

KUALITAS PERAIRAN WADUK CIRATA

DINAMIKA KUALITAS AIR DI DUA LOKASI YANG BERBEDA JUMLAH KERAMBA JARING APUNGNYA

Oleh: Yudhi Soetrisno GARNO ^{*)}

Abstract

Telah diduga bahwa perairan waduk Cirata telah mengalami eutrofikasi karena tercemar oleh nutrisi dari berbagai sumber seperti limbah pemukiman, industri, pertanian dan perikanan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sampai sejauh mana eutrofikasi mempengaruhi dinamika kualitas fisik, kimia dan fitoplankton. Penelitian ini juga dilakukan untuk menganalisis kesahihan plankton-net dalam menghasilkan data untuk analisis kualitas air.

Dengan kecerahan yang rendah ($< 80\text{cm}$), nilai nitrogen ($> 0,100\text{mgN}\cdot\text{l}^{-1}$) dan fosfor ($> 0,01\text{mgP}\cdot\text{l}^{-1}$) yang tinggi hingga setiap saat bisa terjadi blooming, maka waduk Cirata dapat digolongkan ke dalam waduk hipereutrofik. Dengan didahului pengendapan dan sampling tanpa penyaringan, kelimpahan fitoplankton ditemukan lebih tinggi dari $20 \times 10^3\text{sel}\cdot\text{ml}^{-1}$ yang didominasi oleh *Mycrocystis* (Cyanophyta) dan *Sphaerocystis* (Chlorophyta). Kenyataan ini kembali meyakinkan bahwa data-data kepadatan/kelimpahan fitoplankton yang selama ini dipublikasikan adalah "under-estimate". Untuk itu sangat disarankan agar untuk menduga kelimpahan fitoplankton dan analisis kualitas air tidak lagi menggunakan plankton-net; kecuali hanya untuk identifikasi.

Kata kunci : Kualitas Air, plankton-net, Fitoplankton, KJA.

1. PENDAHULUAN

1.1. Tinjauan Pustaka

Waduk Cirata terletak diantara waduk Saguling dan waduk Jatiluhur; tepatnya pada posisi $107^{\circ}22'12''\text{BT} - 6^{\circ}42'44''\text{LS}$. Waduk yang dibangun untuk pembangkit tenaga listrik ini memiliki daerah tangkapan seluas 603.200Ha dan volume rata-rata sekitar $2.165 \times 10^6\text{m}^3$ ¹⁾. Selain sebagai pembangkit tenaga listrik, waduk Cirata juga mempunyai potensi lain seperti perikanan, wisata, perhubungan, irigasi dan pencegahan banjir.

Perikanan dengan keramba jaring apung (KJA) kini telah berkembang sangat pesat dan diduga telah melewati daya dukungnya. Hal ini mengakibatkan sisa-sisa pakan terakumulasi di dasar waduk dan dekomposisinya menghasilkan nutrisi yang menyuburkan perairan²⁾. Selain dari KJA, badan air waduk Cirata diduga pula mendapatkan nutrisi dari buangan industri yang berada di hulu sungai, dan pemukiman serta kegiatan pertanian sawah disekitarnya.

Masuknya nutrisi ke dalam badan air, termasuk Waduk Cirata akan langsung dimanfaatkan fitoplankton untuk pertumbuhannya³⁾. Dalam memanfaatkan nutrisi yang tersedia, setiap jenis fitoplankton mempunyai

kemampuan berbeda^{4;5;6)}, sehingga kecepatan tumbuh setiap jenis fitoplankton dalam suatu badan air berbeda, dan akibatnya struktur komunitas dan dominasi fitoplankton dalam suatu badan air berbeda pula. Kilham dan Kliham⁷⁾ mengungkapkan bahwa dominasi suatu jenis fitoplankton pada suatu perairan lebih banyak ditentukan oleh perbandingan jenis nutrisi; utamanya nitrogen, fosfor dan silika terlarut; daripada kelimpahan nutrisi itu sendiri.

Berdasarkan fenomena itulah maka selain sifat fisik dan kimia air, fitoplankton juga sering dimanfaatkan untuk menganalisis status kualitas perairan; termasuk perairan waduk. Garno (2000b) mengungkapkan bahwa perairan waduk Cirata sudah termasuk dalam perairan yang eutrofik dan rentan terhadap blooming fitoplankton. Karena temuan ini dilakukan pada 1 (satu) kali pengambilan contoh, sedangkan waduk Cirata sangat dinamis dalam arti kualitas airnya dapat berubah setiap saat maka penelitian dinamika kualitas perairan masih sangat diperlukan.

Secara rutin setiap 3 bulan sekali, pengelola waduk Cirata melakukan monitoring kualitas air waduk dengan perhatian khusus pada fungsi waduk sebagai pembangkit tenaga listrik (Anonim^{8;9;10)}). Laporan-laporan tersebut menggambarkan dinamika kualitas air waduk

^{*)} Ahli Peneliti Madya bidang Management kualitas perairan di P3TL, BPP Teknologi.

Cirata dalam rentang waktu 3 bulanan; yang bagi metabolisme badan air adalah waktu yang lama, dan karenanya masih diperlukan dinamika pada rentang waktu yang lebih pendek. Untuk itulah maka **penelitian ini dilaksanakan**.

Untuk analisis kualitas air, sampai saat ini para peneliti dan pengamat lingkungan di Indonesia menggunakan data fitoplankton hasil sampling dengan *plankton-net*. Garno¹¹⁾ mengungkapkan bahwa data fitoplankton yang didapat dengan plankton-net hanya layak untuk identifikasi bukan untuk menganalisis status kualitas perairan. Anonim¹²⁾ menduga bahwa hasil perhitungan fitoplankton di perairan Cirata dan Saguling yang ada sampai saat ini “under-estimate”. Oleh karena itulah maka penggunaan metode pengumpulan sampel fitoplankton selain dengan plankton-net perlu dikaji pengadaannya.

1.2. Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dinamika kualitas fisik dan kimia serta fitoplankton di 2 lokasi berbeda di waduk Cirata; dan juga mengkaji ulang kesahihan metode pengambilan fitoplankton dengan plankton-net dalam menghasilkan data untuk analisis kualitas perairan tawar.

