

## EFISIENSI PEMANFAATAN ENERGI CAHAYA MATAHARI OLEH FITOPLANKTON DALAM PROSES FOTOSINTESIS DI WADUK MALAHAYU

Andri Warsa dan Kunto Purnomo

Peneliti pada Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Jatiluhur-Purwakarta  
Teregistrasi I tanggal: 24 Januari 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal: 29 Maret 2011;  
Disetujui terbit tanggal: 29 Juli 2011

### ABSTRAK

Cahaya matahari merupakan sumber energi utama yang menentukan produktivitas suatu ekosistem akuatik. Ketersediaan cahaya akan menentukan kecepatan fotosintesis yang akan menentukan kecepatan pertumbuhan produsen primer. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi pemanfaatan cahaya matahari oleh fitoplankton di Waduk Malahayu. Penelitian ini dilakukan di Waduk Malahayu, Kabupaten Brebes, Jawa Barat, pada bulan Oktober 2010. Pengamatan produktivitas primer kotor, kelimpahan fitoplankton, intensitas cahaya, dan klorofil-a dilakukan pada dua stasiun yaitu stasiun keramba jaring apung dan dam pada kedalaman 0,5; 2; dan 4 m dengan metode survei berstrata. Pengukuran produktivitas primer kotor dilakukan dengan metode botol gelap dan terang. Hasil penelitian menunjukkan nilai produktivitas primer kotor di Waduk Malahayu berkisar 45,6-121,9 mgC/jam dan konsentrasi klorofil-a berkisar 3,7-11,8 mg/m<sup>3</sup>. Kelimpahan individu fitoplankton di Waduk Malahayu berkisar 100,6-112,67 ind./l dengan genera yang dominan adalah *Oscillatoria* (Cyanophyceae) dan *Peridinium* (Dinophyceae). Efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh fitoplankton di Waduk Malahayu berkisar 0,5-2,7%. Efisiensi cahaya matahari menurun dengan bertambahnya kedalaman air.

**KATA KUNCI:** cahaya matahari, efisiensi, fitoplankton, fotosintesis, Waduk Malahayu

**ABSTRACT:** *Efficiency of sunlight energy usage by phytoplankton in photosynthesis process at Malahayu Reservoir. By: Andri Warsa and Kunto Purnomo*

*Sunlight is primary energy resource that determine the productivity of aquatic ecosystem. Its availability will determines the photosynthetic rate and primary producer growth rate. Study in order to know the efficiency of sunlight uptake by phytoplankton in Malahayu Reservoir, Brebes Regency, Central Java in October 2010. Sampling were for gross primary productivity, phytoplankton abundance, light intensity, and chlorophyll-a carried at two stations, keramba jaring apung and dam and at three water depth, surface, 2 and 4 m with stratified sampling method. Measurement of gross primary productivity was conducted with dark and light bottle method. Gross primary productivity ranged from 45.6-121.9 mgC/hr with chlorophyll-a concentration between 3.7-11.8 mg/m<sup>3</sup>. Phytoplankton abundance ranged from 100.6-112.67 ind./l with *Oscillatoria* and *Peridinium* as dominant genera. Efficiency of sunlight uptake by phytoplankton ranged from 0.5-2.7% and its value decreased along with an increasing water depth.*

**KEYWORDS:** *sunlight, efficiency, phytoplankton, photosynthesis, Malahayu Reservoir*

### PENDAHULUAN

Cahaya matahari merupakan sumber energi untuk proses fotosintesis tumbuh-tumbuhan yang memiliki peran sebagai sumber makanan atau produsen primer (Romimohtarto & Juwana, 2005). Cahaya matahari yang mencapai permukaan bumi rata-rata 240 Wm<sup>-2</sup> dan digunakan untuk proses fotosintesis dengan efisiensi berkisar 0,1-8% (Grobelaar, 2008). Ketersediaan cahaya akan menentukan kecepatan fotosintesis dan kecepatan pertumbuhan produsen primer. Secara umum, semakin tinggi intensitas cahaya maka akan semakin efektif proses fotosintesis sampai batas maksimal intensitas cahaya yang dapat ditoleransi oleh produsen primer tersebut (Sellers & Markland, 1987). Fitoplankton merupakan kelompok yang memegang peranan sangat penting dalam ekosistem akuatik, kelompok ini mengandung klorofil yang mampu melakukan proses fotosintesis (Fahrul, 2007). Whipple (1899) dalam Reynold (2006) menggunakan metode botol gelap dan terang yang diinkubasi pada kedalaman tertentu

membuktikan bahwa pertumbuhan fitoplankton tergantung pada intensitas cahaya. Pengukuran kecepatan fotosintesis tersebut dilakukan dengan mengukur perubahan konsentrasi oksigen pada botol gelap dan terang tersebut. Pada intensitas cahaya yang lebih tinggi dari yang diperlukannya akan menyebabkan penurunan efisiensi fotosintesis oleh fitoplankton dan hal ini yang menyebabkan fitoplankton tumbuh pada intensitas cahaya yang berbeda (Zhang *et al.*, 2008).

Waduk Malahayu yang terletak di Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah dibangun pada tahun 1930 dengan luas 620 ha. Fungsi utama waduk ini adalah sebagai penyedia air baku untuk kebutuhan air minum dan irigasi. Selain fungsi tersebut waduk ini juga digunakan untuk pariwisata, transportasi, dan sebagai sumber mata pencaharian masyarakat sekitar melalui perikanan tangkap. Waduk ini merupakan badan air yang subur dengan keragaman sumber daya ikan yang tinggi. Beberapa jenis ikan tersebut memanfaatkan fitoplankton sebagai pakan

