

# STATUS DAN KARAKTERISTIK PENCEMARAN DI WADUK KASKADE CITARUM

Oleh: Yudhi Soetrisno Garno, PhD.<sup>\*)</sup>

## Abstrak

*Sungai Citarum yang memiliki 3 waduk dan berfungsi sangat multiguna; diindikasikan telah tercemar limbah organik dan logam berat. Mengingat pencemaran tersebut dapat mengakibatkan hilangnya fungsi air sungai/waduk sebagai bahan baku air bersih, wisata dan media budidaya ikan dengan KJA maka informasi mengenai status pencemaran yang dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya sangat diperlukan. Untuk memberikan informasi yang benar dan ilmiah tentang status dan karakteristik pencemaran di waduk kaskade Citarum itulah paper ini disusun.*

*Hasil analisis terhadap data yang ada mengungkapkan bahwa **Waduk Saguling** tercemar berat oleh limbah anorganik dan organik yang berturut-turut berasal dari limbah industri dan, pemukiman. Waduk Cirata tercemar berat oleh limbah organik, yang utamanya dari limbah perikanan KJA yang beroperasi didalamnya. Waduk Juanda tercemar limbah organik dari KJA yang beroperasi Cirata dan Juanda. Kesimpulan mengenai tingkat dan sumber pencemaran yang berbeda di ketiga waduk ini, selain akan berguna dalam perencanaan pengelolaan waduk-waduk tersebut, juga sangat menarik karena selama ini penyebab pencemaran organik di waduk dan sungai hanya dialamatkan pada limbah pemukiman dan industri, sedangkan limbah KJA diabaikan.*

**Kata kunci:** Citarum, waduk, pencemaran, industri, pemukimn. KJA.

## 1. PENDAHULUAN

Citarum adalah sungai terbesar di Jawa Barat yang berhulu didataran tinggi Bandung. Sungai ini mengalir pada dataran paling rendah yang membelah dataran tinggi dari hulunya di gunung Wayang dan bermuara di pantai utara Jawa. Sudah sejak dahulu, Citarum adalah tumpuan hidup penduduk yang tinggal di sekitar alirannya, utamanya sebagai sumber pengairan sawah. Kini, di era pembangunan, S. Citarum makin menjadi strategis dan besar perannya bagi pembangunan regional maupun nasional, karena di kota-kota yang berada di DAS sungai Citarum utamanya di daerah hulu telah tumbuh pesat berbagai macam industri; sedangkan pada badan sungainya telah

dibangun dam-dam untuk pembangkit tenaga listrik (Saguling & Cirata) dan irigasi pertanian (waduk Juanda/Jatiluhur) dengan spesifikasi seperti tertera pada tabel-1<sup>1,2)</sup>.

Pertumbuhan berbagai industri di daerah hulu, utamanya Bandung dan Cimahi telah berperan besar pada peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitarnya, sedangkan pembangunan dam Saguling, Cirata dan Juanda bukan hanya dirasakan manfaatnya di Jawa Barat namun seluruh Indonesia, utamanya Jawa dan Bali. Hal ini disebabkan karena keberadaan waduk-waduk tersebut, selain telah mensuplai tenaga listrik untuk Jawa; irigasi untuk pantura barat; juga adalah pemasok utama bahan baku air bersih untuk kota Bandung, Purwakarta dan DKI.

---

<sup>\*)</sup> *Akhli Peneliti Madia bidang Management kualitas perairan di Pusat Pengkajian dan Penetapan Teknologi (P3TL) BPP Teknologi*

Tabel-1, Spesifikasi waduk-waduk besar yang dibangun di S. Citarum.

No	Jenis	Saguling	Cirata	Juanda
	Lokasi	Bandung	Bandung, Cianjur, Purwakarta	Purwakarta
1	Pembangunan	1985	1988	1967
2	Ketinggian (dpl)	645	221	116
3	Luas (Ha)	5.340.	6.200	8.300
4	Volume (juta m3)	982	2165	2970
5	Fungsi utama	PLTA	PLTA	Irigasi
6	PLTA (MW)	700	1.000	150
7	Pengelola	PJB-I	PJB-II	PJT-II

Sumber: Anonim<sup>1)</sup>, Brahmana dan Akhmad<sup>2)</sup>.

