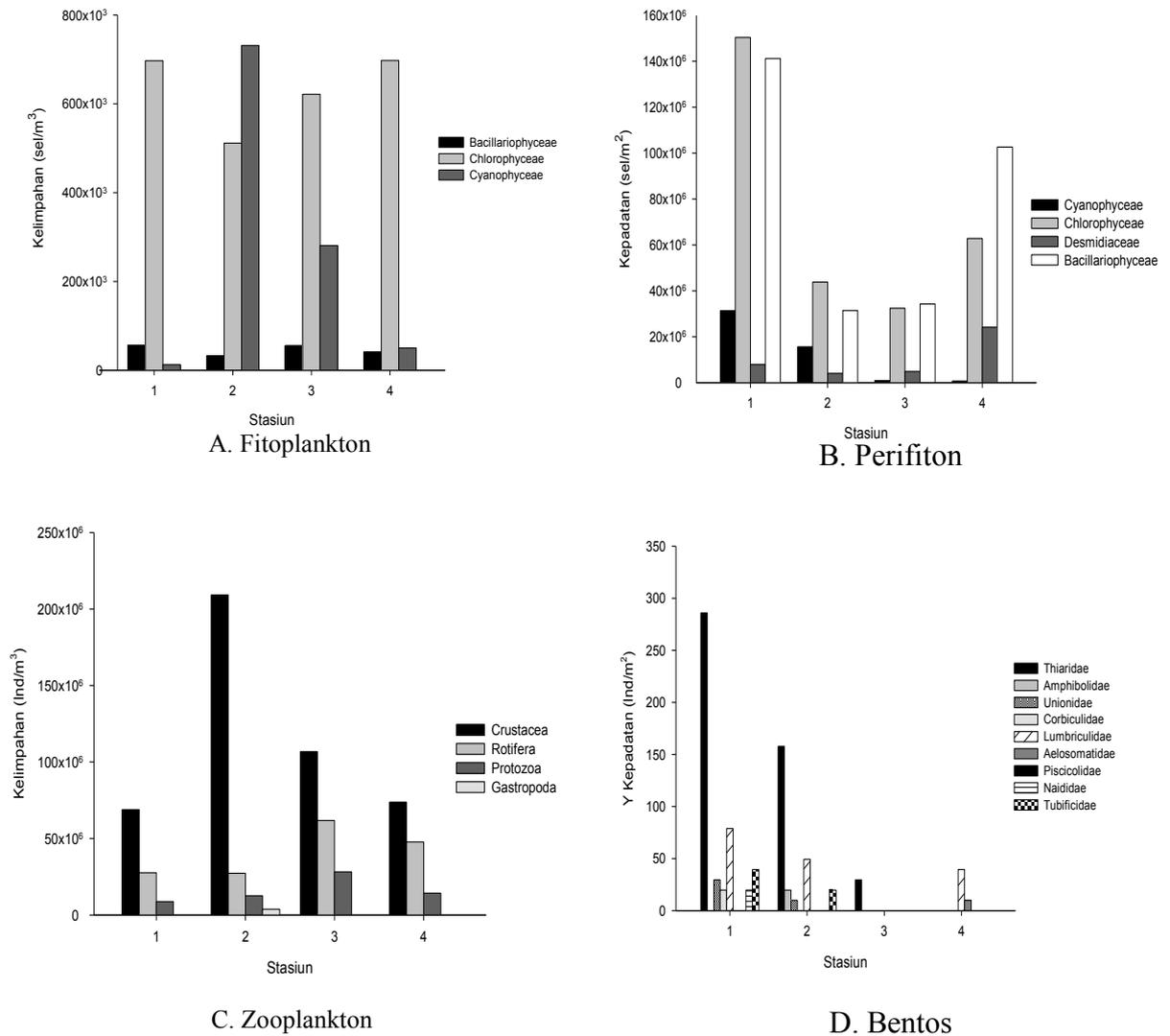
fitoplankton tertinggi terdapat di Stasiun 2 ( $1.275.535 \text{ sel/m}^3$ ). Jenis fitoplankton yang cukup melimpah adalah Chlorophyceae dan Cyanophyceae. Kepadatan perifiton tertinggi terdapat pada Stasiun 1 ( $3.308.606 \text{ sel/m}^2$ ) yang didominasi oleh Chlorophyceae (Gambar 6b). Kelimpahan zooplankton tertinggi terdapat di Stasiun 2 ( $246.047 \text{ ind/m}^3$ ) yang didominasi oleh mikrokrustase (Gambar 6c). Bentos yang mendominasi adalah gastropoda dari famili