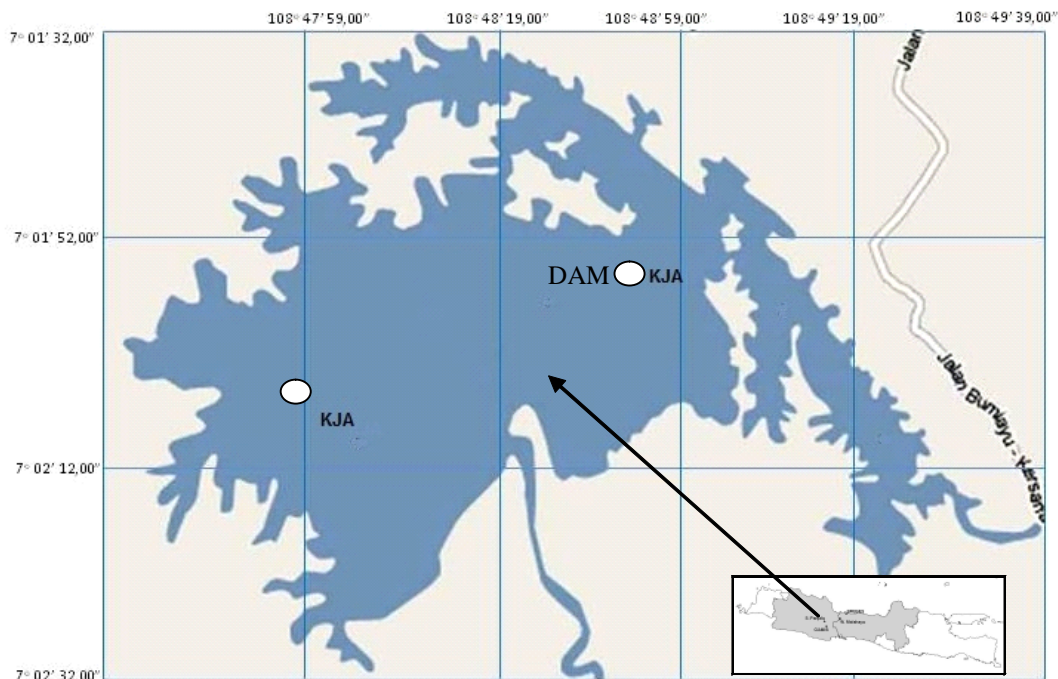
alaminya antara lain ikan nila (*Oreochromis niloticus*), mujaer (*Oreochromis mossambicus*), patin (*Pangasianodon hypophthalmus*), sepat (*Tricogaster tricopterus*), dan tawes (*Barbonymus goniotus*) (Purnomo *et al.*, 2009). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi pemanfaatan cahaya matahari oleh fitoplankton khususnya di Waduk Malahayu.

## BAHANNANMETODE

Penelitian dilakukan di Waduk Malahayu, Kabupaten Brebes, Jawa Barat pada bulan Oktober 2010. Pengambilan contoh air untuk analisis produktivitas primer kotor

dilakukan dengan menggunakan *kemmerer water sampler* bervolume 5 l. Pengukuran nilai produktivitas primer kotor dan kelimpahan fitoplankton dilakukan pada dua stasiun yaitu stasiun keramba jaring apung dan dam (Gambar 1 dan Tabel 1) dan pengambilan contoh secara vertikal pada kedalaman permukaan 0,5; 2; dan 4 m atau kedalaman eufotik yang ditentukan berdasarkan atas nilai kecerahan. Nilai parameter kecerahan diukur secara *insitu* dengan menggunakan *sechi disk* (Effendie, 2003). Kedalaman eufotik dihitung dengan persamaan Viner (1984) dalam An & Jones (2000) dengan rumus:

$$Z_{\text{eufotik}} = 2,3 \times \text{kecerahan (m)} \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 1. Lokasi penelitian.  
Figure 1. Research location.

Tabel 1. Karakteristik fisik dan posisi geografi stasiun penelitian di Waduk Malahayu  
Table 1. Physical characteristic and geographical position of site sampling at Malahayu Reservoir

Lokasi/ Station site	Posisi geografi/ Geographical position	Kondisi lingkungan/ Environmental conditions
Keramba jaring apung	S= 07°02'9,96' E= 108°49'17,4'	Dekat dengan dermaga, lalu lintas perahu padat, daerah penangkapan, daerah sekitar berupa lahan perkebunan.
Dam	S= 07°02'2,8' E= 108°48'58,3'	Outlet Waduk Malahayu, relatif bersih dari tumbuhan air, lalu lintas perahu padat.

Produktivitas primer kotor diukur dengan menggunakan metode oksigen (botol gelap terang). Contoh air yang diperoleh dari kedalaman yang telah ditentukan kemudian dimasukkan ke dalam tiga buah botol Winkler dengan volume 125 ml yang terdiri atas dua buah

botol terang dan satu buah botol gelap. Satu buah botol terang kemudian langsung ditentukan kandungan oksigen terlarutnya sebagai konsentrasi oksigen awal dan dua botol lainnya diinkubasi pada kedalaman sesuai dengan kedalaman pengambilan contoh air selama jangka waktu

empat jam. Analisis konsentrasi oksigen terlarut dengan menggunakan metode *Winkler* (*American Public Health Association*, 2005). Untuk nilai produktivitas primer kotor dihitung dengan menggunakan rumus Wetzel & Linken (2000):

$$GPP = \frac{(BT - BG) \times 0,375 \times 1000}{t \times PQ} \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

- GPP = produktivitas primer kotor (mg C/m<sup>3</sup>/jam)  
 BT = konsentrasi oksigen terlarut dalam botol terang (mg/l)  
 BG = konsentrasi oksigen terlarut dalam botol gelap (mg/l)  
 t = waktu inkubasi (jam)  
 0,375 = faktor konversi dari oksigen terlarut ke karbon  
 PQ = 1,2