## 2. PENCEMAR DAN SUMBERNYA

Sungai yang mempunyai peran sangat penting tersebut, saat ini keadaannya memprihatinkan karena hampir semua bagian sungai telah tercemar berat oleh limbah yang dibuang oleh aktivitas penduduk/pemukiman dan industri di DAS nya.

### 2.1. Pencemar dari luar badan air

#### 2.1.2 Limbah Industri

Di DAS Citarum beroperasi 394 buah industri yang terdiri dari industri tekstil (288), aneka industri (38), logam (17), makanan dan minuman (14), farmasi (10), kimia (8), plastik (7), kulit (6), minyak & cat (4), dan kertas (2). Industri-industri tersebut sebagian besar; yakni 282 beroperasi di hulu, tepatnya di Bandung, Majalaya, Banjaran dan Cimahi,

sedangkan sisanya yakni 6 buah beroperasi di daerah Jatiluhur<sup>3)</sup>.

Sangat disayangkan bahwa 73% dari industri-industri tersebut tidak/belum memiliki instalasi pengolah limbah (IPAL) sehingga diyakini bahwa industri-industri tersebut sebagian besar membuang limbah langsung ke badan air yang masuk ke sungai Citarum.

Diperkirakan<sup>3)</sup> bahwa keberadaan industri di DAS Citarum menghasilkan limbah dengan nilai BOD dan COD sebesar 331,9 dan 499,5 ton/hari; dengan perincian di sub DAS hulu berturut turut BOD dan COD sebesar 291,9 dan 437,9 ton perhari; sedangkan di sub DAS hilir berturut-turut BOD dan COD sebesar 40,0 dan 60,0 ton/hari (Tabel-2). Selain itu Brahmana & Akhmad<sup>2)</sup> mengungkapkan bahwa dari industri tersebut memberikan asupan limbah nutrisi pada waduk Saguling sebesar 0,22 ton nitrogen perhari.

Tabel-2. Perkiraan beban pencemaran BOD dan COD dari industri dan pemukiman di DAS Citarum.

No	DAS	Beban Pencemaran (ton/hari)					
		Industri		Pemukiman		Jumlah	
		BOD	COD	BOD	COD	BOD	COD
1.	Sub DAS Hulu	291,9	437,9	47,02	107,21	338,92	545,11
2.	Sub Das Hilir	40,0	60,4	40,05	91,30	80,05	151,70
	DAS Citarum	331,9	498,5	87,07	198,51	418,97	696,81

Sumber: Sucahyo<sup>3)</sup>

#### 2.1.2 Limbah Pemukiman

DAS Citarum dihuni oleh sekitar 5 juta orang, dengan perincian sekitar 2,9 juta orang (58%) tinggal di daerah Citarum hulu atau sub-DAS Saguling; dan 2,1 juta (42%) tinggal

di Citarum hilir<sup>3)</sup>.. Dari jumlah tersebut, Sucahyo<sup>3)</sup> mengungkapkan bahwa 64,7 % dari penduduk yang tinggal di hulu (1.880.846 orang) dan 74% dari penduduk yang tinggal di Citarum hilir (1.601.759 orang) membuang limbahnya langsung ke Citarum.

Berdasarkan publikasi yang ada limbah domestik setiap orang yang tinggal di daerah Bandung mengandung 14,5 gram nitrogen dan 1,9 gram posfor<sup>4)</sup>. Ini berarti bahwa setiap harinya S Citarum bagian hulu mendapatkan buangan limbah domestik yang mengandung nitrogen sebanyak 27.272.267 gram (27,27 ton) dan posfor sebanyak 3.573.607 gram (3,57 ton); sedangkan bagian hilir mendapatkan nitrogen sebanyak 23.225.505 gram (23,23 ton) dan posfor sebanyak 3.043.342 gram (3,504 ton), seperti

tertera pada tabel-3.