2. METODOLOGI

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengukur dan mengambil contoh air di 2 tempat yang memiliki kualitas air berbeda¹³⁾ yakni **tengah waduk** dan **teluk Coklat**. **Tengah waduk** yang selanjutnya disebut stasiun-1 terletak di tengah-tengah waduk dan berada dilintas utama sungai Citarum sehingga massa airnya nampak dengan jelas selalu bergerak mengalir; dan oleh karenanya di tempat ini tidak terlihat adanya keramba jala apung (KJA) tempat orang memelihara ikan. Tempat yang lain yakni **Coklat** yang selanjutnya disebut stasiun-2 merupakan teluk yang airnya relatif menggenang (kecuali hujan deras), Tempat ini penuh dengan keramba jaring apung (KJA).

Pengukuran dan pengambilan contoh air untuk penelitian ini dilakukan 4 kali, dengan selang waktu sekitar 2 minggu dari 6 Juni sampai 19 Juli.

2.2. Kegiatan Penelitian.

2.2.1. Pengambilan contoh air.

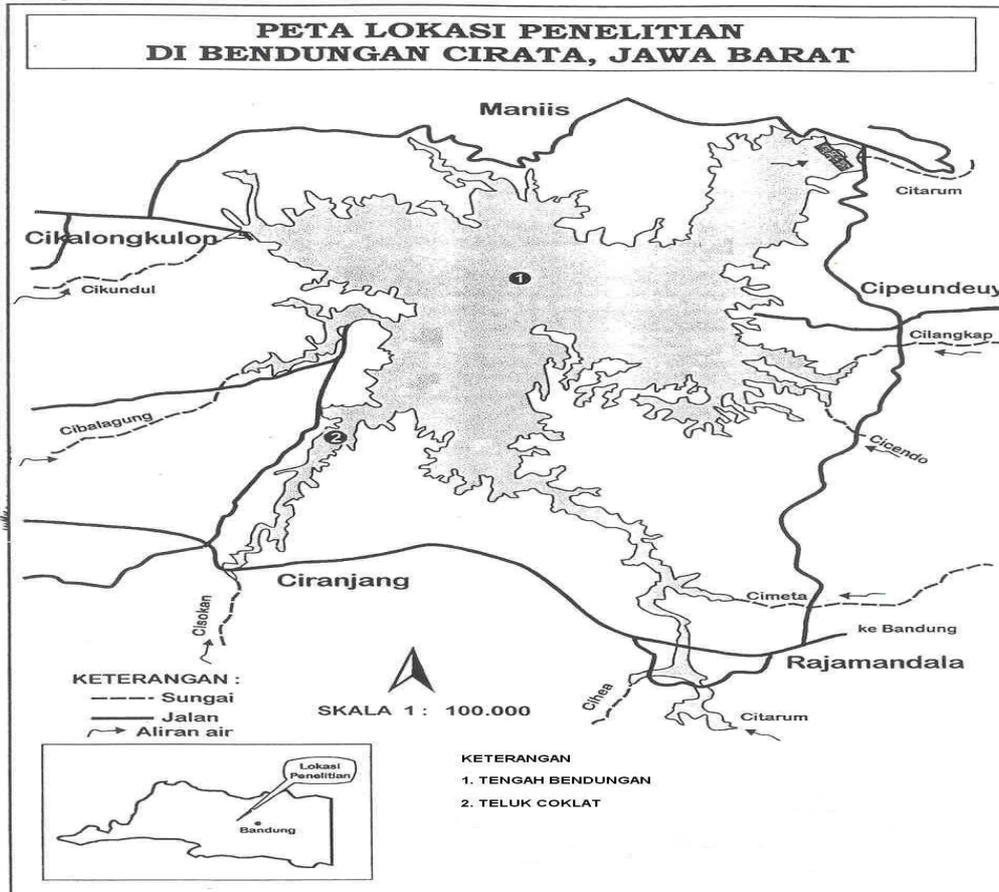
Untuk mendapatkan air contoh yang dapat mewakili badan air dari kedalaman 0 (permukaan) sampai kedalaman 150 cm di kedua tempat tersebut, digunakan pipa pralon dengan panjang 200 cm dan mempunyai lubang dengan garis tengah 3 inchi. Cara pengambilan air adalah:

- Dengan salah satu ujung (atas) terbuka, ujung lain (bawah) pipa pralon ditenggelamkan kedalam badan air dengan pelahan
- Setelah ujung bawah mencapai kedalaman 150 Cm, lubang ujung atas ditutup rapat dengan karet.
- Selanjutnya pralon diangkat keatas dan ujung bawah diarahkan ke ember.
- Dengan membuka karet penyumbat maka air didalam pipa akan tertumpah ke ember
- Dari ember penampung inilah air contoh untuk analisis kimia dan biologi diambil

Dengan cara seperti ini maka didapat contoh air yang mewakili air dari permukaan sampai kedalaman 10 cm

a) Pengukuran parameter fisik

Parameter fisik yang diukur adalah suhu, daya hantar listrik (DHL) dan kecerahan air. Suhu dan DHL diukur dengan SCT, sedangkan kecerahan dengan secchi disk. Pengukuran kecerahan dilakukan dengan cara menenggelamkan dan menaikkan *secchi-disk* berwarna putih kedalam air dengan pelahan-lahan. Titik kedalaman antara tidak dapat dilihat saat ditenggelamkan dan dapat dilihat kembali saat dinaikan/diangkat itulah nilai kecerahan air.



b) Pengambilan sampel untuk analisis kimia

Untuk analisis kimia, air dari ember diambil sebanyak 300 ml, disaring dengan GF/C. Air yang lolos saringan disimpan dalam lemari es pembeku (refrigerator) untuk analisis nutrien, sedangkan partikel yang menempel pada GF/C disimpan dalam refrigerator untuk analisis klorofil.

c) Pengambilan sampel untuk analisis fitoplankton

Pengambilan sampel fitoplankton dilakukan dua cara yakni:

1. Langsung atau tanpa penyaringan

- mengambil 100 ml air yang ada di ember, dimasukkan kedalam botol bervolume \pm 125 ml dan kemudian diawetkan dengan formalin 3 %.

2. Tidak langsung atau lewat planton-net

- menyaring 100 liter air yang didapat dengan cara tersebut diatas (2.2.1)

dengan plankton-net No.25 yang mempunyai *mess-size* 52 mikro meter.

- hasil saringan dimasukan kedalam botol bervolume \pm 125 ml dan kemudian diawetkan dengan formalin 3 %.