Untuk memperoleh contoh fitoplankton, contoh air 5 l disaring menggunakan *plankton net* dengan *mesh size* 40 µm dan dimasukkan ke dalam botol bervolume 25 ml. Penyaringan menggunakan *plankton net* tersebut kemungkinan besar akan menyebabkan nanoplankton yang berukuran 2-20 µm akan lolos. Contoh kemudian diawetkan dengan larutan lugol 1% dan diberi label. Pengambilan contoh fitoplankton dilakukan pada kedalaman yang sama dengan pengukuran produktivitas primer kotor. Jenis dan kelimpahan fitoplankton diidentifikasi di bawah mikroskop *Olympus* dengan pembesaran 10x20. Identifikasi fitoplankton berdasarkan atas Edmonson, 1959; Needham & Needham, 1963. Penentuan kelimpahan fitoplankton dilakukan dengan menggunakan metode *Lackey drop microtransect counting chamber* (*American Public Health Association*, 2005) dengan persamaan sebagai berikut:

$$N = nx A / B \times C / D \times 1 / E \dots\dots\dots (3)$$

di mana:

- N = jumlah total fitoplankton (ind./l)  
 n = jumlah rata-rata total individu per lapang pandang (ind./lapang pandang)  
 A = luas gelas penutup (mm<sup>2</sup>)  
 B = luas satu lapang pandang (mm<sup>2</sup>)  
 C = volume air terkonsentrasi (ml)  
 D = volume air satu tetes (ml) di bawah gelas penutup  
 E = volume air yang disaring (l)

Analisis kandungan klorofil-a dilakukan dengan menggunakan metode *trichromatik* (determinasi spektrofotometrik klorofil-a, b, dan c). Contoh air dengan volume 250 ml kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring *Whatman* dengan diameter pori 0,45 µm yang

sebelumnya telah diawetkan terlebih dahulu dengan larutan MgCO<sub>3</sub> sebanyak 1 ml. Kertas saring kemudian diekstraksi dengan menggunakan aseton 90% setelah itu di sentrifuse selama 15 menit dengan kecepatan 2.500 rpm. Perhitungan klorofil-a mengikuti persamaan *American Public Health Association* (2005) sebagai berikut:

$$Ca = 11,85(OD664) - 1,54(OD647) - 0,08(OD630) \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Klorofil-a (mg chlorofil a/m}^3\text{)} = \frac{Ca \times \text{Volume ekstrak}}{\text{Volume air contoh} \times d} \dots\dots\dots (5)$$

di mana:

- Ca = konsentrasi klorofil-a dalam ekstrak (mg/l)  
 Volume ekstrak = volume contoh setelah dilarutkan dalam aseton (l)  
 Volume contoh = volume air yang disaring (m<sup>3</sup>)  
 d = diameter atau celah kuvet yang digunakan (1 cm)  
 OD664, OD647, OD630 = absorbansi yang diperiksa (celah cahaya 1 cm) pada setiap panjang gelombang (664, 647, dan 630 nm) setelah dikurangi dengan absorbansi pada panjang gelombang 750 nm

Pengukuran intensitas cahaya matahari baik di udara dan di lapisan perairan pada kedalaman tertentu dilakukan dengan menggunakan *lux photometer Licor model Li 250 light meter* dengan sensor photometer. Untuk pengukuran pada setiap lapisan kedalaman inkubasi contoh dilakukan dengan interval waktu satu jam sedangkan untuk intensitas cahaya di udara dilakukan pada setiap interval waktu setengah jam.

Jumlah total intensitas cahaya yang masuk pada lapisan kedalaman tertentu di suatu kolom air dapat dijelaskan dengan hukum *Beer's* (Valiela, 1995).

$$I_z = I_0 e^{-kz} \dots\dots\dots (6)$$

di mana:

- I<sub>z</sub> = intensitas cahaya pada kedalaman z (lux)  
 I<sub>0</sub> = intensitas cahaya matahari pada permukaan (lux)  
 k = koefisien peredupan  
 z = kedalaman kolom air (m)  
 e = eksponensial

Dari hubungan linier hukum *Beer's* diperoleh persamaan Y = -0,333x + 4,192 dengan koefisien determinasi 0,9027 yang menunjukkan bahwa persamaan ini menjelaskan bahwa penurunan intensitas cahaya berdasarkan atas

kedalaman sangat kuat (Wahyono, 2002). Kemampuan persamaan ini untuk menjelaskan hal tersebut adalah 90% sedangkan 10% dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Untuk mengetahui efisiensi penggunaan energi cahaya matahari oleh fitoplankton dalam proses fotosintesis dihitung dengan rumus (Tilzer *et al.*, 1975).

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{\text{Produktivitas primer kotor (gcal/jam/m}^2\text{)} \times 100\%}{\text{Energi cahaya matahari (gcal/jam/m}^2\text{)}} \dots (7)$$

Produktivitas primer kotor dan intensitas cahaya mempunyai satuan yang berbeda sehingga perlu diubah agar mempunyai satuan yang sama. Untuk mengubah satuan dari parameter produktivitas primer kotor dan intensitas cahaya matahari, digunakan faktor konversi:

$$1 \text{ lux} = 5,6 \times 10^{-6} \text{ gKcal/cm}^2/\text{menit (Valiela, 1995)}$$

$$1 \text{ mgC} = 9,33 \text{ cal (Wetzel, 2001)}$$

Tabel 2. Intensitas cahaya matahari pada kedalaman tertentu di Waduk Malahayu

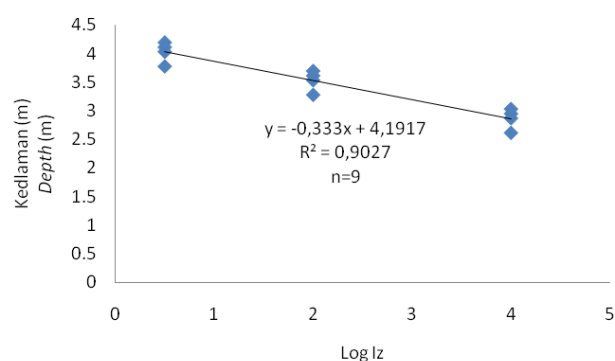
Table 2. Light intensity and depth layer at Malahayu Reservoir