Selanjutnya berdasarkan BOD dan COD, publikasi lain<sup>3)</sup> mengungkapkan bahwa setiap harinya S Citarum mendapatkan limbah pemukiman dengan nilai BOD dan COD berturut-turut sebesar 87,07 dan 198,51 ton/hari (Tabel-2). Tabel-3 mengisaratkan bahwa BOD dan COD yang masuk ke DAS bagian hulu dengan nilai berturut-turut 47,02 dan 107,21 ton/hari tidak banyak berbeda dengan yang masuk di DAS bagian hilir dengan nilai 40,05 dan 91,30 ton/hari.

Tabel-3 . Perkiraan potensi beban pencemaran nitrogen dan fosfor (ton/hari)

Jenis limbah	Saguling		Cirata		Juanda		Ket. Sumber
	N	P	N	P	N	P	
Pemukiman	27,27	3,57	18,58	2,80	4,65	0,7	4)
Industri	0,022	-	-	-	-	-	1)
Pertanian	2,8	0,60	-	-	-	-	1)
Peternakan	3,28	0,81	-	-	0,78	0,17	1)
Perikanan	3,66	0,52	23,74	3,39	2,91	0,30	2)
Jumlah	34.032	5.5	47.82	6.19	14.53	1.17	

### 2.1.3. Pertanian dan Peternakan.

Selain pemukiman dan industri, dari luar badan air, sungai Citarum juga dimasuki limbah pertanian dan peternakan. Brahmada dan Achmad<sup>2)</sup> mengungkapkan bahwa setiap harinya limbah pertanian yang mengandung nitrogen 2,8 ton dan fosfor 0,600 ton masuk ke waduk Saguling, dan nitrogen 0,782 ton dan fosfor 0,167 ton masuk ke waduk Juanda. Tidak ada data tentang limbah pertanian yang masuk ke Cirata (Tabel-3). Selanjutnya diungkapkan pula bahwa setiap harinya limbah peternakan yang mengandung nitrogen 3,28 ton dan fosfor 0,81 ton masuk ke Saguling. Tidak ada penjelasan mengenai

limbah peternakan yang masuk ke waduk Cirata dan Juanda.

### 2.2 Pencemar dari dalam Badan Air

Selain limbah dari luar badan air yang berasal dari pemukiman, industri, pertanian dan Peternakan, S. Citarum, utamanya pada waduk-waduknya juga mendapatkan limbah organik yang berasal dari kegiatan pemeliharaan ikan yang menggunakan keramba jaring apung (KJA). Berdasarkan publikasi yang ada<sup>5,6)</sup> maka beban pencemar organik dari KJA pada masing-masing waduk adalah seperti pada tabel-4

Tabel-4. Perkiraan beban pencemar dalam bentuk organik dari kegiatan penggemukan ikan di waduk Cirata; dalam satuan ton /tahun.

Waduk	Jumlah keramba (unit)	Perkiraan produksi pertahun	Perkiraan Limbah Ton/tahun			Keterangan diolah dari :
			Organik	N	P	
Saguling	4.425	8.762	10.952 (31,3)	478 (1,3)	68 (0,19)	UPTD Saguling-Cirata
Cirata	28.738	118,082	148.782 (543,50)	8.667 (23,7)	1.239 (3,39)	Garno & Adibroto <sup>5)</sup>
Jatiluhur	2.537	2.500	3.125 (8,6)	136 (,37)	19 (0,05)	Sukimin dkk., <sup>6)</sup>

### 3. DAMPAK LIMBAH PADA KUALITAS PERAIRAN

#### 3.1 Logam berat

Telah disampaikan bahwa di DAS Citarum beroperasi sekitar 394 buah industri yang sebagian besar tidak memiliki IPAL. Tanpa IPAL maka tanpa diragukan lagi limbah-limbah industri tersebut akan masuk ke S. Citarum dan mencemarinya. Apalagi diketahui pula bahwa sebagian besar (288 buah) adalah industri tekstil yang jelas-jelas mengandung logam berat dalam limbahnya.