2.2.2 Analisis sampel.

a) Analisis Kimia

Analisis kimia dilakukan di laboratorium Teknologi Lingkungan yang ada di Puspitek Serpong. Parameter yang ditentukan adalah Ammonium-N, Nitrit-N, Nitrat-N, fosfat-P dan BOD. Kecuali penentuan BOD yang menggunakan metode titrasi, maka metode yang digunakan untuk parameter lainnya adalah kolorimetri.

b) Analisis fitoplankton

Identifikasi dan penghitungan fitoplankton dilakukan dengan menggunakan 2 cara:

1. Sampel Langsung

Untuk sampel langsung analisis dan penghitungan dilakukan dengan alat pengendap dan inverted mikroskop dengan urutan kerja sebagai berikut :

- contoh fitoplankton dimasukan kedalam gelas objektif berbentuk silinder dengan tinggi 1 cm dan volume 10 cm³,
- gelas objektif ditutup dengan gelas tipis, dibiarkan 12 jam agar fitoplankton mengendap, dan selanjutnya gelas objektif ditempatkan dibawah inverted mikroskop dengan pembesaran total 600 x
- fitoplankton diidentifikasi, dan dihitung dengan persamaan:

$$F = L/L' \times A/10$$

dimana:

F =jumlah fitoplankton (ind/ml), L = luas alas objektif (cm²), L'=luas satu lapang pandang (Cm²); A = rataan kepadatan plankton pada pemeriksaan dan angka 10 = volume air yang diendapkan pada objektif (ml).

2. Sampel tidak langsung atau lewat planton-net (PN)

- contoh fitoplankton diteteskan ke gelas obyektif (sedwick rafter) bervolume 1 ml,
- gelas obyektif ditempatkan dibawah mikroskop dengan perbesaran total 400 x
- fitoplankton diidentifikasi, dan dihitung dengan persamaan:

$$F = L/L' \times A \times B/C$$

dimana: F = jumlah fitoplankton (ind/l); L = luas alas kamar hitung (cm²); L' = luas satu lapang pandang (Cm²); A = rataan kepadatan pada pemeriksaan, B = volume air dalam botol (ml) dan C = volume air yang disaring (l)

2.2.3. Analisis data.

Untuk melengkapi analisis kesahihan pemanfaatan data hasil pengambilan sampel dengan plankton-net untuk analisis kualitas perairan tawar, maka dilakukan penghitungan indeks dominansi dan keanekaan-jenis "Simpson" dengan persamaan yang biasa digunakan¹⁴⁾. Ke-*sahih*-an data hasil sampling dengan *planton-net* tidak diragukan kalau indeks dominansi dan keanekaan jenis hasil sampling dengan plankton-net sama (atau mendekati sama) dengan hasil sampling tanpa penyaringan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Fisik dan kimia air serta biomasa

Parameter fisik dan kimia hasil pengukuran dan analisis yang dilakukan selama penelitian disajikan pada tabel-1. Tabel-1 menunjukkan bahwa temperatur air permukaan dikedua tempat pengambilan sampel, meskipun tidak banyak berpengaruh pada proses metabolisme badan air namun nampak ada sedikit perbedaan. Perbedaan ini mungkin disebabkan waktu penelitian yang berbeda 30-60 menit pada hari pengambilan contoh air yang sama.

Kecerahan air di tengah waduk berfluktuasi pada kisaran 55 – 80 cm, sedangkan di teluk Coklat kecerahan air berkisar antara 60-70 cm. Perbedaan kisaran kecerahan ini dapat disebabkan oleh faktor biologi dan fisik. Biologik dikarenakan perbedaan kandungan mikroorganisme (mikroba & plankton), sedangkan fisik dikarenakan perbedaan padatan tersuspensi dan terlarut. Mempertimbangkan bahwa penelitian ini dilakukan dimusin panas yang jarang hujan dan adanya perbedaan nutrien terlarut di kedua tempat tersebut khususnya nitrogen (tabel-1) maka dapat di duga bahwa perbedaan kecerahan antara tengah waduk dan teluk Coklat lebih disebabkan oleh faktor biologi, terutama kelimpahan plankton yang ada atau dengan kata lain karena kesuburan (trofik) yang berbeda. Meskipun kedua tempat di waduk Cirata tersebut memiliki kesuburan (trofik) yang berbeda, namun kedua tempat tersebut memiliki kecerahan yang selalu < 150 Cm. Dengan kecerahan yang sama-sama < 150 Cm maka secara umum kedua tempat tersebut memiliki tingkat kesuburan yang sama, yakni hipereutrofik (tabel-2).

Selain kecerahan, penentu kesuburan perairan adalah kandungan nitrogen dan orthofosfat inorganik terlarut. Tabel-1 menunjukkan bahwa nilai NH₄⁺- N di tengah waduk terukur pada kisaran 0.016 – 0.151 mg/l; sedangkan di teluk Coklat berkisar antara 0.184-0.241 mg/l. Tabel-1 dan kisaran nilai NH₄⁺- N ini menunjukkan bahwa kandungan NH₄⁺- N di Coklat pada setiap pengambilan sampel selalu lebih tinggi dari pada di tengah waduk. Garno³⁾ mengungkapkan bahwa untuk pertumbuhan nya pada kesempatan pertama fitoplankton (alga) akan menggunakan (*uptake*) nitrogen dalam bentuk NH₄⁺- N daripada bentuk lainnya. Dengan demikian, mengingat pengambilan sampel air dilakukan di pagi hari maka hasil peneltian ini menunjukkan bahwa teluk Coklat (sta-2) memiliki kesuburan yang relatif lebih tinggi dari pada tengah waduk (sta-1). Fenomena lebih suburnya teluk Coklat (sta-2) daripada tengah waduk ini (sta-1)

diduga karena di sta-2 nutrisi hasil bergerak, sedangkan tengah waduk yang dekomposisi sisa pakan ikan sempat merupakan badan sungai Citarum mengalir terakumulasi akibat masa air yang reratif tidak sepanjang hari.

Tabel-1. Parameter kualitas perairan di tengah waduk dan teluk Coklat di W.Cirata

No.	Parameter	Tengah Waduk				Teluk Coklat			
		Sampling tanggal dan bulan				Sampling tanggal dan bulan			
		6 Juni	19 Juni	3 Juli	19 Juli	6 Juni	19 Juni	3 Juli	19 Juli
1.	Suhu udara (°C)	31	31	29.5	30.5	30	32	27	29
2.	Suhu air (°C)	29.5	29.2	28	28.5	29	30	26	27.5
3.	Kecerahan (cm)	55	63	80	68	60	60	62	70
4.	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	180	162	164	152	189	169	171	154
5.	pH	7.8	7.1	8.3	7.9	7.7	7.9	7.8	7.5
6.	Ammonia (mg/l)	0.116	0.151	0.075	0.016	0.241	0.184	0.232	0.234
7.	Nitrit (mg/l)	0.010	0.017	0.015	0.015	0.012	0.010	0.040	0.034
8.	Nitrat (mg/l)	2.140	2.450	2.350	1.500	2.100	2.200	2.250	2.140
9.	N-unorganik (mg/l)	2.266	2.618	2.440	1.531	2.353	2.394	2.522	2.408
10.	Ortopospat (mg/l)	0.051	0.066	0.030	0.041	0.046	0.066	0.066	tt
11.	DO (mg/l)	5.795	6.6	7.9	7.44	tt	5.6	4.8	4.2
12.	Chl-a	43.77	50.03	56.24	52.57	33.34	64.73	34.12	41.5

Tabel-2 Penggolongan tingkat trofik berdasarkan secchi disk (meter) dan Chl-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) oleh OECD.