Waktu pengamatan (WIB)/ Time of sampling	Intensitas cahaya di udara (lux)/ Light intensity at atmosphere	Intensitas cahaya pada perairan (lux)/ Light intensity at depth layer water body		
		0,5 m	2 m	4 m
09.38	15.979	4.641	2.773	774,3
10.38	13.663	4.656	2.359	307,9
11.13	18.682	5.922	2.875	405
12.02	22.870	15.526	2.915	1.061
13.53	18.820	12.877	2.061	876
14.01	15.691	10.694	3.386	731

Fotosintesis secara tidak langsung berhubungan dengan intensitas cahaya (Romimohtarto & Juwana, 2005). Cahaya matahari adalah merupakan sumber energi utama yang menentukan produktivitas suatu ekosistem akuatik (Wetzel, 2001). Intensitas cahaya pada permukaan di Waduk Malahayu tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB. Hal serupa juga diperoleh dari hasil penelitian di Teluk Lampung (Yuliana *et al.*, 2002). Intensitas cahaya matahari akan semakin menurun dengan semakin dalamnya lapisan perairan (Gambar 2). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Barus (2004) dalam Sitorus (2009) di mana dengan bertambahnya lapisan kedalaman perairan akan mengurangi intensitas cahaya matahari baik secara kuantitas maupun kualitas. Intensitas cahaya akan berkurang secara cepat sesuai dengan makin dalamnya lapisan kedalaman perairan (Hutabarat & Evans, 1987). Hal ini disebabkan oleh pemantulan oleh permukaan air, absorpsi, dan pemantulan (Valiela, 1995).

## HASIL DAN BAHASAN

Nilai kecerahan di Waduk Malahayu berkisar 1,5-1,8 m dengan kedalaman eufotik berkisar 3,5-4,2 m. Kedalaman eufotik di Waduk Malahayu lebih tinggi jika dibandingkan dengan Waduk Darma dengan nilai 0,7-3,5 m (Tjahjo, 2004). Nilai kecerahan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan, dan padatan tersuspensi (Effendie, 2003). Energi cahaya matahari yang masuk ke dalam suatu perairan dipengaruhi oleh absorpsi air, partikel tersuspensi dan materi organik terlarut. Jumlah cahaya matahari yang dapat digunakan oleh fitoplankton sama dengan jumlah pigmen aktif fotosintesis pada zona eufotik (Valiela, 1995). Estimasi intensitas cahaya matahari pada kedalaman inkubasi botol gelap terang pada interval waktu tertentu disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2.

Hubungan antara kedalaman perairan dan intensitas cahaya.

Figure 2.

Relationship between depth and light intensity.

Tabel 3. Nilai produktivitas primer kotor di Waduk Malahayu  
 Table 3. Gross primary productivity at Malahayu Reservoir

Kedalaman/ Depth (m)	Keramba jaring apung		Dam	
	(mgC/m <sup>3</sup> /jam)	(mgC/m <sup>2</sup> )	(mgC/m <sup>3</sup> /jam)	(mgC/m <sup>2</sup> )
0,5	102,9	185,2	68,6	102,9
2,0	115,2	207,6	121,9	182,9
4,0	45,6	82,1	27,03	40,5

Fitoplankton dapat ditemukan di seluruh massa air mulai dari permukaan sampai kedalaman di mana intensitas cahaya matahari memungkinkan untuk melakukan fotosintesis. Perkembangan fitoplankton sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari selain suhu air dan unsur hara (Goldman & Horne, 1983 dalam Fahrul, 2007). Produktivitas primer merupakan gambaran dari sintesis senyawa organik pada suatu ekosistem akuatik (Jorgensen, 1980). Fitoplankton pada perairan yang subur merupakan penghasil produktivitas primer yang lebih tinggi dibandingkan komponen lainnya seperti makrofita atau tumbuhan air (Valiela, 1995).

Kisaran produktivitas primer kotor di Waduk Malahayu 45,6-121,9 mgC/m<sup>3</sup>/jam di mana nilai tertinggi pada umumnya terdapat pada kedalaman 2 m dibandingkan dengan permukaan dan 4 m (Tabel 3). Hal ini diduga karena pada permukaan intensitas cahaya terlalu tinggi dan pada kedalaman 4 m intensitas cahaya matahari yang mencapai

lapisan tersebut telah menurun (Sellers & Markland, 1987). Nilai produktivitas primer kotor tertinggi terdapat di lokasi Dam pada kedalaman 2 m sedangkan terendah terdapat pada kedalaman 4 m. Pada umumnya tingginya nilai produktivitas primer pada kedalaman 2 m disebabkan oleh tingginya kelimpahan fitoplankton pada kedalaman tersebut. Produktivitas primer pada suatu badan air di pengaruhi oleh intensitas cahaya selain oleh ketersediaan nutrisi (Harding, 1997; Urabe *et al.*, 1999; Lesser, 2008). Hal yang sama diperoleh yang pada Waduk Cengklik di mana nilai produktivitas primer kotor menurun dengan bertambahnya kedalaman perairan dengan nilai produktivitas primer kotor berkisar 926,8-1.878,8 mgC/m<sup>3</sup>/jam (Pitoyo & Wiryanto, 2002). Jika dibandingkan dengan produktivitas primer kotor di Waduk Darma yang berkisar 20,4-45,8 mgC/m<sup>3</sup>/jam (Tjahjo, 2004), Waduk Malahayu mempunyai produktivitas primer kotor yang lebih tinggi namun nilai ini lebih rendah jika dibandingkan dengan Waduk Cengklik.

