

## PERUBAHAN TEMPORAL KOMPOSISI DAN KELIMPAHAN FITOPLANKTON DI SITU LEMBANG, JAWA BARAT

Sulastri

*Puslit Limnologi-LIPI*

Diterima redaksi : 22 Desember 2010, disetujui redaksi : 3 Februari 2011

### ABSTRAK

*Situ merupakan danau kecil serta memiliki karakteristik fisik perairan yang berfluktuasi, tergantung dari musim. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi suksesi dan pertumbuhan fitoplankton. Komposisi dan kelimpahan fitoplankton dapat berubah secara musiman (temporal) terkait fluktuasi karakteristik fisik tersebut. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui perubahan temporal komposisi dan kelimpahan fitoplankton di Situ Lembang. Pengamatan dilakukan pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober 2007. Parameter kualitas air diukur secara langsung menggunakan Horiba-U 10, sedangkan parameter nutrisi dianalisis menggunakan standard method. Fitoplankton diamati secara kuantitatif menggunakan metode Lackey Drop Microtransect termodifikasi. Pengelompokan fitoplankton dengan faktor lingkungan menggunakan analisis komponen utama. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan komposisi fitoplankton secara temporal. Bulan Mei (musim peralihan hujan ke kemarau) menunjukkan persentase komposisi antara Chlorophyta dan Chrysophyta yang seimbang, diindikasikan oleh nilai indeks keanekaragaman paling tinggi. Komposisi Chlorophyta mendominasi pada bulan Juni namun terus menurun memasuki bulan Juli, Agustus, September (musim kemarau), sebaliknya komposisi Chrysophyta paling rendah pada bulan Juni dan mulai meningkat pada musim kemarau dan awal musim hujan (Oktober), sementara Cyanophyta sedikit meningkat pada bulan Agustus. Perubahan temporal juga ditunjukkan oleh perubahan kadar klorofil. Kelimpahan Chlorophyta yang tinggi dijumpai pada kondisi pH yang lebih tinggi sedangkan Chrysophyta pada kondisi, suhu, konduktivitas, TN dan amonia yang lebih tinggi.*

**Kata kunci:** Situ, danau kecil, fitoplankton, nutrisi

### ABSTRACT

**TEMPORAL CHANGE OF PHYTOPLANKTON COMPOSITION AND ABUNDANCE IN SITU (SMALL LAKE) LEMBANG, WEST JAVA.** *Situ is a small lake and shallow, having fluctuated of waters physical characteristic, causing unstable hydrological condition and impact to phytoplankton succession. Phytoplankton composition in Situ Lembang is suspected change temporally or seasonally because of unstable physical characteristic of small lake. The aim of the study was to elucidate temporal change of phytoplankton in Situ Lembang. The study was conducted from May to October 2007. Water quality was measure in situ and nutrient were analyzed according to standard method. Quantitatif Analysis of phytoplankton was done by using modified Lackey Drop Microtransect. Principle component analysis was used to detect major environmental variable that influence phytoplankton. The result showd that there was temporally change of phytoplankton composition. In transitional season from rainy to dry season (May), showed a balance between Chlorophyceae and Chrysophyceae, was also indicated by the highest diversity index. Chlorophyceae dominated in June and decreased continuesly until dry season (July - September). On the contrary, the lowest Chrysophyceae composition found in June then increase continuesly until dry season and early rainy season (October). Temporal change was also found in phytoplankton abundance, species composition and chlorophyll-a concentration. Chlorophyceae was abundance in a higher pH condition, while Chrysophyceae was abundance in a higher conductivity, temperature, TN and ammonia concentration.*

**Key words:** Situ, small lake, phytoplankton, nutriens.

## PENDAHULUAN

Danau-danau kecil di Jawa Barat yang dikenal dengan nama "Situ", memiliki banyak fungsi yakni sebagai penyedia air bersih, irigasi pertanian, kegiatan perikanan dan wisata. Beberapa situ terbentuk karena penurunan permukaan tanah dan yang lainnya adalah buatan manusia dengan cara membentung aliran air. Di Jawa Barat khususnya wilayah Bogor, Bekasi dan Tangerang luas situ berkisar antara 1 sampai 160 ha (Anonimus, 1986)

Danau-danau kecil merupakan perairan dangkal sehingga masukan bahan-bahan organik dari daerah tangkapan atau daratan sekitarnya akan mempercepat penyuburan perairan (Wetzel, 2001). Demikian juga dilaporkan danau kecil yang dangkal lebih banyak dipengaruhi oleh *run off*, waktu tinggal air (*hydraulic retention time*) lebih pendek dan masukan nutrisi ke perairan lebih tinggi, sehingga komposisi dan suksesi fitoplankton tidak seperti dari danau-danau yang dalam (Reynold, 1984).

Di wilayah tropis, tinggi muka air dan volume air danau kecil sangat berfluktuasi tergantung dari musim atau masukan hujan, menyebabkan kondisi fisik perairan tidak stabil. Kondisi fisik perairan yang tidak stabil ini pada umumnya dianggap menjadi faktor utama pengendali pertumbuhan fitoplankton (Calijuri *et al.*, 2002). Pada kondisi tinggi muka air yang rendah, ketersediaan nutrisi lebih terbatas dan dampaknya akan mengubah komposisi jenis fitoplankton (Noges *at al.*, 2003). Selain itu dikemukakan Khuantrairong & Traichaiyaporn (2008) bahwa suksesi fitoplankton di perairan danau tergantung dari ketersediaan nutrisi, waktu tinggal air, suhu, intensitas cahaya dan kecerahan perairan.

Situ Lembang terletak di Kabupaten Bandung memiliki luas 5,8 ha, kedalaman maksimum ( $Z_{max}$ ) 6 m, dan berada pada elevasi 1500 m di atas permukaan laut (Sulastrı *et al.*, 2010). Situ tersebut masih

alami karena di sekitarnya masih dikelilingi hutan yang cukup luas. Karakteristik kondisi fisik dan kimiawi perairannya menunjukkan bahwa situ Lembang memiliki kondisi perairan yang masih baik. Oleh karena itu Situ Lembang dapat dijadikan rujukan untuk evaluasi dan pemantauan kualitas air danau-danau kecil di Jawa khususnya danau kecil yang memiliki kesamaan karakteristik fisik dan kimiawi perairan (Sulastrı *et al.*, 2009). Hasil pengamatan sebelumnya juga menunjukkan Situ Lembang tergolong perairan mesotrofik dengan indeks status trophic rata-rata 47,7 dan kandungan klorofil rata-rata 8,84 mg/m<sup>3</sup> serta fitoplankton didominasi oleh alga hijau (Chlorophyta) (Sulastrı *et al.*, 2008). Adanya karakteristik fisik yang tidak stabil pada perairan danau dangkal seperti situ, menyebabkan komposisi, dominansi dan kelimpahan fitoplankton Situ Lembang secara musiman kemungkinan menunjukkan kondisi yang berbeda dengan pengamatan sebelumnya. Seperti yang dilaporkan Stoyneva (2003) bahwa danau dangkal memiliki kondisi hidrologi yang tidak stabil sehingga menyebabkan adanya perubahan suksesi fitoplankton di perairan.