		Rata-rata Secchi disk	Maks. tahunan Secchi-disk	rata-rata Chl-a	Maksimum Chl-a
1.	Ultra Oligotrofik	≥ 12	≥ 6.0	≤ 1.0	≤ 2.5
2.	Oligotrofik	≥ 6.0	3.0-6.0	≤ 2.5	2.8 – 8.0
3.	Mesotrofik	3.0-6.0	1.5-3.0	2.8 – 8.0	8.0 - 25
4.	Eutrofik	1.5-3.0	0.7-1.5	8.0 - 25	25 - 75
5.	Hipereutrofik	< 1.5	< 0.7	≥ 25	> 75

Sumber: Henderson dkk⁴⁾.

Lebih jauh meskipun teluk Coklat lebih subur daripada tengah waduk, namun secara umum berdasarkan total nitrogen inorganik yang ada di kedua lokasi tersebut, yakni $1.531 \text{ mgN}\cdot\text{l}^{-1}$ di sta-1 dan $2.394\text{-}2.522 \text{ mgN}\cdot\text{l}^{-1}$ di sta-2 adalah termasuk dalam tingkat kesuburan yang sama, yakni suatu tingkat kesuburan perairan yang setiap saat dapat terjadi blooming alga. Hendersen dkk⁴⁾ mengungkapkan bahwa suatu perairan dengan kandungan total N-inorganik terlarut $> 0.300 \text{ mgN}\cdot\text{l}^{-1}$ merupakan perairan yang rawan blooming alga.

Selain nitrogen blooming alga juga sangat dipengaruhi oleh kandungan ortofosfat terlarut. Tabel-1 menunjukkan bahwa ortofosfat di kedua tempat tersebut tidak berbeda jauh. Selama penelitian, konsentrasi minimum ditemukan di sta-1 (tengah waduk) yakni $0.030 \text{ mgP}\cdot\text{l}^{-1}$. Berkenaan dengan kandungan fosfor inorganik terlarut, Hendersen dkk⁴⁾ mengemukakan bahwa badan air yang

mempunyai kandungan fosfat terlarut $> 0.010 \text{ mgP}\cdot\text{l}^{-1}$ merupakan perairan yang mudah mengalami "blooming" fitoplankton. Dengan demikian, kedua tempat di waduk Cirata tersebut yang memiliki kandungan fosfor terlarut jauh lebih tinggi dari $0.010 \text{ mgP}\cdot\text{l}^{-1}$, akan dengan mudah mengalami "blooming" fitoplankton.

Faktor kimia lain penentu kualitas perairan adalah oksigen yang terlarut dalam badan air. Tabel-1 menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di tengah waduk (sta-1) yang berkisar antara $5.8\text{-}7.9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ adalah selalu lebih tinggi daripada oksigen terlarut di teluk Coklat (sta-2) yang berkisar antara $4.2 - 5.6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Fenomena ini diduga disebabkan oleh:

- Pengukuran dilakukan pagi hari; sehingga fotosintesa yang memproduksi oksigen belum terjadi. Tanpa tambahan oksigen; sta-2 (teluk Coklat) yang lebih banyak mengandung bahan organik sisa pakan

dan airnya menggenang tentu memerlukan oksigen untuk dekomposisi lebih banyak; sebagai akibatnya kandungan oksigen di sta-2 lebih rendah dari pada di sta-1 (tengah waduk).

- Tengah waduk merupakan aliran sungai yang walaupun lambat namun mengalir terus hingga suplai oksigen dari hulu dimungkinkan, oleh karena itu maka pemanfaatan oksigen untuk dekomposisi tidak banyak mempengaruhinya.

Kedua dugaan penyebab tersebut merupakan 2 sebab yang berbeda, namun pada kenyataannya yang terjadi mungkin gabungan dari keduanya. Lebih daripada itu, mengingat kecerahan dan nutrien yang ada maka fenomena kandungan oksigen tersebut jika diukur siang hari bisa berbalik, dimana oksigen terlarut di teluk Coklat bisa lebih tinggi daripada di tengah waduk. Hal ini mungkin saja terjadi karena dengan konsentrasi nutrien (N dan P) yang lebih tinggi, maka fotosintesa di teluk Coklat akan lebih aktif daripada di tengah waduk.

Kesuburan suatu perairan juga dapat diketahui dari jumlah biomasa yang ada dalam badan air tersebut. Pada penelitian ini biomasa diukur sebagai klorofil-a (Chl-a) Tabel-1 menunjukkan bahwa kandungan Chl-a di sta-1 (tengah waduk) berfluktuasi pada kisaran $43.77-56.24 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, sedangkan di sta-2 (teluk Coklat) berfluktuasi pada kisaran $34.12 - 64.73 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Karena terlalu banyak faktor yang mempengaruhinya, maka sulit untuk menduga mengapa Chl-a di sta-1 lebih tinggi dari sta-2 atau sebaliknya, Meskipun demikian; kisaran tersebut diatas kembali mengungkapkan bahwa perairan di kedua tempat pengambilan sampel air tersebut (sta-1 & sta-2) memang telah tergolong kedalam perairan yang hipertrofik, yakni perairan yang mempunyai rata-rata Chl-a $> 25 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ seperti yang tersaji pada tabel-2.