Tabel 4. Kelimpahan fitoplankton berdasarkan atas jenis di Waduk Malahayu  
 Table 4. Abundance of phytoplankton based on genus Malahayu Reservoir

No.	Kelas/Genus/ Class/genus	Keramba jaring apung						Dam					
		0 m (ind./l)	%	2 m (ind./l)	%	4 m (ind./l)	%	0 m (ind./l)	%	2 m (ind./l)	%	4 m (ind./l)	%
	<b>Total Fitoplankton</b>	<b>148.888</b>		<b>225.344</b>		<b>131.786</b>		<b>177.056</b>		<b>185.104</b>		<b>170.014</b>	
	<b>Total Genera</b>	<b>7</b>		<b>9</b>		<b>8</b>		<b>11</b>		<b>9</b>		<b>10</b>	
<b>A.</b>	<b>Chlorophyceae</b>	<b>21.126</b>	<b>14,2</b>	<b>11.066</b>	<b>4,9</b>	<b>4.024</b>	<b>3,1</b>	<b>21.126</b>	<b>11,9</b>	<b>27.162</b>	<b>14,7</b>	<b>16.096</b>	<b>9,5</b>
1.	<i>Chlorella</i>	14.084	9,5	7.042	3,1	-	-	8.048	4,5	16.096	8,7	7.042	4,1
2.	<i>Closterium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.006	0,6
3.	<i>Cosmarium</i>	4.024	2,7	2.012	0,9	-	-	7.042	4,0	7.042	3,8	7.042	4,1
4.	<i>Crucigenia</i>	-	-	-	-	-	-	3.018	1,7	-	-	1.006	0,6
5.	<i>Coelastrum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.006	0,5	-	-
6.	<i>Dictyosphaerium</i>	1.006	0,7	1.006	0,4	1.006	0,8	-	-	-	-	-	-
7.	<i>Pediastrum</i>	-	-	-	-	3.018	2,3	2.012	1,1	3.018	1,6	-	-
8.	<i>Tetraedron</i>	-	-	1.006	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	<i>Ulothrix</i>	2.012	1,4	-	-	-	-	1.006	0,6	-	-	-	-
<b>B.</b>	<b>Cyanophyceae</b>	<b>62.372</b>	<b>41,9</b>	<b>100.600</b>	<b>44,6</b>	<b>98.588</b>	<b>74,8</b>	<b>127.762</b>	<b>72,2</b>	<b>125.750</b>	<b>67,9</b>	<b>122.732</b>	<b>72,2</b>
1.	<i>Merismopedia</i>	-	-	-	-	1.006	0,8	-	-	-	-	-	-
2.	<i>Oscillatoria</i>	62.372	41,9	73.438	32,6	77.462	58,8	92.552	52,3	105.630	57,1	82.492	48,5
3.	<i>Spirulina</i>	-	-	2.012	0,9	1.006	0,8	6.036	3,4	-	-	4.024	2,4
4.	<i>Raphidiopsis</i>	-	-	25.150	11,2	19.114	14,5	29.174	16,5	20.120	10,9	36.216	21,3
<b>C.</b>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>1.006</b>	<b>0,7</b>	<b>1.006</b>	<b>0,4</b>	<b>1.006</b>	<b>0,8</b>	<b>1.006</b>	<b>0,6</b>	<b>5.030</b>	<b>2,7</b>	<b>1.006</b>	<b>0,6</b>
1.	<i>Nitzschia</i>	1.006	0,7	1.006	0,4	1.006	0,8	1.006	0,6	-	-	-	-
2.	<i>Synedra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5.030	2,7	1.006	0,6
<b>D.</b>	<b>Dinophyceae</b>	<b>64.384</b>	<b>43,2</b>	<b>112.672</b>	<b>50,0</b>	<b>28.168</b>	<b>21,4</b>	<b>26.156</b>	<b>14,8</b>	<b>26.156</b>	<b>14,1</b>	<b>29.174</b>	<b>17,2</b>
1.	<i>Peridinium</i>	64.384	43,2	112.672	50,0	28.168	21,4	26.156	14,8	26.156	14,1	29.174	17,2
<b>E.</b>	<b>Euglenophyceae</b>	-	-	-	-	-	-	<b>1.006</b>	<b>0,6</b>	<b>1.006</b>	<b>0,5</b>	<b>1.006</b>	<b>0,6</b>
1.	<i>Euglena</i>	-	-	-	-	-	-	1.006	0,6	1.006	0,5	1.006	0,6

Kelimpahan individu fitoplankton di Waduk Malahayu berkisar 1.006-112.67 ind./l sedangkan kelimpahan totalnya berkisar 131.786-225.334 ind./l. Genera *Peridinium* dari kelas Dinophyceae dan genera *Oscillatoria* dari kelas Cyanophyceae yaitu dominan di Waduk Malahayu baik pada kedalaman 0,5; 2,0; dan 4 m namun kelimpahan tertinggi terdapat pada kedalaman 2 m (Tabel 4). Berdasarkan atas kelimpahan fitoplanktonnya, Waduk Malahayu merupakan badan air yang bersifat eutrofik (subur). Menurut Lander dalam Basmi (2000) suatu badan air yang memiliki kelimpahan fitoplankton > 15.000 ind./l merupakan badan air yang subur (eutrofik). Tingkat kesuburan Waduk Malahayu ini sama seperti hasil penelitian Purnomo *et al.* (2009) di mana tingkat kesuburan badan air tersebut dinilai berdasarkan atas indeks Carlson. Kelimpahan individu fitoplankton ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Sugianti & Purnomo (2009), bahwa kelimpahan fitoplankton di Waduk Malahayu berkisar antara 1.006-9.772 ind./L. Kelas Cyanophyceae merupakan kelas yang dominan ditemukan di Waduk Cirata selama pengamatan tahun 2006-2009 (Purnamaningtyas & Tjahjo, 2010). Genera *Peridinium* dan *Oscillatoria* juga merupakan genera fitoplankton yang dominan terdapat di Waduk Jatiluhur (Sugianti & Mujiyanto, 2008). Di Waduk Malahayu genera dari kelas Dinophyceae pada umumnya tinggi pada lapisan atas zona eufotik karena genera fitoplankton ini menyukai intensitas cahaya yang tinggi yaitu  $200 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$  atau 10.250 lux (Valiela, 1995). Dinophyceae mempunyai kemampuan adaptasi terhadap cahaya matahari yang lebih baik jika dibandingkan dengan kelas Chlorophyceae dan pada umumnya tersebar secara homogen pada setiap strata kedalaman (Zhang *et al.*, 2008). Perididum yang termasuk kelas Dinophyceae mempunyai kemampuan adaptasi pada kisaran pH dan intensitas cahaya yang lebar. Pada umumnya mempunyai umur hidup yang panjang dan berukuran besar sehingga berada dalam kelimpahan yang tinggi karena mampu mempertahankan diri dari pemangsaan zooplankton. Jenis ini juga mempunyai kemampuan untuk menyimpan fosfor yang dapat digunakan pada saat terjadi defisiensi fosfor di lingkungan perairan (Gomes *et al.*, 2010). Pertumbuhan *Peridinium* akan maksimal pada intensitas cahaya  $105 \mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$  atau 5.370 lux sehingga kelimpahannya pada umumnya akan tinggi pada intensitas cahaya tersebut (Park & Hayashi, 1992). Hal ini menyebabkan pada umumnya kelimpahan *Peridium* terdapat pada lapisan permukaan zona eufotik (Tzong Wu & Wen Chou, 1998).