Dengan kenyataan tersebut maka tidak aneh jika publikasi<sup>7)</sup> yang ada menyatakan bahwa perairan sungai Citarum, utamanya di waduk Saguling memiliki kandungan beberapa logam berat seperti Hg, Cd, Pb dan Zn yang jauh berada diatas ambang yang diijinkan dalam baku mutu yang berlaku. Demikian pula dengan pH, H<sub>2</sub>S, nitrit, klorin dan fenol.

Keberadaan logam-logam berat yang melebihi ambang batas tersebut bukan hanya di temukan di waduk Saguling, namun kadang-kadang ditemukan pula di perairan waduk Cirata<sup>8)</sup>. Mengingat disekitar waduk Cirata tidak ada industri<sup>9)</sup> dengan buangan limbah yang mengandung logam berat, maka dapat diduga bahwa secara alamiah waduk Saguling sudah tidak mampu lagi menetralsir logam-logam berat yang dibawa limbah industri yang masuk ke waduk, sehingga sebagian logam-logam berat tersebut masuk ke waduk Cirata.

Keadaan seperti tersebut diatas menunjukkan bahwa air di waduk Saguling dan Cirata sudah tidak lagi memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan baku air minum.

Selanjutnya keberadaan logam berat di perairan waduk Juanda belum dipublikasikan. Mengingat letak waduk Juanda berada dibawah waduk Cirata maka dimungkinkan kandungan logam-logam beratnya masih berada dibawah perairan Cirata.

#### 3.2. Eutrofikasi

Selain mengakibatkan pencemaran logam berat, pembuangan limbah yang tidak diolah telah mengakibatkan pencemaran nutrisi (eutrofikasi) di semua badan airnya. Tidak seperti pencemaran logam berat yang nampaknya bertingkat dari hulu ke hilir (Saguling-Cirata-Juanda), yang disebabkan sumbernya diduga hanya berada di hulu,

maka eutrofikasi terjadi diseluruh badan air sungai Citarum. Hal ini disebabkan karena nutrisi tidak hanya dihasilkan oleh industri dan pemukiman, namun juga oleh kegiatan-kegiatan lain yang terjadi di sekitar perairan tersebut seperti peternakan, pertanian dan perikanan.

##### 3.2.1. Waduk Saguling

Tabel-3 menunjukkan bahwa BOD dan COD yang masuk ke Saguling adalah 7 (tujuh) kali lebih besar dari BOD dan COD yang masuk ke waduk-waduk lain. Ketiadaan IPAL untuk limbah industri dan pemukiman mengakibatkan limbah-limbah tersebut akan masuk ke waduk dan terurai di masing-masing waduk. Untuk menguraikan limbah tersebut diperlukan oksigen; sehingga selama proses penguraian limbah tersebut oksigen terlarut dalam perairan menurun, dengan tingkat penurunan berbanding lurus dengan jumlah limbah yang diurai. Dengan terurainya limbah terbentuklah senyawa lain yang berupa nutrisi (fosfor dan nitrogen) dan gas (NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>S) yang beracun bagi organisme lain. Selanjutnya karena limbah organik sebagian besar ada dilapisan bawah badan air maka dampak penguraian yang berupa penurunan oksigen terlarut dan timbulnya gas-gas beracun terjadi di lapisan bawah badan air. Inilah yang menjadi salah satu penyebab kandungan oksigen terlarut dalam suatu badan air makin ke lapisan bawah makin mengecil konsentrasinya, sebaliknya kandungan gas beracunnya makin besar.