3.2 Fitoplankton.

3.2.1 Kelayakan Metoda Sampling

Hasil identifikasi dan penghitungan kelimpahan setiap jenis fitoplankton yang ada pada semua sampel baik dengan cara langsung (L) maupun penyaringan dengan *plankton-net* (PN) disajikan pada tabel-3 untuk sampel dari sta-1 dan tabel-4 untuk sampel dari sta-2. Tabel-3 mengungkapkan bahwa di tengah waduk (sta-1) Cirata pada badan air 0-150 cm ditemukan 32 jenis fitoplankton yang terdiri dari 16 jenis Chlorophyceae, 2 jenis Dinophyceae, 4 jenis Bacillariophyceae (diatom), dan 9 jenis Cyanophyceae; sedangkan di teluk Coklat (sta-2) ditemukan 28

jenis fitoplankton; yang terdiri dari 14 jenis Chlorophyceae, 2 jenis Dinophyceae, 3 jenis Bacillariophyceae (diatom), dan 8 jenis Cyanophyceae. Dengan terdapat 3 jenis fitoplankton yang ditemukan di tengah waduk namun tidak ditemukan di Coklat, mereka adalah *Pleurodiscus*, *Uronema* (keduanya chlorophyceae), dan *Fragilaria* (Bacillariophyceae). Tidak ditemukannya ketiga jenis fitoplankton tersebut di teluk Coklat dimungkinkan terjadi karena kelimpahan mereka di teluk Coklat (sta-2) sangat kecil (lebih kecil dari sta-1) hingga tidak bisa diidentifikasi oleh kedua cara yang dipakai pada penelitian ini.

Mencermati keberadaan ketiga jenis fitoplankton tersebut yakni *Pleurodiscus*, *Uronema* dan *Fragilaria* pada tabel-3, maka nampak dengan jelas bahwa mereka hanya ditemukan dikolom PN; tidak di kolom L. Hal ini menunjukkan bahwa mereka teridentifikasi hanya pada sampel yang diambil setelah dipekatkan 1000 kali, dengan kata lain keberadaan mereka di sta-1 sangat sedikit. Temuan ini sangat menarik dan memperkuat kembali laporan terdahulu¹³⁾ yang mengungkapkan bahwa planktonet hanya mempunyai keunggulan untuk mengidentifikasi fitoplankton yang sangat sedikit kelimpahannya, karena berapapun jumlah air akan bisa disaring. Meskipun memiliki kelebihan identifikasi, namun tabel-3 dan tabel-4 menyajikan bahwa kelimpahan hasil sampling dengan plankton net menghasilkan nilai yang sangat kecil dibanding dengan sampling tanpa penyaringan. Di tengah waduk dengan plankton-net menghasilkan kelimpahan total antara $80,60 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1} - 231,92 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$ sedangkan dengan sampling tanpa penyaringan menghasilkan nilai kelimpahan total antara $42,40 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1} - 82,40 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$. Ini berarti bahwa sampling dengan plankton-net hanya menghasilkan nilai antara $0,98 \times 10^{-3} - 5,46 \times 10^{-3}$ (dibaca **seperseribu sampai lima setengah perseribu**) dari sampling langsung. Demikian pula di teluk Coklat yang dengan plankton-net menghasilkan nilai kelimpahan total antara $33,80 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1} - 161,50 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$ dan sampling langsung menghasilkan kelimpahan total antara $39,15 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1} - 73,10 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$; yang berarti bahwa sampling dengan plankton-net hanya menghasilkan nilai antara $0,46 \times 10^{-3} - 4,13 \times 10^{-3}$ (dibaca **setengah perseribu sampai empat perseribu**) dari sampling langsung. Temuan ini kembali menguatkan laporan terdahulu yang mengungkapkan bahwa plankton menghasilkan data kelimpahan yang sangat **under estimate**

Selain kelimpahan, untuk analisis

lingkungan biasanya digunakan indek dominasi dan indek keanekaan yang penghitungannya menggunakan kelimpahan individu. Tabel-5 merupakan perbandingan antara sesama indek dominasi dan sesama indek keanekaan yang datanya didapat menggunakan PN dan L.. Selama ini data kelimpahan yang digunakan adalah data yang didapat dari analisis sampling yang menggunakan plankton-net. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa kelimpahan individual yang didapat dengan PN selalu proporsional dengan kelimpahan sebenarnya sehingga menghasilkan indek dominansi dan keanekaan selalu proporsional. Menganggap bahwa penghitungan kelimpahan dengan data tanpa penyaringan (L) lebih dekat dengan kelimpahan sebenarnya, maka PN : L pada indek dominansi dan keanekaan seharusnya selalu mendekati 1. Tabel-5

menunjukkan bahwa perbandingan indek dominansi antara yang dihitung dengan data melalui penyaringan (PN) dan tanpa penyaringan (L) di tengah waduk berkisar antara 0.39 – 1.23 dan teluk Coklat berkisar antara 0.54 – 4.10. Sedangkan perbandingan indek keanekaan simpson di tengah waduk berkisar antara 0.92 - 1.80 dan di teluk Coklat antara 0.65 - 5.9. Kisaran tersebut jauh dari yang diharapkan, dan dalam 8 pengamatan hanya satu nilai yang mendapatkan angka 1; yang mengisaratkan bahwa dari 8 pengamatan hanya 1 pengamatan yang data plankton-net bisa mewakili nilai sebenarnya. Temuan ini makin menguatkan kesimpulan terdahulu bahwa data fitoplankton yang sampelnya diambil dengan plankton-net tidak layak digunakan menganalisis kualitas lingkungan perairan..

Tabel -3 Kepadatan Fitoplankton Pada Lapisan Air 0-150 Cm Di Tengah Waduk Di Perairan W. Cirata ($10^3 \text{ Sel}\cdot\text{Ml}^{-1}$ Untuk L Dan $\text{Sel}\cdot\text{Ml}^{-1}$ Untuk Pn)