Kehadiran jenis-jenis dari golongan Cyanophyceae terutama dalam bentuk koloni misalnya *Oscillatoria* memberi gambaran perairan yang eutrofik ke hipertrofik dan kondisi eutrofikasi yang parah dapat menyebabkan terjadinya *blooming* alga pengganggu (Wetzel, 2001). Genera *Oscillatoria* mempunyai kemampuan untuk dapat mempertahankan pertumbuhannya pada intensitas cahaya

rendah (Havens *et al.*, 2003) dan kelimpahannya akan tinggi pada badan air yang subur (Paerl *et al.*, 2001) dengan intensitas cahaya yang tinggi (Scheffer *et al.*, 1997). Cyanophyceae mempunyai kemampuan untuk menghasilkan pigmen tambahan yang dibutuhkan untuk mengabsorpsi cahaya secara efisien. Genera fitoplankton ini mempunyai kemampuan untuk menyimpan nutrisi esensial dan metabolit dalam sitoplasmanya. Cyanophyceae memiliki kemampuan menggunakan spektrum cahaya dengan panjang gelombang antara 500-650 nm yang sulit digunakan oleh spesies fitoplankton lainnya. Hal ini karena fitoplankton tersebut mempunyai *Phycobiliproteins* yang terdiri atas *Allophycocyanin* (biru), *Phycocyanin* (biru), dan *Phycoerythrine* (merah) sehingga dapat tumbuh pada intensitas cahaya yang rendah (Cohen-Bazir & Bryan, 1982; Reynold, 2006). Kelimpahan *Oscillatoria* akan tinggi pada suatu ekosistem dengan intensitas cahaya  $180 \mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$  atau 9.200 lux (Chorus & Bartram, 1999). Energi cahaya matahari diserap oleh *Phycocyanin* yang terkandung di dalam *Oscillatoria* pada proses fotosintesis (Kroghmann, 1973).

Tabel 5. Konsentrasi klorofil-a di Waduk Malahayu

Table 5. Concentration of chlorophyll-a at Malahayu Reservoir

Kedalaman/ Depth (m)	Konsentrasi klorofil-a/Concentration of chlorophyll-a (mg/m <sup>3</sup> )	
	Keramba jaring apung	Dam
0,5	10,9	8,1
2,0	11,8	10,2
4,0	10,0	3,7

Klorofil-a merupakan gambaran produktivitas primer pada suatu badan air dan merupakan pigmen yang umum dimiliki oleh fitoplankton (Griffin *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2009). Klorofil-a merupakan pigmen utama dari fitoplankton yang menyerap cahaya yang digunakan dalam proses fotosintesis, di mana jumlah klorofil-a yang ada menentukan jumlah cahaya yang diserap oleh fitoplankton (Baird *et al.*, 2007; Ruddick *et al.*, 2006). Konsentrasi klorofil-a di Waduk Malahayu berkisar antara 3,7-11,8 mg/m<sup>3</sup> di mana nilai tertinggi terdapat di daerah keramba jaring apung pada kedalaman 2 m dan terendah pada kedalaman 4 m di stasiun Dam (Tabel 5). Klorofil-a berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi kimia (Hunt, 2000) di mana semakin tinggi klorofil-a maka produktivitas primernya akan semakin tinggi (Mantyla *et al.*, 1995). Klorofil-a berperan dalam penyerapan cahaya matahari, transfer, dan perubahan energi menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh organisme (Katz *et al.*, 1978). Efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh fitoplankton dalam proses fotosintesis juga didukung oleh konsentrasi klorofil-a (Furuya *et al.*, 1998). Hasil penelitian Sitorus

(2009) mengatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi klorofil-a maka akan semakin tinggi nilai produktivitas primernya.

Tabel 6. Efisiensi penggunaan intensitas cahaya oleh fitoplankton di stasiun keramba jaring apung dan Dam Waduk Malahayu  
 Table 6. *Efficiency of light intensity usage by phytoplankton of keramba jaring apung and Dam stations*

Kedalaman/ Depth (m)	Efisiensi penggunaan intensitas cahaya/ Efficiency of light intensity usage (%)	
	Keramba jaring apung	Dam
0,5	0,5	0,6
2,0	2,7	1,6
4,0	1,3	0,9