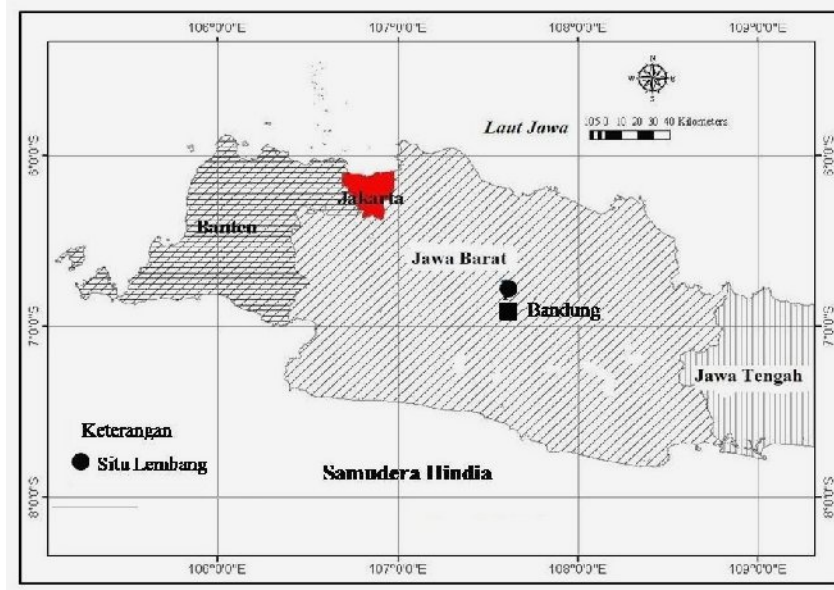
Penelitian ini untuk mengetahui perubahan komposisi dan kelimpahan fitoplankton secara temporal di perairan Situ Lembang dan hubungan antara faktor lingkungan dengan perubahan komposisi fitoplankton secara temporal.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dari bulan Mei sampai dengan bulan Oktober 2007 di Situ Lembang (Gambar 1). Pengambilan contoh secara stratifikasi dilakukan pada stasiun yang paling dalam. Pengukuran kualitas air dan nutrisi dilakukan pada bagian permukaan (0 m), kedalaman Secchi, dan dasar perairan sedangkan contoh phytoplankton hanya diambil dari bagian permukaan (0 m) dan kedalaman Secchi.

Data parameter fisik dan kimia perairan lainnya yang diukur secara langsung di lapangan adalah pH, suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ), turbiditas (NTU), konduktivitas, (mS/cm), oksigen terlarut (mg/L) dengan menggunakan alat *Water Quality Checker* (Horiba U-10). Parameter kimia yang tidak dapat dianalisis secara langsung di lapangan dianalisis di laboratorium Hidrokimia, Pusat Penelitian Limnologi-LIPI menggunakan metode standard dari Anonimus (1992). Parameter kimia yang dianalisis di laboratorium, metode, dan alat yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Contoh fitoplankton diambil dengan menyaring air sebanyak 2 liter pada permukaan perairan dan kedalaman Cakram Secchi menggunakan plankton net ukuran mata jaring  $40\ \mu\text{m}$  dan diawetkan dengan menggunakan larutan lugol sebanyak 1%. Jenis-Jenis fitoplankton diidentifikasi menggunakan buku rujukan yang disajikan Prescott (1951). Scott dan Prescott (1961). Sonneman *et al* (1999) dan Baker & Fabbro (1999) dengan bantuan alat *inverted microscope*. Penghitungan kuantitatif fitoplankton menggunakan metode Lackey Drop Microtranct (Anonimus, 1992). Indeks



Gambar 1. Lokasi Kegiatan Penelitian

Tabel 1. Parameter kimia yang dianalisis, metode, dan alat yang dipergunakan selama analisis di laboratorium (Anonimus, 1992).

No	Parameter	Metode	Alat utama
1	Amonia ( $\text{N-NH}_4$ )	Fenat	Spektrofotometer
4	Chlorofil-a	Kolorimetrik	Spektrofotometer
5	Nitrat ( $\text{NO}_3$ )	Brucine	Spektrofotometer
6	Nitrit ( $\text{NO}_2$ )	Sulfanilamide	Spektrofotometer
7	Suspended Solids (SS)	Gravimetri	Oven
8	Total N	Destruksi asam borat	Spektrofotometer
9	Orthofosfat (P- $\text{PO}_4$ )	Asam askorbat	Spektrofotometer
10	Total P	Destruksi asam. askorbat	Spektrofotometer

diversitas dan indek dominansi fitoplankton menggunakan metode yang dirujuk dari Odum (1971). Analisis komponen utama (PCA) yang dirujuk dari Quinn & Keouch, (2002) digunakan untuk menentukan faktor lingkungan utama yang mengelompokkan komposisi fitoplankton. Analisis komponen utama menggunakan program MPSP Versi 31.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kualitas air.

Kualitas air Situ Lembang selama pengamatan disajikan pada tabel 2. Kondisi kualitas air berfluktuasi selama pengamatan. Kecerahan perairan dari bulan Mei sampai dengan Agustus antara 1,0 – 1,8 m, sedangkan pada bulan September dan Oktober kondisi perairan sangat dangkal sehingga kecerahan sampai dasar perairan. Kondisi ini menunjukkan adanya fluktuasi volume air situ selama pengamatan.

Suhu perairan antara 20,7 – 22,8°C, menunjukkan kondisi yang umum dijumpai untuk danau-danau dataran tinggi. Situ Cileunca dan Patenggang yang letaknya 1000 m di atas permukaan laut suhu perairannya masing-masing 23,31°C dan 21,96°C, sedangkan danau Menjer yang terletak 1226 m di atas permukaan laut memiliki suhu perairan rata-rata 21,53°C (Sulastrri *et al.*, 2010).

Konduktivitas antara 0,014 – 0,053 mS/cm dengan nilai terendah dijumpai pada

bulan Mei dan nilai yang lebih tinggi dijumpai pada bulan September dan Oktober (Tabel 2). Menurut Boyd (1982) konduktivitas perairan tawar berkisar < 25 - > 500  $\mu$ S/cm (<0,025 - > 0,500 mS/cm). Tingginya konduktivitas pada bulan September kemungkinan berkaitan dengan meningkatnya kandungan ion yang disebabkan evaporasi (penguapan), turunnya volume air situ yang disebabkan kurangnya hujan, atau aliran air yang masuk ke situ.