No.	Organisme	Pengambilan sampel tanggal							
		6 Juni		19 Juni		2 Juli		19 Juli	
		L	PN	L	PN	L	PN	L	PN
	Chlorophyceae	5.83	56.84	9.21	93.34	8.16	19.76	8.8	7.02
1.	<i>Actinastrum</i>	-	-	0.05	-	0.05	0.26	0.08	-
2.	<i>Chlorella</i>	1.76	1.21	0.64	-	1.92	0.78	1.68	0.78
3.	<i>Closteridium</i>	-	-	0.05	-	-	-	-	0.26
4.	<i>Closterium</i>	1.39	1.21	3.63	3.90	0.69	2.34	3.28	0.26
5.	<i>Cosmarium</i>	0.64	2.08	1.49	4.42	2.67	1.56	1.44	1.04
6.	<i>Dispora</i>	-	-	0.11	-	0.11	-	0.16	-
7.	<i>Kirchneriella</i>	-	-	0.05	0.26	0.43	-	0.16	-
8.	<i>Pediastrum</i>	-	-	-	-	-	0.26	0.08	-
9.	<i>Pleurodiscus</i>	0.16	0.17	0.05	0.26	-	-	-	-
10.	<i>Scenedesmus</i>	0.91	0.17	1.17	1.04	0.75	0.52	1.12	2.60
11.	<i>Selenastrum</i>	-	0.52	0.05	-	-	-	-	-
12.	<i>Spondylosium</i>	0.11	1.91	0.05	0.26	0.37	-	0.24	-
13.	<i>Staurastrum</i>	0.11	0.69	0.43	1.04	0.37	0.78	0.16	0.26
14.	<i>Tetraedron</i>	0.59	2.77	0.59	2.34	0.32	2.08	0.08	1.82
15.	<i>Ulothrix</i>	0.16	46.11	0.85	79.82	0.48	10.40	0.32	-
16.	<i>uronema</i>	-	-	-	-	-	0.78	-	-
	Dinophyceae	0.43	0.52	0.37	0.78	0.80	1.04	2.16	0.78
17.	<i>Ceratium hirundinella</i>	-	-	-	-	0.05	-	-	-
18.	<i>Peridinium</i>	0.43	0.52	0.37	0.78	0.75	1.04	2.16	0.78
	Bacillariophyceae	0.96	3.81	2.50	21.32	1.33	4.94	2.08	1.30
19.	<i>Fragilaria</i>	-	-	-	4.16	-	-	-	-
20.	<i>Navicula</i>	0.80	3.64	2.45	14.82	0.80	1.56	1.28	0.52
21.	<i>Opaphora</i>	-	0.17	0.05	2.34	0.53	3.12	0.72	-
22.	<i>Synedra</i>	0.16	-	-	-	-	0.26	0.08	0.78
	Cyanophyceae	42.31	38.66	70.31	116.22	37.45	88.66	29.36	71.50
23.	<i>Anabaena</i>	2.35	-	1.71	-	2.40	-	2.24	1.82
24.	<i>Aphanocapsa</i>	-	-	-	-	-	-	-	7.80
25.	<i>Chroococcus</i>	2.03	5.55	1.97	5.46	2.03	2.60	1.12	0.52
26.	<i>Gomphosphaeria</i>	-	-	-	0.78	0.05	0.26	-	0.26
27.	<i>Lyngbya</i>	0.91	11.27	2.83	9.88	0.59	3.38	0.80	-
28.	<i>Merismopoedia</i>	0.43	1.04	0.43	1.30	0.43	0.52	0.24	60.58
29.	<i>Microcystis</i>	21.01	1.39	42.35	14.04	19.79	10.66	19.44	-
30.	<i>Oscillatoria</i>	14.56	19.41	19.95	84.76	11.09	71.24	4.64	0.52
31.	<i>Tetrapedia</i>	0.91	-	1.07	-	1.07	-	0.88	-
	Jumlah total	49.49	99.94	82.40	231.92	47.73	114.14	42.40	80.60
	Indeks dominansi	0.26	0.26	0.32	0.26	0.22	0.40	0.22	0.57
	Indeks keanekaan	0.74	0.74	0.68	0.74	0.78	0.60	0.78	0.43

Tabel -4 Kepadatan Fitoplankton Pada Lapisan Air 0-150 Cm Di Teluk Coklat Di Perairan W. Cirata (10^3 Sel•MI⁻¹ Untuk L Dan Sel•MI⁻¹ Untuk PN)

No.	Organisme	Pengambilan sampel tanggal							
		6 Juni		19 Juni		2 Juli		19 Juli	
		L	PN	L	PN	L	PN	L	PN
	Chlorophyceae	6.76		6.63		3.93		5.07	
1.	<i>Actinastrum</i>	-	2.95	0.11	1.04	-	0.52	0.05	
2.	<i>Chlorella</i>	3.31	0.35	1.89	-	1.17	3.12	1.60	0.26
3.	<i>Closteridium</i>	-		57.14	-	-	0.78	0.11	
4.	<i>Closterium</i>	0.53	1.56	0.51	0.52	0.05	5.46	0.59	
5.	<i>Cosmarium</i>	0.69	0.17	0.57	2.08	0.37	4.42	0.11	0.78
6.	<i>Dispora</i>	0.37	-	0.06	-	0.16	0.26	0.05	4.16
7.	<i>Kirchneriella</i>	-	0.35	-	-	0.21	-	-	
8.	<i>Pediastrum</i>	-	-	-	-	0.05	-	-	
9.	<i>Pleurodiscus</i>	-	-	-	-	-	-	-	
10.	<i>Scenedesmus</i>	0.59	0.87	1.43	2.34	1.28	3.90	2.40	3.90
11.	<i>Selenastrum</i>	-	-	-		-	0.26	-	0.52
12.	<i>Spondylosium</i>	-	0.17	-		-	0.26	-	
13.	<i>Staurastrum</i>	0.21	0.35	0.29	0.26	-	0.78	0.05	0.52
14.	<i>Tetraedron</i>	1.01	3.81	0.51	1.30	0.59		-	2.08
15.	<i>Ulothrix</i>	0.05	7.80	0.69	10.92	0.05	0.52	0.11	
16.	<i>uronema</i>	-	-	-		-		-	
	Dinophyceae	0.91	0.17	1.94	1.30	1.71	1.56	0.59	0.78
17.	<i>Ceratium hirundinella</i>	-	0.17	-	0.26	-		-	
18.	<i>Peridinium</i>	0.91	-	1.94	1.04	1.71	1.56	0.59	0.78
	Bacillariophyceae	1.12	1.04	0.51	6.24	1.22	1.82	0.32	1.04
19.	<i>Fragilaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
20.	<i>Navicula</i>	0.43	0.17	0.23	5.46	0.21	0.52	0.27	
21.	<i>Opaphora</i>	0.37	0.87	0.17	0.78	0.96	0.78	0.05	
22.	<i>Synedra</i>	0.32	-	0.11	-	0.05	0.52	-	1.04
	Cyanophyceae	44.91	14.21	27.48	43.42	29.55	33.02	33.17	147.62
23.	<i>Anabaena</i>	2.99	-	2.57		2.24		1.65	
24.	<i>Aphanoc4apsa</i>	0.05	-	-	2.60			-	
25.	<i>Chroococcus</i>	1.87	5.89	1.09	5.72	2.24	1.56	1.71	1.56
26.	<i>Gomphosphaeria</i>	-	-	0.63	1.04	0.11	2.08		0.26
27.	<i>Lyngbya</i>	1.12	-	1.20	8.06	0.21	4.42	0.69	
28.	<i>Merismopoedia</i>	0.37	1.39	0.34	2.08	0.27	1.30	0.21	
29.	<i>Microcystis</i>	24.27	2.60	16.57	10.42	21.44	4.42	25.92	145.08
30.	<i>Oscillatoria</i>	13.55	4.33	3.77	13.78	2.08	15.60	1.92	0.52
31.	<i>Tetrapedia</i>	0.69	-	1.31	-	0.96	3.64	1.07	-
	Jumlah total	53.12	33.80	93.1	69.42	36.43	56.68	39.15	161.5
	Indeks dominansi	0.27	0.10	0.41	0.10	0.35	0.10	0.44	0.81
	Indeks keanekaan	0.73	0.90	0.59	0.90	0.65	0.90	0.56	0.19