Fluktuasi efisiensi fotosintesis pada suatu badan air sangat besar, baik secara musiman maupun secara vertikal pada zona eufotik (Vait, 1972). Efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh fitoplankton di Waduk Malahayu berkisar 0,5-2,7% di mana efisiensi penggunaan cahaya matahari lebih tinggi pada lapisan perairan yang lebih dalam dibandingkan dengan lapisan permukaan (Tabel 6). Hal ini diduga karena secara umum kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat pada kedalaman 2 m yang terdiri atas kelas Dinophyceae dan Cyanophyceae. Fitoplankton yang merupakan produsen primer yang melakukan fotosintesis, di perairan air tawar seperti waduk oleh kelas Chlorophyceae dan Cyanophyceae (Sellers & Markland, 1987) dan keduanya merupakan genera yang mengandung klorofil-a (Wetzel, 2001). Efisiensi penggunaan cahaya matahari pada bagian di bawah permukaan lapisan eufotik akan lebih tinggi namun kecepatan fotosintesis berlangsung rendah, disebabkan oleh energi cahaya yang tersedia untuk proses fotosintesis hanya sedikit (Wetzel, 2001). Pada bagian permukaan lapisan eufotik terjadi sebaliknya karena tingkat kejenuhan cahaya matahari meningkat sehingga menghambat proses fotosintesis (Smith, 1995; Wetzel, 2001). Efisiensi penggunaan cahaya matahari di Waduk Malahayu lebih tinggi dibandingkan dengan Waduk Chad di Afrika dengan nilai efisiensi 0,26%. Hasil penelitian di beberapa danau di Amerika Serikat, Skotlandia, dan Israel memiliki nilai efisiensi berkisar 0,035-1,76%. Secara umum, efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh fitoplankton dalam proses fotosintesis berkisar < 1-2% (Wetzel, 2001).

## KESIMPULAN

Nilai produktivitas primer kotor di Waduk Malahayu berkisar 45,6-121,9 mgC/m<sup>2</sup>/jam. Kelimpahan fitoplankton di Waduk Malahayu berkisar 1.006-112.67 ind./l dengan genera yang dominan adalah *Oscillatoria* (Cyanophyceae) dan *Peridinium* (Dinophyceae). Efisiensi

penggunaan cahaya matahari oleh fitoplankton di Waduk Malahayu berkisar 0,5-2,7%. Efisiensi penggunaan cahaya matahari berkurang dengan bertambahnya kedalaman air.

## PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan hasil riset perikanan berbasis budi daya (*culture base fisheries*) di Situ Panjalu, Kabupaten Ciamis-Jawa Barat dan Waduk Malahayu, Kabupaten Brebes-Jawa Tengah, T. A. 2010, di Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan-Jatiluhur, Purwakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

- An, K. G. & J. R. Jones. 2000. Factors regulating bluegreen dominance in a reservoir directly influenced by the Asian monsoon. *Hydrobiologia*. 432: 37-48.
- American Public Health Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water Including Bottom Sediment and Sludges*. 21<sup>st</sup> Edited. Eaton A. D., L. S. Clesceri, E. W. Rice, & A. E. Greenberg. Amer. Publ. Health Association Inc. New York. 1,296 pp.
- Basmi, H. J. 2000. *Planktonologi: Terminologi dan Adaptasi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 55 pp.
- Baird, M. E. P. G. Timko, & L. Wu. 2007. The effect of packaging of chlorophyll within phytoplankton and light scattering in a coupled physical biological ocean model. *Marine and Freshwater Research* (58). CSIRO Publishing. 966-981.
- Cohen-Bazire, G. & D. A. Bryant. 1982 Phycobilisomes: Composition and structure. In N. G. Carr & B. A. Whitton (Eds.) *The Biology of Cyanobacteria*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 143-189.
- Chorus, I. & J. Bartram. 1999. *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring, and Management*. World Health Organization. ISBN: 0-419-23930-8. 30 pp.
- Edmonson, W. T. 1959. *Freshwater Biology*. 2<sup>nd</sup> Ed. John Wiley & Sonc. Inc. New York. 1,248 pp.
- Effendie, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 257 pp.
- Furuya, K., O. Hasegawa, T. Yoshikawa, & S. Taguchi. 1998. Photosynthesis irradiance relationship of phytoplankton and primary production in vicinity of



- Kooroshio Warm Core Ring in spring. *Journal of Oceanography*. (54): 545-552.
- Fahrul, M. F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta. 193 pp.
- Griffin, J. J., T. G. Ranney, & D. M. Pharr. 2004. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and carbohydrate content of *Illicium* taxa grown under varied irradiance. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129 (1): 46-53.
- Grobbelaar, J. U. 2008. Upper limits of photosynthetic productivity and problems of scaling. *J. Appl Phycol.* 21: 519-522.
- Gomes, P. P., M. S. R. Ibanes, & J. S. Fretes. 2010. Spatial and temporal variation of *Peridinium umbonatum* F. Stein, 1883 (Dinophyceae) and its relationship with total phytoplankton of a shallow, oligotrophic lake in central Brazil (Lagoon Bonita, Distrito Federal). *Acta Limnological Brasiliensia*. 22 (3): 317-324.
- Harding, W. R. 1997. Phytoplankton primary production in a shallow, well mixed, hypertrophic South African Lake. *Hydrobiologia*. (344): 87-102.
- Havens, K. E., R. T. James, T. L. East, & V. H. Smith. 2003. N:P ratio, light limitation, and cyanobacteria dominance in subtropical lake impacted by non point pollution. *Environmental Pollution* 122. Elsevier Science Ltd. 379-390.
- Hunt, S. 2000. Effects of irradiance on photosynthetic CO<sub>2</sub> uptake and chlorophyll fluorescence. Pages 225-247, in *Tested studies for laboratory teaching*, Volume 21 (S. J. Karcher, Editor). *Proceedings of the 21<sup>st</sup> Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education*. 509 pp.
- Hutabarat, S. & S. M. Evans. 1987. *Pengantar Oseanografi*. UI Press. 156 pp.
- Jorgensen, S. E. 1980. *Lake and Management: Water Development, Supply, and Management*. Volume 14. Pergamon Press. 167 pp.
- Krogmann, D. W. 1973. *The Biology of Blue Green Algae: Photosynthetic Reactions and Components of Thylakoids*. Blackwell Scientific Publications. London. 80-98.
- Katz, J. J., J. R. Norris, L. L. Shipman, M. C. Thurnauer, & M. R. Wasielewski. 1978. Chlorophyll function in photosynthetic reaction center. *Biophys. Bioeng.* 393-434.
- Lesser, M. P. 2008. Effect of ultraviolet radiation on productivity and nitrogen fixation in the Cyanobacterium, *Anabaena* sp. (Newton's Strain). *Hydrobiologia*. 598: 1-9.
- Mantyla, A. W., E. L. Venrick, & T. L. Hayward. 1995. Primary production and chlorophyll relationships, derived from ten years of calcofi measurements. *CalCOFI*. (36). 1-8.
- Needham, J. G. & P. R. Needham. 1963. *A Guide to the Study of Freshwater Biology*. Fifth Edition. Revised and Enlarged. Holden Day. Inc. San Francisco. 180 pp.
- Paerl, H., W. R. S. Fulton, P. H. Moisander, & J. Dyble. 2001. Harmful freshwater algal blooms, with an emphasis on cyanobacteria. *The Scientific World Journal*. 1: 76-113.
- Park, H. D. & H. Hayashi. 1992. Life cycle of *Peridinium bipes* f. *oculatum* (Dinophyceae) isolated from Lake Kizaki. *J. Fac. Sci. Shinshu University*. 27 (2): 1-19.
- Pitoyo, A. & Wiryanto. 2002. Produktivitas primer perairan Waduk Cengklik, Boyolali. *Biodiversitas*. 3 (1): 189-195.
- Purnomo K., E. S. Kartamihardja, A. Nurfiarini, & Z. Nasution. 2009. Penelitian Perikanan Berbasis Budi Daya (*Culture Based Fisheries*) di Perairan Waduk/Danau di Jawa Barat dan Jawa Tengah. *Loka Riset Pemacuan Stok Ikan*. (Tidak Dipublikasi). 98 pp.
- Purnamanintyas, S. E & D. W. H. Tjahjo. 2010. Hubungan kelimpahan fitoplankton dengan kualitas air di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan VII Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Jilid 2*. Manajemen Sumber Daya Pesisir (MSP 38). 1-6.
- Reynold, C. 2006. *Ecology, Biodiversity, and Conservation: Ecology of Phytoplankton*. Cambridge. 535 pp.
- Romimohtarto, K. & S. Juwana. 2005. *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Djambatan. Jakarta. 540 pp.
- Ruddick, K. G., V. De. Cauwer, Y. Park, & G. Moore. 2006. Seaborne measurements near infra red water leaving reflectance: The similarity spectrum for turbid waters. *Limn and Oean*. (51): 1,167-1,179.
- Sellers, B. H. & H. R. Markland. 1987. *Decaying Lake: The Origin and Control of Cultural Eutrophication*. John Wiley & Sons. 254 pp.