**Tabel 2.** Spesies ikan Jenis makanan ikan di Situ Cilala

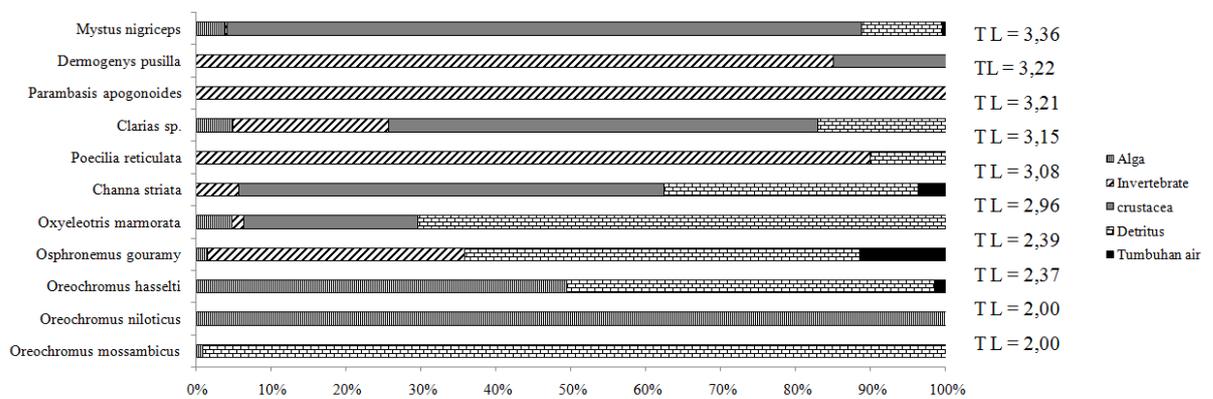
Spesies Ikan	Jenis Makanan		Referensi
	Analisis	Studi Pustaka	
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Detritus, Fitoplankton, crustasea	Fitoplankton, Perifiton, Zooplankton, Larva Ikan, Detritus	Bowen (1982)
<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitoplankton, Crustasea	Fitoplankton, Detritus	Bowen (1982), Oso <i>et al.</i> (2006)
<i>Osteochilus hasselti</i>	Fitoplankton, Detritus, Tumbuhan air, Crustasea	Fitoplankton	Ristyani (1998)
<i>Osphronemus goramy</i>	Detritus, Zooplankton, Tumbuhan Air, Fitoplankton	Insekta, Tumbuhan Air, Crustasea	Affandi (1993)
<i>Poecilia reticulata</i>		Fitoplankton, Zooplankton, Detritus, Larva	Lawal <i>et al.</i> (2012)
<i>Oxyleotris marmorata</i>	Detritus, Crustasea, Zooplankton	Ikan	Rainboth (1996)
<i>Channa striata</i>	Crustasea, Detritus, Zooplankton, Tumbuhan Air, Fitoplankton	Cacing, Udang, Ikan	Courtenay dan Williams (2004), Rainboth (1996), Saikia <i>et al.</i> (2012)
<i>Clarias sp.</i>	Crustasea, Zooplankton, Detritus, Fitoplankton	Insekta, Crustasea	Winarlin (1984)
<i>Parambassis apogonoides</i>		Zooplankton, Larva	Okutsu <i>et al.</i> (2011), Rainboth (1996)
<i>Dermogenys pusilla</i>		Insekta, Crustasea	Rainboth (1996)
<i>Mystus nigriceps</i>	Crustasea, Detritus, Fitoplankton, Zooplankton, Tumbuhan Air	Makrobentos, Tumbuhan Air, Fitoplankton	Heltonika (2009)

**Tabel 3.** Daya dukung perairan Situ Cilala untuk pemeliharaan ikan mas koki dengan sistem keramba

Parameter	Satuan	Hasil
$P_f$ ([P] setelah ada keramba)	$\text{mg/m}^3$	431,86
$P_i$ ([P] saat ini)	$\text{mg/m}^3$	191,21
R (koefisien retensi danau)	-	0,18
$R_{fish}$	(asumsi: $x = 0,5$ )	0,59
$L_{fish}$ (total loading P ke danau)	$\text{g/m}^2/\text{tahun}$	54,90
Total loading keramba ditampung situ	$\text{g/tahun}$	6.876.152,75
Loading P/ton ikan	$\text{g/ton ikan}$	52.670
Daya dukung	$\text{ton ikan/tahun}$	130



Gambar 6. Kelimpahan rata-rata fitoplankton, perifiton, zooplankton, dan bentos



Gambar 7. Nilai trophic level spesies ikan di Situ Cilala

Thiaridae, terdapat pada Stasiun 1 dengan kepadatan 286 ind/m<sup>2</sup> (Gambar 6d).