Nilai turbiditas (kekeruhan) juga menunjukkan kondisi yang berfluktuasi. Nilai yang tinggi dijumpai pada bulan Agustus dan September. Turbiditas merupakan ukuran tingkat penetrasi cahaya kedalam perairan yang dipengaruhi oleh padatan terlarut dan tersuspensi yang berasal dari sedimen atau mikroorganisme seperti plankton (Boyd, 1982). Tingginya kekeruhan pada bulan September juga diindikasikan oleh tingginya padatan tersuspensi, kandungan klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton pada bulan tersebut (Tabel 2). Kondisi ini juga ditunjukkan oleh adanya hubungan positif diantara variabel tersebut (Tabel 6).

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi dengan kadar yang tinggi dijumpai pada bulan Agustus dan September, sedangkan terendah dijumpai pada bulan Oktober. Tingginya kadar oksigen terlarut pada bulan Agustus dan September diduga berkaitan dengan proses fotosintesis

Tabel 2. Rata-rata kondisi kualitas air Situ Lembang selama pengamatan.

Parameter lingkungan	Pengamatan (bulan)					
	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Kecerahan (m)	1	1,8	1,05	1	*	*
Suhu (oC)	20,7	21,7	20,6	20,7	22,8	21,6
Konduktivitas (mS/cm)	0,014	0,027	0,019	0,033	0,053	0,053
Turbiditas (NTU)	3,4	1	2,4	5,1	16	3
Oksigen terlarut (mg/L)	6,12	8,43	7,9	10,43	8,85	3,33
pH	7,7	6,6	5,8	6,9	7,07	7,04
CO <sub>2</sub> (mg/L)	5,41	2,336	3,802	1,254	2,946	5,115
Material tersuspensi (SS) mg/L	7,6	3,6	32	21,8	31,4	10,7

Keterangan: \* kecerahan sampai dasar perairan (dangkal)

fitoplankton yang juga diindikasikan oleh tingginya kadar klorofil-a pada bulan tersebut (Tabel 3). Kadar oksigen terlarut yang rendah diduga disebabkan oleh pemanfaatan bakteri dalam proses dekomposisi bahan organik yang berasal dari serasah ataupun fitoplankton yang melimpah pada bulan sebelumnya (Agustus dan September). Dilaporkan setelah terjadi *blooming algae* atau melimpahnya fitoplankton dilanjutkan dengan penyusutan dan pengendapan alga yang sudah mati (Anonimus,1999). Proses selanjutnya terjadi pembusukan alga dan penurunan oksigen terlarut karena dimanfaatkan oleh bakteri dalam proses dekomposisi (pembusukan bahan organik tersebut. Fase ini merupakan fenomena kematian ikan secara masal yang sering dijumpai setelah terjadi *blooming* alga.

Nilai pH berkisar 5,8 – 7,7 menunjukkan kondisi asam sampai netral. Nilai ini masih umum untuk perairan danau yang berkisar antara 6 – 9 (Goldman & Horne, 1983). Kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi dijumpai pada bulan Mei dan Oktober masing-masing adalah 5,41 mg/L dan 5,115 mg/L, sedangkan kadar terendah dijumpai pada bulan Agustus (1,254 mg/L). Nilai terendah CO<sub>2</sub> pada bulan Agustus kemungkinan terkait dengan aktivitas fotosintesis. Sebaliknya pada bulan Mei yang masih dipengaruhi musim hujan menyebabkan intensitas cahaya lebih rendah dan aktivitas fotosintesis berkurang. Pada bulan Oktober intensitas cahaya kemungkinan mencukupi untuk proses fotosintesis namun kelimpahan fitoplankton

menurun. Kondisi tersebut juga dapat berdampak kepada kadar CO<sub>2</sub>. Hubungan ini terlihat pada matrik korelasi pada tabel 6 yang menunjukkan CO<sub>2</sub> memiliki hubungan negatif dengan kelimpahan dan kandungan klorofil-a.

Material tersuspensi (SS; *suspended solid*) menunjukkan nilai yang berfluktuasi, nilai yang tinggi dijumpai di bulan Juli, Agustus dan September. Material tersuspensi merupakan partikel partikel tersuspensi yang berasal dari bahan anorganik seperti sedimen atau organik seperti detritus, mikroorganism atau plankton. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya. tingginya SS pada bulan Agustus dan September diduga terkait dengan tingginya kelimpahan fitoplankton pada bulan tersebut (Tabel 4), sedangkan SS yang tinggi pada bulan Juli kemungkinan dipengaruhi oleh detritus ataupun sedimen yang masuk bersama aliran air saat terjadi hujan pada bulan tersebut.

Rata-rata kadar nutrisi dan klorofil-a disajikan pada tabel 3. Kadar fosfat menunjukkan kisaran yang rendah (0,0003 mg/L – 0,0319 mg/L) dan berfluktuasi selama pengamatan. Kadar yang tinggi dijumpai pada bulan Juli yang diduga masukan dari *run off*. Fosfat merupakan senyawa yang memiliki kecenderungan terikat pada partikel-partikel sedimen dan cenderung mengendap ke dasar perairan, oleh karena itu kadarnya pada umumnya rendah (Goldman & Horne, 1983). Kadar total fosfor (TP) juga menunjukkan nilai yang berfluktuasi sepanjang pengamatan

Tabel 3. Rata-rata kadar nutrisi dan klorofil-a di Situ Lembang.

Parameter	Waktu pengamatan (bulan)					
	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,0003	0,0113	0,0319	0,017	0,0045	0,006
TP (mg/L)	0,0298	0,0259	0,087	0,0816	0,0436	0,0273
N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	0,0949	0,1123	0,1011	0,0938	0,4966	0,1707
N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	0,0268	<0,0175	0,0195	0,0339	<0,0394	0,0977
N-NO <sub>2</sub> (mg/L)	0,0027	0,0025	0,0036	0,0062	0,0035	0,0027
TN (mg/L)	0,7295	0,1628	0,2265	0,4349	0,7562	0,3733
TN:TP	26,9	6,6	2,7	5,4	17,3	13,7
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )		3,23	3,76	44,5	43,46	9,25

yakni berkisar antara 0,0298 mg/L - 0,087 mg/L. Kadar yang tinggi juga dijumpai pada bulan Juli yang diduga berasal dari *run off*.

Amonia memiliki kisaran kadar 0,0938 mg/L - 0,4966 mg/L dan berfluktuasi selama pengamatan. Bila dikaitkan dengan baku mutu kualitas air untuk perikanan nilainya melebihi ambang batas yang ditetapkan (0,06 mg/L) (Peraturan Pemerintah No 20, 1990). Amonia merupakan produk utama dari hasil dekomposisi bahan organik oleh bakteri heterotrofik, karena itu kadar amonia bervariasi secara spasial dan musiman (Wetzel, 2001).