Tabel-5. Nilai Perbandingan Indeks Dominansi (Dan Indeks Keragaman) Yang Didapat Dengan Plankton-Net Dan Yang Langsung Dan Indeks (PN/L)

No	Analisis	Tengah Waduk				Teluk Coklat			
		Pengambilan sampel pada				Pengambilan sampel pada			
		6 Juni	19 Juni	2 Juli	19 Juli	6 Juni	19 Juni	2 Juli	19 Juli
	Indeks Dominansi	1.00	1.23	0.55	0.39	2.70	4.10	3.50	0.54
	Indeks Keanekaan	1.00	0.92	1.30	1.80	0.81	0.65	0.72	5.9

3.2.2 Kelimpahan dan Dinamika

Kelimpahan fitoplankton di tengah waduk pada saat penelitian dimulai adalah $49.53 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$, kemudian naik pada saat sampling ke-2 menjadi $82.40 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$ dan turun menjadi $47.73 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$ pada sampling ke-3 dan $42.40 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$ pada sampling ke-4. Meskipun nampak mengalami penurunan, tabel-6 menunjukkan bahwa fitoplankton selalu didominasi oleh

Cyanophyceae utamanya oleh *Mycrocystis sp.* dan *Oscillatoria sp.*, yang pada awal penelitian sekitar 85,5% dan pada akhir penelitian sekitar 69,3%. Dominasi Cyanophyceae disetiap sampling ini melengkapi dugaan bahwa sta-1 dan sta-2 memang sudah tergolong eutrofik, dimana Cyanophyceae dapat hidup dengan subur karena mampu beradaptasi dengan fluktuasi oksigen terlarut pada kisaran yang besar dan cocok dengan $\text{pH} > 7$ ^{15;16}.

Tabel-6. Kelimpahan fitoplankton (A dalam $10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$) di sta-1 (tengah waduk) dan prosentasenya terhadap kelimpahan total (B dalam %).

No	Organisme	Pengambilan sampel pada tanggal:							
		6 Juni		19 Juni		2 Juli		19 Juli	
		A	B	A	B	A	B	A	B
1	Chlorophyceae	5.83	11.8	9.21	11.2	8.16	17.0	8.8	20.8
2	Dinophyceae	0.43	0.9	0.37	0.4	0.80	1.7	2.16	5.1
3	Bacillariophyceae	0.96	1.9	2.50	3.0	1.33	2.8	2.08	4.9
4	Cyanophyceae	42.31	85.4	70.31	85.4	37.45	78.5	29.36	69.2
	• <i>Microcystis</i>	21.01	42.4	42.35	51.4	19.79	41.5	19.44	45.8
	• <i>Oscillatoria</i>	14.56	29.4	19.95	24.2	11.09	23.2	4.64	10.9
	• <i>Lain-lain</i>	6.77	13.6	8.01	9.8	6.57	13.8	5.28	12.5
	Jumlah	49.53	100	82.40	100	47.73	100	42.40	100

Selanjutnya tabel-6 menunjukkan bahwa selama penelitian komunitas fitoplankton di tengah waduk pada badan air 0-150 cm selalu didominasi *Mycrocystis sp* dengan kontribusi pada awal penelitian 42,4% , naik menjadi 51,4% pada sampling ke-2, turun pada sampling ke-3 menjadi 41,5%, kemudian naik kembali pada akhir penelitian menjadi 45,8%. Fitoplankton lain yang dominan, yakni selalu diatas 10% dari kelimpahan total adalah *Oscillatoria sp.* Tidak seperti *Mycrocystis sp* yang kontribusinya relatif stabil selama penelitian, maka kontribusi *Oscillatoria sp.* cenderung turun dari waktu ke waktu.

Pada awal penelitian *Oscillatoria sp* ditemukan sekitar 29,4%, kemudian turun menjadi 24,2% pada sampling ke-2, turun lagi pada sampling ke-3 menjadi 23,2% dan akhirnya menjadi 10,9% pada akhir penelitian. Meskipun dinamika (naik-turunnya %) *Mycrocystis sp.* dan *Oscillatoria sp* selama penelitian sulit diketahui sebabnya, namun keberadaan mereka yang prosentasenya jauh lebih tinggi dari jenis lainnya akibat sifat fisik mereka yang keras, berlendir dan beracun hingga tidak disukai oleh zooplankton maupun ikan¹⁶.

Tidak jauh berbeda dengan di tengah waduk (sta-1), komunitas fitoplankton di teluk

Coklat (sta-2) juga nampak berfluktuasi. Sepintas nampak di tabel-7 bahwa setelah penelitian dimulai kelimpahan fitoplankton ($53.12 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$) turun pada sampling ke-2 , naik di sampling ke-3, dan kemudian turun menjadi $33.17 \times 10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$. Seperti di tengah waduk komunitas fitoplankton di teluk Coklat juga didominasi oleh Cyanophyceae, utamanya oleh *Mycrocystis sp.* dan *Oscillatoria sp.*, yang pada awal penelitian sekitar 84,6% dan pada akhir penelitian sekitar 84,7%.

Mencermati tabel-6 dengan tabel-7 maka nampak bahwa prosentase Cyanophyceae di teluk Coklat lebih stabil daripada di tengah waduk, hal ini mungkin disebabkan ditengah waduk yang merupakan aliran sungai utama lebih bergerak mudah diencerkan oleh air yang datang dari hulu sungai. Tidak seperti di tengah waduk yang selama penelitian prosentasenya selalu turun; di teluk Coklat *Mycrocystis sp.* selama penelitian prosentasenya cenderung naik dari waktu ke waktu. Sedangkan fitoplankton lain yang dominan yakni *Oscillatoria sp* dinamika di teluk Coklat serupa dengan di tengah Waduk yakni turun dari waktu ke waktu, bahkan sampai mencapai prosentase dibawah 10%.