**Tingkat Trofik (*Trophic Level*)**

Hasil identifikasi spesies ikan yang ditemukan di Situ Cilala dan jenis makanannya berdasarkan hasil analisis dan penelusuran pustaka ditampilkan dalam Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa terdapat 11 spesies ikan yang ditemukan di Situ Cilala. Jenis makanan pada masing-masing spesies ikan cukup bervariasi bila dibandingkan dengan hasil penelusuran pustaka.

Berdasarkan Gambar 8 diketahui bahwa jika semua parameter biologi yang teramati dihubungkan, maka dapat dibentuk jaring makanan yang terdapat di Situ Cilala. Jaringan makanan yang terbentuk merupakan jejaring yang kompleks, tersusun dari *detritus food chain* (berbasis bahan organik) dan *grazing food chain* (berbasis fitoplankton dan tumbuhan air).

**Daya Dukung**

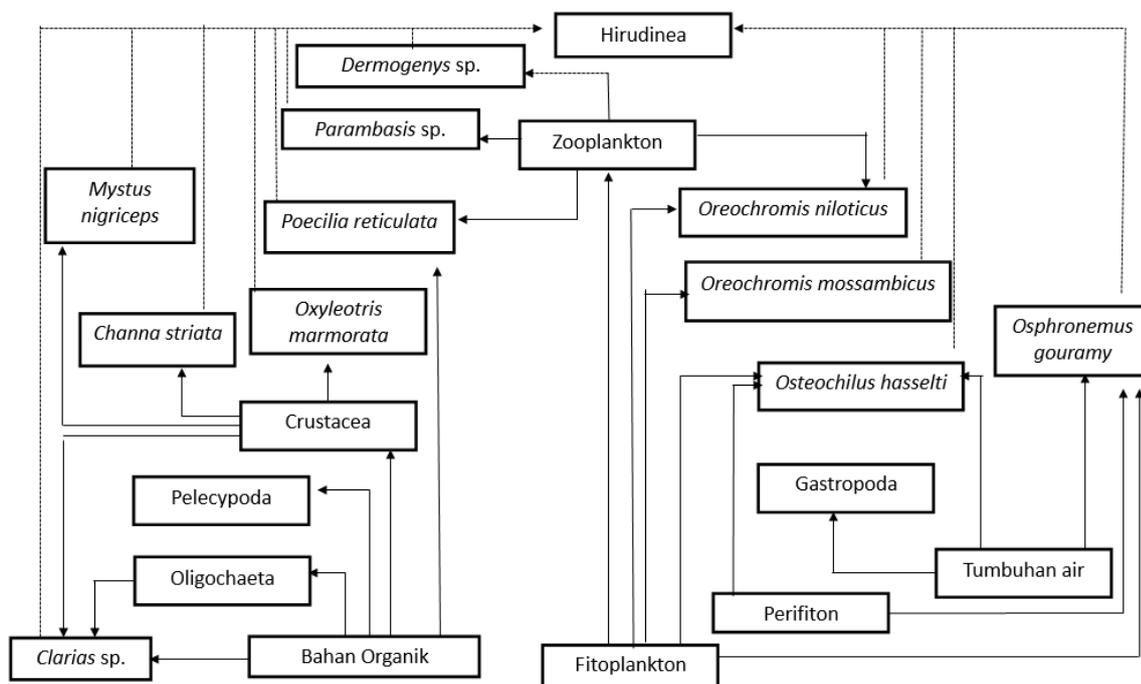
Hasil analisis terhadap daya dukung perairan Situ Cilala disajikan pada Tabel 3. Nilai daya dukung ini dipengaruhi oleh data kondisi hidrodinamika Situ Cilala (Tabel 1).