Di Situ Lembang kadar amonia yang berada di atas baku mutu untuk kegiatan perikanan kemungkinan disebabkan oleh proses dekomposisi dari serasah tumbuhan hutan sekitarnya yang masuk ke perairan situ. Dilaporkan bahwa penggunaan lahan di sekitar Situ Lembang 84% adalah hutan (Sulastri *et al*, 2008). Kadar amonia yang paling tinggi dijumpai pada bulan September (0,4966 mg/L), kadar yang tinggi ini selain berasal dari dekomposisi serasah juga berasal dari fitoplankton yang melimpah pada bulan tersebut (Tabel 5). Di sisi lain pada kondisi surut kadar amonia meningkat karena tidak ada pengenceran dari air hujan.

Kadar nitrat antara <0,0175 mg/L - 0,0977 mg/L. Di perairan alami kadar nitrat dapat mencapai 1 mg/L dan di perairan tawar kadarnya bervariasi secara musiman dan spasial. Sumber nitrat di danau terutama adalah dari hujan dan *run off* dan kadarnya juga berhubungan dengan kegiatan pemanfaatan lahan di wilayah sekitarnya (Goldman & Horne, 1983). Kadar nitrat tergolong rendah bila dibandingkan dengan situ lainnya di Jawa seperti Situ Cileunca, Situ Cangkuang, Telaga Menjer, dan Telaga Pengilon masing-masing kadarnya rata-rata 0,257; 0,213; 2,376 dan 1,067 mg/L (Sulastri *et al.*, 2009). Kondisi ini kemungkinan berhubungan dengan dominansi pemanfaatan lahan yang berbeda dari setiap situ seperti di sekitar Situ Lembang adalah

hutan (84 %), Cileunca berupa ladang dan kebun (50%), Cangkuang dengan dominasi sawah (51,49%), Telaga Menjer berupa ladang dan kebun (48,74%), dan Situ Pengilon berupa ladang dan kebun 95,95 % (Sulastri *et al*, 2009).

Nitrit juga menunjukkan kisaran kadar yang rendah (0,0027 mg/L - 0,0036 mg/L). Pada umumnya kadar nitrit pada kondisi aerobik antara 0 - 0,01 mg/L, sedangkan amonia dapat berkisar antara 0 - 5 mg/L (Goldman & Horne, 1983).

Total nitrogen berkisar 0,1628 mg/L - 0,7562 mg/L. Berdasarkan standar yang dikeluarkan Swedish Environmental Agency (SEPA, 1991), kadar nitrogen tersebut tergolong rendah. Standard yang dikeluarkan SEPA (1991) untuk perairan yang kaya nitrogen memiliki konsentrasi Total nitrogen (TN) > 1,5 mg/L. Kondisi ini bisa dipahami karena perairan Situ Lembang tergolong masih alami dan pemanfaatan lahan di sekitarnya masih didominasi hutan.

Rasio TN:TP selama pengamatan berfluktuasi (Tabel 3). Rasio TN:TP merupakan faktor yang mengontrol komposisi jenis dan pertumbuhan fitoplankton. Pada kadar TN yang rendah atau rasio TN:TP yang rendah lebih banyak dijumpai jenis-jenis alga biru yang mampu memfiksasi nitrogen dari udara (Harris, 1986). Jogersen (1980) melaporkan rasio TN:TP < 12 mengindikasikan nitrogen merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton dan sebaliknya pada rasio TN:TP >12, fosfor merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton. Pada pengamatan bulan Juni, Juli, Agustus menunjukkan nilai TN:TP < 12 atau nitrogen merupakan faktor pembatas fitoplankton sedangkan pada bulan Mei, September dan Oktober menunjukkan nilai TN:TP > 12 yang mengindikasikan faktor pembatas fitoplankton adalah fosfor (Jorgensen, 1980).

Kadar klorofil-a berfluktuasi selama pengamatan. Kadar yang tinggi (44,5 mg/L - 43,46 mg/L) dijumpai pada bulan Agustus dan September, sedangkan kadar yang

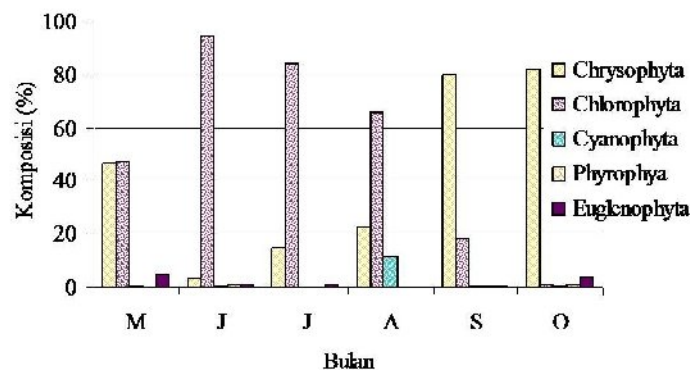
rendah dijumpai pada bulan Juni, Juli dan Oktober. Tinggi rendahnya kadar klorofil-a juga terkait dengan kelimpahan fitoplankton pada bulan tersebut (Tabel 4).

### Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton.

Komposisi fitoplankton didominasi oleh kelompok alga hijau (Chlorophyta) dan kelompok Diatom (Chrysophyta) (Gambar 2). Komposisi fitoplankton menunjukkan perubahan selama pengamatan. Pada bulan Mei yang merupakan musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau menunjukkan komposisi yang seimbang antara Chlorophyta dan Chrysophyta. Selanjutnya Chlorophyta menunjukkan dominansi pada bulan Juni namun terus menurun memasuki musim kemarau (Juli, Agustus, September). Sebaliknya pada bulan Juni Chrysophyta komposisinya paling rendah, namun kemudian terus meningkat memasuki musim kemarau dan awal musim hujan (Juli, Agustus, September dan Oktober). Hasil pengamatan ini juga menunjukkan munculnya alga biru hijau (Cyanophyta) pada bulan Agustus atau musim kemarau.

lingkungan sesuai dengan kebutuhan hidupnya maka fitoplankton akan mencapai pertumbuhan maksimum dalam keseimbangan (*steady state*). Sommer & Padisak (1993) dalam Stoyneva (2003) mengidentifikasi kondisi *steady state* fitoplankton apabila satu sampai tiga jenis fitoplankton memberikan kontribusi 80 % dari total biomasa. Selanjutnya keberadaan jenis tersebut mencapai pertumbuhan maksimumnya dan mampu hidup bersama dengan jenis lain lamanya tidak lebih dari 1 sampai 2 minggu. Pada periode tersebut biomasa fitoplankton tidak meningkat kembali. Kondisi seperti ini diduga juga terjadi pada kelompok Chlorophyta yang mencapai prosentase kelimpahan maksimum (93 %) dari total kelimpahan pada bulan Juni karena didukung oleh kondisi lingkungan yang memadai.