Tabel-7. Kelimpahan kelas dan jenis fitoplankton (A dalam $10^3 \text{ sel}\cdot\text{ml}^{-1}$) di sta-2 (teluk Coklat) dan prosentasenya terhadap kelimpahan total (B dalam %).

No	Organisme	Pengambilan sampel pada tanggal:							
		6 Juni		19 Juni		2 Juli		19 Juli	
		A	B	A	B	A	B	A	B
1	Chlorophyceae	6.76	12.7	6.63	18.1	3.93	10.8	5.07	13.0
2	Dinophyceae	0.32	0.6	1.94	5.3	1.71	4.7	0.59	1.5
3	Bacillariophyceae	1.12	2.1	0.51	1.4	1.22	3.3	0.32	0.8
4	Cyanophyceae	44.92	84.6	27.48	75.2	29.55	81.2	33.17	84.7
	• <i>Microcystis</i>	24.27	45.7	16.57	45.3	21.44	58.9	25.92	66.2
	• <i>Oscillatoria</i>	13.55	25.5	3.77	10.3	2.08	5.7	1.92	4.9
	• <i>Lain-lain</i>	7.10	13.4	7.14	19.5	6.03	16.6	5.33	13.6
	Jumlah	53.12	100	36.56	100	36.43	100	39.15	100

4. KESIMPULAN

Menelusuri pembahasan hasil penelitian tersebut diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa berdasarkan sifat fisik, kimia dan biologi (Chl-a), kualitas air waduk Cirata di tengah waduk dan di Teluk Coklat meskipun terdapat perbedaan akibat adanya perbedaan aktifitas diatasnya namun keduanya sama-sama telah menjadi hipertrofik. Komunitas fitoplankton di kedua tempat tersebut juga didominasi oleh Cyanophyceae utamanya *Microcystis sp.* Dan *Oscillatoria sp.*, yakni jenis fitoplankton yang selalu mendominasi perairan yang tercemar nutrisi (eutrofikasi). Penelitian ini kembali mengungkapkan bahwa kelimpahan yang dihitung dengan data dari sampling dengan plankton-net sangat *under-estimate*, dan tidak layak untuk analisis kualitas perairan.

5. SARAN

Dengan kesimpulan seperti tersebut diatas, maka penulis kembali menyarankan agar waduk Cirata tidak makin subur hendaknya dilakukan pengaturan jumlah jala keramba apung yang boleh beroperasi; karena KJA lah yang diduga menjadi penyuplai \square utrient utama. Selanjutnya karena *plankton-net* terbukti menghasilkan data kelimpahan yang *under estimate* maka penggunaannya untuk menganalisis kualitas perairan agar dihentikan, kecuali hanya untuk mengidentifikasi keberadaan fitoplankton.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1989: Laporan Akhir

Pengembangan Akuakultur dan Perikanan untuk Pemukiman Kembali Penduduk Saguling dan Cirata, Buku 2: Laporan Utama, Juni 1989. Bandung: PPSDL UNPAD dan International Center for living Aquatic Resources Management. 120-164.

- Garno, Y.S. 2000: Beban Pencemaran Buangan Organik dari Budidaya Ikan dengan Keramba Jala Apung di Bendungan Multiguna Cirata. Prosiding Semiloka Nasional Pemanfaatan Danau dan Waduk. PPLH-IPB Bogor.
- Garno, Y.S. 1992: Experimental Study of Phytoplankton Dynamics under Different Impacts of Zooplankton and Nutrients. "Doctor Thesis". Graduated Course of the Sciences for Atmosphere and Hydrosphere School of Sciences, Nagoya University. Japan. 112 pp.
- Hendersen B. and H.R. Markland (1987): Decaying Lakes-The Origins and Control of Cultural Eutrofication. John & Willey Sons Ltd. New York Chichester, Brisbane, Toronto, Singapura.. Theor. Angew. Limnol. Verh., 20, 68-74
- Margalef, R. 1958 : "Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton" In A.A. Buzzati-Traverso (ed.), *Perspective in Marine Biology* Univ. California Press. 323-349.
- Reynolds, C.S. 1989: "Physical determinants of phytoplankton succession" In U. Sommer (ed.) *Plankton ecology*. Springer-Verlag., 9-51.
- Kilham, S.S, dan P. Kilham 1978: "Natural community bioassays: Predictions of result based on nutrient physiology and competition", Int. Ver.
- Anonim, 1995: Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Lembaga

- Penelitian Unpad, Bandung. Lap.Hasil Penelitian Kualitas Air PLTA Cirata.
9. Anonim, 1996: Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Lembaga Penelitian Unpad, Bandung. Laporan Hasil Penelitian Kualitas Air PLTA Cirata.
 10. Anonim, 1997: Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Lembaga Penelitian Unpad, Bandung. Laporan Hasil Penelitian Kualitas Air PLTA Cirata.
 11. Garno, Y.S. 1998. "Peran Plankton Net pada pemisahan dan strukturisasi komunitas Fitoplankton". Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Kawasan Akuakultur Secara Terpadu. Direktorat Teknologi Pemukiman dan Lingkungan Hidup, BPP Teknologi, Jakarta, 374-392
 12. Anonim, 1998 : Cirata and Saguling Environmental Studies and Training. PT. PLN (Persero)-Directorate of Operation Environmental Division.
 13. Garno, Y.S. 2000: Status kualitas air dan struktur fitoplanton di Waduk Multiguna Cirata Prosiding Semiloka Nasional Pemanfaatan Danau dan Waduk. PPLH-IPB Bogor.
 14. Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and It's Measurement. Princenton. Princenton University Press
 15. Bold, H.C dan M.J. Wyne, 1978: *Introduction to the Algae: Structure and Reproduction*. New Jersey: Prentice-Hall Inc. 32.
 16. Paerl, H.W., 1991: Freshwater Blue Green Algae Ecology. Dalam C.D. Sandgren (ed). *Growth and Reproduction Strategies of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge. Cambridge University Press. 264-272.

RIWAYAT PENULIS.

Yudhi Soetrisno Garno, lahir di Tegal, memperoleh gelar sarjana akuakultur IPB, Bogor tahun 1979, menyelesaikan thesis Master of Science bidang ilmu perairan umum di Water Research Institute-Nagoya University Jepang tahun 1986 dan di institute yang sama menyelesaikan disertasi PhD dibidang ekologi perairan. tahun 1992. Saat ini terdaftar sebagai Akhli Peneliti Madia di P3TL BPP Teknologi dengan perhatian khusus pada bidang manajemen kualitas perairan