Dari Tabel 3 diperoleh informasi daya dukung perairan Situ Cilala untuk keramba ikan mas koki sebesar 130 ton ikan/tahun. Hal ini berarti bahwa produksi perikanan maksimum yang diperbolehkan di Situ Cilala sebesar 130 ton ikan/tahun. Hal ini bertujuan agar kelestarian sumberdaya serta aktivitas pemanfaatan potensi di perairan tersebut dapat dicapai.

**PEMBAHASAN**

Indeks kesuburan Situ Cilala yang tergolong eutrofik sedang hingga eutrofik berat memungkinkan terjadinya peningkatan kesuburan dalam waktu singkat. Hal ini juga didukung dengan adanya masukan dari dua inlet yang ada di Situ Cilala tersebut. Konsentrasi nitrat dan klorofil yang tinggi pada inlet di Stasiun 1 dan 2 serta total fosfat pada Stasiun 4 juga dapat menjadi pemicu peningkatan kesuburan di perairan Situ Cilala. Keberadaan nutrisi ini dapat meningkatkan kesuburan, laju pertumbuhan alga dan tumbuhan air, serta dapat menurunkan kualitas perairan danau.

Kegiatan perikanan yang dikembangkan di Situ Cilala adalah budi daya ikan hias menggunakan sistem keramba. Perikanan dengan sistem jaring



**Gambar 8.** Jejaring Makanan Situ Cilala, ( — ) Memangsa ( - - - ) Parasit terhadap Ikan

apung biasanya memanfaatkan pakan tambahan, yang dapat berkontribusi terhadap penambahan nutrisi (khususnya fosfat/ P) ke dalam perairan. Pemberian pakan buatan pada selama kegiatan budidaya dapat meningkatkan beban P di perairan. Peningkatan konsentrasi P ini akan sangat mempengaruhi peningkatan pertumbuhan algae.

Prinsip dalam pemanfaatan perairan untuk kegiatan pemeliharaan ikan, khususnya dengan sistem keramba, harus didasarkan kepada daya dukung perairan, jenis, dan ukuran ikan yang dipelihara. Hal tersebut mengacu kepada kemampuan perairan dalam menampung limbah buangan, salah satunya adalah P. Berdasarkan perhitungan konsentrasi P yang ada saat ini dan P setelah adanya kegiatan keramba ikan hias, diduga bahwa jumlah beban P yang masih dapat ditampung perairan Situ Cilala adalah sebesar 240,65 mg/m<sup>3</sup>. Nilai inilah yang menjadi dasar penentuan daya dukung Situ Cilala.

Kenchington & Hudson (1984) menjelaskan bahwa daya dukung adalah jumlah atau kuantitas maksimum ikan yang dapat didukung oleh suatu badan air dalam jangka panjang, yang dipengaruhi oleh waktu pencucian, volume badan air, dan beban limbah yang masuk ke perairan. Berdasarkan data kondisi hidrodinamika Situ Cilala, jika seluruh luasan situ Cilala dibangun keramba, maka jumlah keramba ikan mas koki dengan ukuran 10 x 5 m<sup>2</sup> adalah sebanyak 2.400 unit. Namun, pembangunan keramba yang dilakukan pada seluruh luasan situ akan menyebabkan nilai estetika situ berkurang, mengingat Situ Cilala juga digunakan untuk kegiatan rekreasi.

Saat ini terdapat sebanyak 300 keramba di Situ Cilala. Penentuan daya dukung ditujukan untuk menentukan jumlah penambahan keramba yang diperbolehkan, yang mampu ditampung Situ Cilala. Jumlah produksi dari penambahan keramba yang direkomendasikan adalah sebesar 5,43 ton; yang jika dikonversi secara langsung diperoleh jumlah penambahan keramba yang boleh dibangun adalah sebanyak 500 unit.

Namun selain memperhatikan luasan perairan yang bisa dibangun keramba, jarak antarkeramba juga memegang peranan penting. Rochdianto (2000) menyebutkan, jarak antarkeramba yang baik adalah 10-30 meter agar arus air dapat leluasa membawa air segar ke dalam keramba,

sedangkan menurut Schmittou (1991), jarak yang baik adalah 50 m. Ukuran keramba yang digunakan berdimensi panjang, lebar, dan dalam sebesar 10 m x 5 m x 1,5 m. Jika keramba disusun tiga unit memanjang ke arah tengah perairan tanpa jarak dan jarak antarkeramba ke samping adalah 20 m, maka jumlah penambahan keramba yang boleh dibangun adalah 165 unit.