Pada bulan Juni, fitoplankton didominasi oleh jenis dari kelompok Chlorophyta yakni *Staurastrum megacantum*, jenis dari famili Desmidiaceae (Tabel 5). Jenis-jenis dari famili ini seperti *Staurastrum*, *Cosmarium*, *Closterium* dan *Staurodesmus* tergolong jenis yang memiliki sifat tenggelam sehingga keberadaannya



Gambar 2. Komposisi fitoplankton Situ Lembang

Perubahan dominansi fitoplankton bisa dipengaruhi oleh faktor hidrologi, fisika, kimia, seperti suhu, intensitas cahaya, pH, pasokan nutrisi dan pemanfaatan oleh zooplankton (Reynold, 1993). Oleh karena itu pada kondisi tertentu dimana kondisi

juga dipengaruhi oleh faktor fisik seperti pengadukan kolom air (Reynold, 1984). Juni merupakan bulan menuju musim kemarau namun masih terjadi turun hujan, sehingga pengadukan kolom air masih terjadi. Disamping itu intensitas cahaya

mulai meningkat pada peralihan musim hujan menuju musim kemarau dan mendorong meningkatnya proses fotosintesis dan pertumbuhan fitoplakton jenis-jenis famili Desmidiaceae pada bulan Juni.

Persentase komposisi Chrysophyta tertinggi (82,6%) pada bulan Oktober, didominasi oleh kelompok diatom (*Melosira granulata*). Jenis diatom pada umumnya menempati kolom bagian dalam atau dasar perairan karena memiliki dinding sel yang lebih berat. Oleh karena itu dapat dipahami pada bulan Oktober didominasi Chrysophyta karena kondisi perairannya dangkal. Pada kondisi perairan yang dangkal intensitas mencapai dasar perairan yang mendorong fotosintesis dan pertumbuhan kelompok diatom pada bulan ini.

Kelompok alga biru hijau (Cyanophyta) jarang dijumpai di Situ Lembang namun persentasenya agak meningkat pada bulan Agustus (11,6 %) yang didominasi oleh *Microcystis aeruginosa* (Gambar 2; Tabel 5). Alga biru hijau seperti *Microcystis* umumnya tumbuh pada musim panas dengan kolom perairan yang stabil dan menempati kolom permukaan karena adanya gelembung gas (Wetzel, 2001; Harris 1986; Reynold, 1984). Kondisi yang mendorong pertumbuhan *Microcystis* dijumpai pada musim kemarau (Agustus) dimana cuaca dan aliran air ke perairan situ menurun menyebabkan kolom perairan lebih stabil

Adanya gelembung gas menyebabkan *Microcystis* mampu mengapung memanfaatkan sumberdaya yang efisien dan membentuk koloni untuk

mengatasi keterbatasan intensitas cahaya serta memfiksasi nitrogen dari udara untuk mengatasi keterbatasan unsur hara nitrogen (Harris, 1986). Adanya faktor pembatas unsur nitrogen yang diindikasikan rasio TN:TP <12 (Tabel 3) kemungkinan juga mendorong *Microcystis* untuk tumbuh lebih

dominan karena mampu memfiksasi nitrogen dari udara.

*Microcystis aeruginosa* pada pengamatan sebelumnya tidak dijumpai (Sulastri *et al*, 2008). *Microcystis* memiliki sifat permanen atau abadi artinya jenis-ini terus akan tumbuh apabila sudah pernah tumbuh di perairan dan kistanya akan tumbuh kembali apabila kondisi lingkungannya mendukung untuk tumbuh (Harris, 1986).

Kelimpahan fitoplankton yang rendah dijumpai pada bulan Mei dan kelimpahan tinggi pada bulan Agustus dan September (Tabel 5). Bulan Mei merupakan peralihan musim hujan ke musim kemarau, sehingga perairan situ sering terjadi pergantian air atau waktu air tinggal di danau lebih pendek. Pada kondisi demikian fitoplankton tidak sempat tumbuh melimpah karena hanyut terbawa aliran air. Disamping itu lebih rendahnya kadar nutrien (fosfat) pada bulan ini juga tidak mendorong melimpahnya pertumbuhan fitoplankton.

Sebaliknya pada musim kemarau (Agustus dan September) aliran air ke perairan situ berkurang, tinggi muka air menurun maka kolom perairan stabil, intensitas cahaya meningkat menyebabkan fitoplankton tumbuh melimpah.

Pada bulan Oktober kelimpahan fitoplankton menurun kembali dibandingkan bulan Agustus dan September. Seperti yang disebutkan sebelumnya, kondisi ini umum dijumpai setelah fase fitoplankton melimpah maka fitoplankton akan mati karena menurunnya kembali unsur hara setelah dimanfaatkan fitoplankton yang melimpah bulan sebelumnya.

### **Total Taksa, Indek Keanekaragaman, dan Dominansi Fitoplankton.**

Total taxa, index keanekaragaman dan dominansi fitoplankton disajikan pada tabel 4. Indek keanekaragaman fitoplankton tertinggi dijumpai pada bulan Mei (3,37) terendah (2,51) dijumpai di bulan Oktober.



Wilm (1970) dalam Rahocevic-Nedovic & Hollert (2005) menyimpulkan bahwa nilai indek keanekaragaman yang tinggi menunjukkan suatu ekosistem secara ekologis lebih stabil dan sebaliknya indek keanekaragaman yang lebih rendah suatu ekosistem secara ekologis kurang stabil. Kondisi ini menunjukkan perairan Situ Lembang mengalami perubahan stabilitas ekologi secara temporal karena adanya faktor lingkungan yang berdampak kepada komposisi jenis dan kelimpahan fitoplankton. Kondisi ini diindikasikan oleh rendahnya kelimpahan dan dominansi jenis fitoplankton serta adanya keseimbangan komposisi fitoplankton pada bulan Mei (Tabel 4; Gambar 2). Sebaliknya pada bulan Oktober walaupun kelimpahan fitoplankton menurun, namun terjadi dominansi fitoplankton dan jumlah jenis juga rendah mengindikasikan kurangnya stabilitas ekologi perairan pada bulan ini.

pada bulan ini. Disamping itu jenis-jenis dari kelompok ordo Chlorococcales seperti *Dicthiosphaerium*, *Oocystis*, *Pediastrum*, *Characium* dan kelompok Euglenophyta yang tadinya jarang dijumpai juga muncul karena kemungkinan kondisi lingkungan yang lebih sesuai untuk tumbuh (Tabel 5). Jenis-jenis dari kelompok ini umumnya banyak dijumpai pada perairan yang kaya organik (Hutchinson, 1967).