- Smith, R. C. 1995. Effect of U. V. radiation on phytoplankton. *U.S. National Report to International Union of Geodesy and Geophysics: Review of Geophysics, Supplement*. 1,211-1,223.
- Scheffer, M., S. Rinaldi, A. Gragnani, A. L. R Mur, E. H. van Nes. 1997. On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology*. 78. 277-282.
- Sugianti, Y. & Mujiyanto. 2008. Beberapa jenis fitoplankton dominan di Waduk Jatiluhur. *Prosiding Seminar Nasional V*. Universitas Gadjah Mada. 1-7.
- Sitorus, M. 2009. Hubungan nilai produktivitas primer dengan klorofil-a dan faktor fisika kimia di perairan Danau Toba, Balige, Sumatera Utara. *Tesis*. Pasca Sarjana. Universitas Sumatera Utara. 106 pp.
- Sugianti, Y. & K. Purnomo. 2009. Inventarisasi jenis plankton di Waduk Malahayu, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan VI. Jilid 2 Manajemen Sumber Daya Perikanan*. Jurusan Perikanan dan Kelautan. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. 1-6.
- Tilzer, M. M., C. R. Goldman, & E. D. Amezage. 1975. The efficiency of photosynthetic light energy utilization by lake phytoplankton. *Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart*. 18: 800-807.
- Tzong Wu, J. & J. Wen Chou. 1998. Dinoflagellate associations in Feitsui Reservoir, Taiwan. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 39: 137-145.
- Tjahjo, D. W. H. 2004. Kemantapan hasil tangkapan, keterkaitannya dengan sintasan, pertumbuhan, dan intensitas penangkapan udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) yang ditebarkan di Waduk Darma, Kuningan-Jawa Barat. *Disertasi*. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. 149 pp.
- Urabe, J., T. Sekino, K. Nozaki, A. Tsuji, C. Yoshimizu, M. Kagami, T. Koitabashi, T. Miyazaki, & M. Nakanishi. 1999. Light, nutrients, and primary productivity in Lake Biwa: An evaluation of the current ecosystem situation. *Ecological Research*. (14): 233-242.
- Vait, R. V. 1972. *Elements of Marine Ecology: An Introductory Course*. 2<sup>nd</sup> Edition. Butterworths. London. 313 pp.
- Valiela, I. 1995. *Marine Ecological Processes*. Second Edition. Springer. 686 pp.
- Wetzel, R. G. & G. E. Likens 2000. *Limnological Analyses*. 3<sup>rd</sup> Edition. Springer-Verlag. New York. Inc. USA. 429 pp.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Third Edition. Academic Press. 1,006 pp.
- Wahyono, T. 2002. *Belajar Sendiri SPSS 16 (Statistical Product and Service Solutions)*. P.T. Elex Media Komputindo. Jakarta. 204 pp.
- Wang, X. J., M. Behrenfeld, R. Le Borgne, R. Murtugudde, & E. Boss. 2009. Regulation of phytoplankton carbon to chlorophyll ratio by light, nutrients and temperature in the Equatorial Pacific Ocean: A basis scale model. *Biogeosciences*. 6: 391-404.
- Yuliana, E., M. Adiwilaga, & R. F. Kaswadji. 2002. Hubungan antara kandungan nutrisi dan intensitas cahaya dengan produktivitas primer fitoplankton di perairan Teluk Lampung. *Forum Pasca Sarjana*. 25 (4): 321-330.
- Zhang, M., F. Kong, X. Wu, & P. Xing. 2008. Different photochemical response of phytoplankton from the large shallow Taiho Lake of subtropical China in relation to light and mixing. *Hydrobiologia*. Springer Science+Business Media. 1-12.