Berdasarkan kompleksitas struktur komunitas di Situ Cilala, sangat memungkinkan untuk pemeliharaan ikan dengan sistem semi-intensif, berdampingan dengan 11 spesies ikan alami yang ada di Situ Cilala. Ikan alami juga harus ditentukan daya dukungnya agar dapat hidup dengan memanfaatkan pakan alami yang tersedia di perairan. Penentuan daya dukung untuk ikan alami yang ada di perairan berbeda dari penentuan daya dukung ikan hias yang dipelihara dengan keramba. Analisis ini didasarkan pada nilai produktivitas primer yang menggambarkan keberadaan fitoplankton di perairan yang akan dimanfaatkan sebagai pakan dari ikan. Nilai produktivitas primer maksimum Situ Cilala sebesar 378,99 gC/m<sup>2</sup>/tahun, merupakan konversi dari nilai klorofil pada kondisi kesuburan tinggi yakni 25 mg/m<sup>3</sup> (Carlson 1977). Nilai produktivitas ini dikonversi ke dalam persentase produktivitas ikan per tahun yakni menjadi 0,83%.

Ikan alami yang ada di luar keramba diasumsikan merupakan ikan herbivora sehingga bisa memanfaatkan fitoplankton di perairan. Ikan alami yang ada dapat dipanen pada waktu tertentu dengan ukuran panen yang diharapkan. Berdasarkan penentuan daya dukung ikan alami, Situ Cilala mampu menampung 3,77 ton ikan alami di luar keramba pada saat jumlah keramba maksimum. Jika diasumsikan bahwa pertambahan bobot ikan adalah 225 g dengan bobot awal sebesar 25 g sehingga menghasilkan bobot akhir sebesar 250 g, maka jumlah ikan yang ada di perairan adalah 18.850 individu. Jumlah ikan yang ada di luar keramba harus disesuaikan dengan jumlah keramba yang dibangun. Sampai batas tertentu, daya dukung perairan terhadap jumlah ikan alami akan meningkat secara bertahap seiring dengan penambahan jumlah keramba karena berkorelasi dengan jumlah fosfat yang terbuang ke perairan.

## KESIMPULAN

Situ Cilala dengan karakteristik ekologis yang sangat mendukung keanekaragaman biota perairan dan memiliki kesuburan TSI pada tingkat eutrofik sedang hingga eutrofik, dapat membentuk jejaring makanan yang kompleks (yang tersusun dari *detritus food chain* dan *grazing food chain*). Daya dukung perairan Situ Cilala sebesar 130 ton ikan/tahun yang memungkinkan penambahan 165 unit keramba ikan hias dari sekitar 300 unit keramba yang sudah ada, serta perikanan luar karamba mencapai 3,77 ton ikan/tahun.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui BOPTN atas pendanaan bagi terlaksananya penelitian ini. Terima kasih disampaikan juga kepada Fauzia Fitriana dan Rahmat Santoso yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- APHA [American Public Health Association]. 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>st</sup> edition. American Public Health Association, Washington DC.
- Beveridge, MCM. 2004. *Cage Aquaculture*. Third Edition. Blackwell Publishing. London. 368 p.
- Carlson, RE. 1977. *A trophic state index for lakes*. Limnological Research Center. University of Minnesota. *Minneapolis* 22 (2): 361-369
- Christensen, V., & D. Pauly. 1992. Ecopath II-a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling* 61: 169-185.
- Kenchington, RA., & BET. Huson. 1984. *Coral reef management handbook*. Jakarta Indonesia. UNESCO Regional Officer of Science and Technology in South East Asia. 281 p.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 Tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Rochdianto, A. 2000. *Budidaya Ikan di Jaring Apung*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Schmittou, H. 1991. Guidelines for raising principally omnivorous carps, catfishes and tilapias in cages suspended in freshwater ponds, lakes and reservoirs. In: Proceedings of the people's Republic of China aquaculture and feed workshop. Akiyama, D., Editor. 1989. American Soybean Association, Singapore. p 24 - 42.
- Vollenweider, RA. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia* 33:53-83.
- Wetzel, RG. 2001. *Limnologi: Lake and River Ecosystem*, 3<sup>rd</sup> ed. Academic Press. San Diego, California. 1006 p.