Kondisi ini menyimpulkan secara temporal terjadi perubahan komposisi jenis-jenis fitoplankton (Tabel 5). Jenis-jenis dari kelompok desmid khususnya *Staurastrum* banyak dijumpai pada bulan Mei, Juni, dan Juli, sedangkan pada bulan September dan Oktober tidak atau jarang sekali dijumpai. Satu jenis yang banyak dijumpai di bulan Agustus adalah *Staurastrum perundulatum*. Sebaliknya pada kondisi surut banyak dijumpai jenis-jenis dari kelompok diatom yang umumnya menempati kolom dasar dan

Tabel 4. Total species, kelimpahan, indek keanekaragaman (H') dan indek dominansi (C) fitoplankton Situ Lembang.

Bulan	Total species	Kelimpahan Fitoplankton (individu/L)						Indek	
		Total kelimpahan	Chryso phyta	Chloro phyta	Cyano phyta	Pyrrho phyta	Eugleno phyta	H'	C
Mei	25	41550	19500	19650	0	300	2100	3,37	0,169
Juni	24	150210	5130	138780	450	2250	1350	2,63	0,417
Juli	22	49815	7380	41985	0	0	450	3,24	0,262
Agustus	24	291600	66600	191700	33300	0	0	2,54	0,176
September	35	319500	254700	59400	900	1800	2700	2,86	0,198
Oktober	21	77850	63900	9900	0	450	3150	2,51	0,265

Jumlah jenis fitoplankton yang tinggi dijumpai pada bulan September, dengan jenis dominan kelompok diatom. Pada kondisi surut seperti bulan September, maka jenis-jenis diatom yang hidup dikolom dasar akan muncul dan meningkatkan jumlah jenis

perairan dangkal seperti *Pinnularia* dan *Surirella*. Seperti yang dilaporkan oleh Cardoso & Marcues (2004) bahwa tinggi muka air memiliki hubungan langsung dengan jenis-jenis kelompok diatom.

Tabel 5. Jenis-jenis fitoplankton Situ Lembang

Jenis-jenis fitoplankton	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
<b>Chrysophyta</b>						
<i>Cymbella sp</i>	*				*	*
<i>Diatoma sp</i>					*	
<i>Eunotia sp</i>			*			*
<i>Fragilaria construent</i>	*	*	*	*	***	*
<i>Fragilaria intermedia</i>					**	
<i>Frustulia sp</i>	*				*	
<i>Melosira granulata</i>	*	*	*	****	****	***
<i>Navicula sp</i>		*		*	*	*
<i>Navicula criptocephalus</i>						*
<i>Nitzchia sp</i>	*				*	
<i>Pinnularia sp</i>				*		
<i>Pinnularia gibba</i>	*		*			
<i>Pinnularia viridis</i>	*				*	*
<i>Pinnularia interupta</i>					*	
<i>Surirella sp</i>					*	
<i>Synedra ulna</i>	**		*	*	***	*
<i>Stausosis sp</i>	*				*	
<i>Dinobryon sp</i>	*		*	*	**	**
<i>Cynatopleura sp</i>				*		
<b>Chlorophyta</b>						
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	*	*		*	*	
<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	*	*	*	*		
<i>Arthrodesmus subvalidus</i>	*	*				
<i>Cosmarium contractum</i>	*	*	*	*	*	
<i>Cosmarium sp</i>				*	*	
<i>Coelastrum sp</i>	*	*		*	*	*
<i>Closterium kuetzingii</i>		*	*			
<i>Closterium gracile</i>		*	**	****	*	*
<i>Closterium sp</i>	*	*		*		
<i>Characium limneticum</i>					*	
<i>Characium sp</i>						*
<i>Dictyosphaerium sp</i>					*	
<i>Oocystis eliptica</i>	*					
<i>Oocystis sp</i>	*				*	
<i>Ophycytium</i>					*	
<i>Kichneriella sp</i>					*	*
<i>Pediastrum duplex</i>				*		
<i>Pediastrum duplex var rugulosum</i>					*	
<i>Rhizoclonium sp</i>		**	**	***		
<i>Scenedesmus bijuga</i>		*	*	*	*	*
<i>Scenedesmus longus</i>			*		*	
<i>Scenedesmus dimorphus</i>		*	*	*	*	*
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		*	*	*	*	*
<i>Scenedesmus quadricauda var Westii</i>					*	
<i>Staurastrum gutwinskii</i>		*	*	*		
<i>Staurastrum megacanthum</i>		****	*	*		
<i>Staurastrum multispiniceps</i>	*		*			
<i>Staurastrum peristepes</i>	*	*	*	*		

Tabel 5 (Lanjutan)

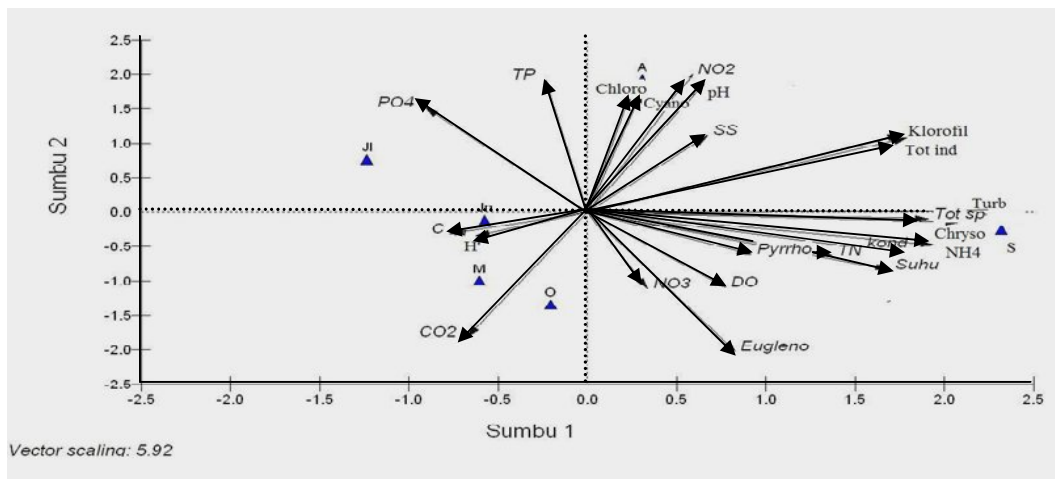
<i>Staurastrum perundulatum</i>	*	*	*	***	
<i>Staurastrum trissacantum</i>	*	*			
<i>Staurastrum playfairi</i>		*	*		
<i>Staurastrum zonatum</i>					*
<i>Staurastrum sp.</i>	*				
<i>Sphaerocystis</i>					*
<b>Cyanophyta</b>					
<i>Pseudoanabaena</i>		*			
<i>Microcystis</i>				***	*
<b>Pyrrhophyta</b>					
<i>Glenodinium sp</i>		*			*
<i>Peridinium cinctum</i>	*	*			
<b>Euglenophyta</b>					
<i>Euglena</i>					*
<i>Trachelomonas hispida</i>	*	*	*		*
<i>Trachelomonas hispida var. pucntata</i>					*
<i>Trachelomonas hispida var. Westii</i>					*

Keterangan: \*\*\*\* : 50.000; \*\*\* : > 25.000 ; \*\* : 10.000; \* < 500 - 10.000

### Keterkaitan fitoplankton dengan faktor lingkungan

Ordinasi hasil analisis komponen utama (PCA) terhadap komposisi dan kelimpahan fitoplankton dengan faktor lingkungan disajikan pada gambar 3. Pada tabel 6 disajikan matrik korelasi komposisi dan kelimpahan fitoplankton dengan faktor lingkungan. Kelimpahan Chlorophyta yang tinggi dijumpai pada kondisi pH dan nitrit yang tinggi, sedangkan Cyanophyta banyak

dijumpai pada kondisi pH dan TP yang tinggi. Kondisi ini juga ditunjukkan oleh hubungan yang positif kedua kelompok itu dengan faktor lingkungan (Tabel 6). Kemampuan kelompok alga hijau biru tumbuh pada pH yang lebih tinggi tampak dengan melimpahnya alga ini pada musim panas dan meningkatkan kompetisi dengan jenis lain dalam memanfaatkan carbon pada pH yang lebih tinggi (Harris, 1986).



Gambar 3. Ordinasi dari hasil analisis komponen utama (PCA) komposisi fitoplankton dengan faktor lingkungan.

**Tabel 6 . Matrik korelasi fitoplankton dengan faktor lingkungan.**

	Suhu	kond	Turb.	pH	DO	CO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	TP	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	TN
Suhu	1											
kond	0,763	1										
Turb.	0,721	0,592	1									
pH	0,006	-0,2	0,308	1								
DO	0,178	0,157	0,256	0,279	1							
CO <sub>2</sub>	0,117	0,091	0,197	0,882	0,329	1						
PO <sub>4</sub>	0,456	-0,32	0,297	0,38	0,928	0,355	1					
TP	0,485	0,245	0,02	0,58	0,612	0,463	0,837	1				
NH <sub>4</sub>	0,885	0,701	0,945	0,12	0,183	0,081	-0,34	0,182	1			
NO <sub>3</sub>	0,255	0,723	0,041	0,734	0,277	0,425	0,348	0,353	0,163	1		
NO <sub>2</sub>	0,249	0,053	0,248	0,724	0,187	0,728	0,431	0,795	0,013	0,205	1	
TN	0,298	0,198	0,703	0,017	0,761	0,269	0,652	0,215	0,568	0,066	0,035	1
SS	0,003	0,171	<b>0,507</b>	0,364	0,473	0,205	0,589	0,789	0,385	0,093	0,572	0,149
klorofil	0,373	<b>0,53</b>	<b>0,754</b>	<b>0,593</b>	0,178	<b>0,628</b>	0,074	0,358	0,573	0,036	0,768	0,448
Tot ind	<b>0,532</b>	<b>0,53</b>	<b>0,727</b>	<b>0,691</b>	0,113	<b>-0,77</b>	0,106	0,212	<b>0,608</b>	0,097	<b>0,652</b>	0,309
Chryso	<b>0,8</b>	<b>0,73</b>	<b>0,981</b>	0,212	0,263	0,189	0,342	0,062	<b>0,965</b>	0,199	0,206	0,64
Chloro	0,102	-0,08	0,056	<b>0,795</b>	0,168	<b>0,936</b>	0,247	0,363	0,198	0,414	<b>0,689</b>	0,309
Cyano	0,348	0,008	0,017	<b>0,591</b>	0,04	0,689	0,214	<b>0,567</b>	0,238	0,093	0,912	0,016
Pyrrho	<b>0,791</b>	0,307	0,326	0,181	0,054	-0,28	0,365	-0,57	0,512	0,178	0,386	0,027
Eugleno	<b>0,647</b>	<b>0,586</b>	0,351	0,714	0,548	0,633	0,752	0,799	<b>0,542</b>	<b>0,647</b>	0,681	0,456
Tot sp	<b>0,741</b>	0,399	<b>0,939</b>	0,402	0,303	0,233	0,381	0,122	<b>0,9</b>	0,204	0,108	<b>0,692</b>
H'	0,363	<b>-0,67</b>	0,021	0,053	0,008	<b>0,506</b>	0,104	0,139	0,092	-0,5	0,265	0,339
C	0,197	0,048	0,463	0,067	0,465	0,169	0,178	0,335	0,213	0,109	0,464	0,773

**Tabel 6 (Lanjutan)**

	SS	klorofil	Tot ind	Chryso	Chloro	Cyano	Pyrrho	Eugleno	Tot sp	H'	C
SS	1										
klorofil	0,496	1									
Tot ind	0,321	<b>0,938</b>	1								
Chryso	0,446	<b>0,754</b>	0,739	1							
Chloro	-0,06	0,49	0,624	-0,063	1						
Cyano	0,205	<b>0,658</b>	0,566	0,006	0,784	1					
Pyrrho	-0,37	0,047	0,36	0,37	0,171	-0,381	1				
Eugleno	-0,29	-0,12	-0,119	0,443	-0,686	-0,632	0,352	1			
Tot sp	0,307	<b>0,626</b>	<b>0,690</b>	<b>0,892</b>	0,012	-0,09	0,535	0,32	1		
H'	0,218	-0,399	-0,499	-0,18	-0,522	-0,43	-0,285	-0,067	0,087	1	
C	-0,49	-0,516	-0,223	-0,386	0,177	-0,378	0,608	-0,019	-0,303	-0,33	1

Chrysophyta banyak dijumpai pada bulan September, pada kondisi TN, amonia, konduktivitas, suhu, turbiditas yang tinggi yang menunjukkan hubungan yang positif antara parameter lingkungan tersebut (Tabel 6). Seperti yang telah disebutkan kelompok diatom mempunyai hubungan dengan tinggi muka air, jenis-jenis ini muncul pada tinggi muka air rendah (Cardoso & Marcues, 2004). Pada kondisi demikian fitoplankton yang hidup di dasar dan kolom dalam dapat efisien melakukan fotosintesis dan berkembang biak. Hal ini didukung oleh kandungan ion dan nutrien seperti amonia dan TN yang meningkat pada kondisi surut. Meningkatnya fitoplankton ini berdampak terhadap tingginya turbiditas dan klorofil total spesies yang tinggi pada bulan September.

Euglenophyta juga banyak dijumpai pada kondisi amonia dan nitrat yang tinggi yang umum dijumpai di perairan yang banyak kandungan organik (Hutchinson, 1967). Indek keragaman jenis yang tinggi mengindikasikan kondisi ekologis lingkungan yang stabil dijumpai bulan Mei dan Juli yang juga diindikasikan kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil yang rendah (Gambar 3).

## KESIMPULAN

Fitoplankton Situ Lembang didominasi oleh Chlorophyta dan Cyanophyta yang secara musiman menunjukkan variasi yang jelas. Chlorophyta mendominasi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, sedangkan Chrysophyta pada bulan September dan Oktober. Variasi musiman juga ditunjukkan oleh perubahan kelimpahan, kadar klorofil, jenis dan indek keragaman fitoplankton. Jenis-jenis dari kelompok desmid seperti *Staurastrum* banyak ditemukan pada bulan, Mei, Juni dan Juli sedangkan jenis-jenis dari kelompok diatom banyak ditemukan pada bulan September. Adanya variasi musiman

fitoplankton berhubungan dengan adanya variasi faktor lingkungan perairan situ.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, 1986, Inventarisasi Data Situ-situ di Wilayah BOTABEK, Bappeda Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Barat, 94 hal.
- Anonimus, 1992, Standard Method for the Examination of the Water and Waste Water 17<sup>th</sup> Edition. APA-AWWA-WPCF, 1100 pp.
- Anonimus, 1999, Planning and Management of Lake and Reservoir, an Integrated Approach to eutrophication, UNEP-IETC. UNEP. International Environmental Technology Center. Osaka/Siga, 375 p.
- Baker, P. D., & L.D. Fabro, 1999, A Guide to Identification of Common Blue Green Algae (Cyanoprokaryotes) in Australia, Cooperative R.C. for Freshwater Ecology, Identification Guide, No.25, 43 p.
- Boyd, C.E., 1982, *Water Quality in Ponds for Aquaculture*, University of Auburn, Birmingham, Alabama, 482 pp.
- Calijuri, M.G., A.C.A. Dos Santos & S.Jati, 2002, Temporal Change in the Phytoplankton Community Structure in a Tropical and Eutrophic Reservoir (Borra Bonita, S.P. Brazil), *J. of. Plankton Research* 24(17): 617-634.
- Cardoso, L.de S., & M. Marcues DM. L.da, 2004, Seasonal Composition of Phytoplankton Community in Itapeva Lake (North Coast of Rio Grande do sul- Brazil) in function hydrodynamic aspects. *Acta Limnol. Bras.* 16 (4): 401-416.
- Goldman, C.R., & A.J. Horne, 1983, *Limnology*. Mc-Graw-Hill. Book Company. New York: 464 pp.
- Harris, G.P., 1986, *Phytoplankton Ecology. Structure, Function and Fluctuation*,

- Chapman and Hall, London, New York: 384 pp.
- Hutchinson, G.E., 1967, *A Treatise on Limnology*, Vol II. *Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton*, John Wiley & Sons, New York. 1,115 pp.
- Jorgensen, S.E., 1980, *Lake Management*. Pergamon Press Ltd. Oxford-Great Britain: 167 pp.
- Khuantrairong, T., & S. Traichaiyaporn, 2008, Diversity and Seasonal Succession of the Phytoplankton Community in Doi Tot Lake, Chiang Mai Province, Northern Thailand. *The Natural History of Journal of Chulalongkorn University* 8(2): 143-156.
- Noges, T., P. Noges, & R. Languaste, 2003, Water Level as the Mediator Between Climate Change and Phytoplankton Composition in Large Shallow Temperate Lake. *Hydrobiologia* (506-509): 257-263.
- Odum, T.P., 1971, *Fundamental Ecology*, 3<sup>rd</sup> edition, W.B. Saunders, Philadelphia, 574pp.
- Prescott, G.W., 1963, *The Freshwater Algae*. W.M. Brown Company Publisher. 347 p.
- Prescott, G.W., 1951, *Algae of the Western Great Lakes Area*, Cranbrook Institute of Science. Bloomfield Hills, Michigan. Bulletin no 31.
- Peraturan Pemerintah Nomor 20, 1990, Pengendalian Kualitas air, *Himpunan Peraturan di Bidang Lingkungan Hidup*. Eko Jaya. Jakarta, 1991, 69-107.
- Quinn G.P., & M.J. Keough, 2002, *Experimental Design and Data Analysis for Biologist*. Cambridge University Press. 537p.
- Reynold, C.S., 1984, *The Ecology of Phytoplankton*, Cambridge University Press. New York: 384 pp.
- Reynold, C.S., 1993, Scale of Disturbance and their Role in Plankton Ecology. *Hydrobiologia*, 249: 157 – 171.
- Rahocevic-Nedovic, L., & H. Hollert, 2005, Phytoplankton Community and Chlorophyll-a as Trophic Status Indexes of Lake Skandar (Montenegro, Balkan). *ESPR-Environ.Sci. and Pollut. Rest.* 12 (3): 146 – 152.
- Scott, A.M., G.W. Prescott, 1961, *Indonesian Desmid*. Hydrobiologia. XVII.
- SEPA, 1991, Water Quality Criteria For Lake and Water sources, A System For Classification of Water Chemistry, Organism and Metal Concentration, 32 p.
- Sonneman, J.A., M. A. Reid, M. A. Illma, & A.J. Sincock, 1999, *An illustration key to common diatom genera from Southern Australia*, 64 p.
- Stoyneva, M.P., 2003. Steady-state of Phytoplankton Assemblage in Shallow Bulgarian Wetland. *Hydrobiologia* (502):169-176.
- Sulastrri, E. Harsono, T. Suryono & Y. Sudarso, 2008, Relationship of Land Use, Water Quality And Phytoplankton Community of Some Small Lake in West Java. *Oseanologi dan Limnologi Di Indonesia*. 34(2): 307 – 332.
- Sulastrri, T. Suryono, Y. Sudarso & Rosidah, 2009, Karakteristik Fisik Kimiawi Limnologi Danau-Danau Kecil di Pulau Jawa. *Limnotek* 16 (1): 10 – 12.
- Sulastrri, T. Suryono, Y. Sudarso, & S. Nomosatriyo, 2010, Pengembangan kriteria Status Ekologis Danau-Danau Kecil di Pulau Jawa. *Limnotek* 17(1): 58 – 70.
- Wetzel, R.G., 2001, *Limnology*, Lake and River Ecosystem. 3<sup>th</sup>. Academic Press, New York, London. 1006 p