Salah satu hasil penguraian limbah organik adalah nutrisi dalam bentuk fosfor dan nitrogen yang siap diasimilasi oleh tumbuhan air, termasuk fitoplankton<sup>9)</sup>. Seperti tumbuhan lain, maka pertumbuhan fitoplankton terus terjadi pada perairan yang selalu (terus menerus) mengandung nutrisi. Hal inilah yang menyebabkan pemasukan (pembuangan) limbah organik yang terus menerus kedalam suatu badan air akan diikuti dengan pertumbuhan fitoplankton yang berlebihan sehingga air berwarna hijau pekat<sup>10)</sup>. Fenomena ini disebut "Blooming".

"Blooming" fitoplankton sebenarnya telah terjadi di perairan waduk Saguling setiap tahun, utamanya di musim kemarau. Garno<sup>11)</sup> mengungkapkan bahwa perairan waduk Saguling telah menjadi eutrofik dengan kelimpahan fitoplankton berfluktuasi antara  $19.033-25.385 \times 10^3 \text{ sel} \cdot \text{l}^{-1}$  (sembilan belas juta tiga puluh tiga ribu --- dua puluh lima juta tiga ratus delapan puluh lima ribu sel per liter).

Fenomena *blooming* pada umumnya kurang menguntungkan bagi organisme lain, utamanya di malam hari. Hal ini disebabkan karena di malam hari fitoplankton memerlukan oksigen untuk respirasi bagi yang hidup dan dekomposisi bagi yang mati. Karena pada umumnya fitoplankton tersebut berada di lapisan atas badan air, maka akibat "blooming" di malam hari adalah menurunnya kandungan oksigen di lapisan atas badan air. Dengan demikian maka saat terjadi "blooming", kandungan oksigen terlarut di badan air waduk Saguling menjadi sangat tertekan karena kandungan oksigen terlarut di lapisan bawah digunakan untuk dekomposisi limbah, sedangkan yang berada di permukaan digunakan untuk respirasi dan dekomposisi fitoplankton penyusun "blooming".

Menimbang bahwa waduk Saguling dibuang oleh limbah dengan beban BOD dan COD yang besar (Tabel-2) dan nutrisi yang tinggi (Tabel-3) maka sangat mungkin jika kedua fenomena tersebut diatas (depleksi oksigen di semua lapisan badan air pada malam hari) telah terjadi beberapa kali. Dan jika depleksi oksigen terlarut sampai mendekati nol, maka kematian ikan secara masal (besar-besaran) tidak dapat dihindari. Apalagi pada saat yang bersamaan kandungan gas-gas beracun hasil dekomposisi juga ikut meningkat konsentrasinya. Fenomena inilah yang diduga merupakan salah satu penyebab terjadinya kematian masal ikan budidaya di waduk Saguling.

Disebut sebagai salah satu penyebab kematian ikan secara masal karena kemungkinan penyebab lain masih ada, yakni masuknya buangan industri yang mengandung zat-zat beracun dalam konsentrasi tinggi akibat ketiadaan IPAL. Adanya dua dugaan inilah yang menyebabkan sampai saat ini penyebab kematian ikan secara masal di waduk Saguling masih menjadi polemik yang tak berkesudahan, karena tak satu pihakpun berusaha mengetahui penyebab sebenarnya dengan melalui penelitian yang benar..

### 3.2.2. Waduk Cirata

Mencermati tabel-2 maka nampak bahwa pencemar BOD dan COD yang masuk dari industri dan pemukiman sangat kecil dibandingkan dengan Saguling. Namun demikian karena didalam waduk Cirata beroperasi KJA dalam jumlah yang besar, maka nampak di tabel-3 bahwa waduk Cirata mendapatkan beban pencemar nutrisi dalam

bentuk nitrogen dan fosfor yang lebih tinggi daripada W. Saguling.

Selanjutnya tabel-4 menunjukkan bahwa waduk Cirata mendapatkan masukan limbah organik langsung yang sangat besar dari pembesaran ikan di KJA yakni sekitar 148.782 ton organik/tahun atau 425 ton organik/perhari. Fenomena ini mengisyaratkan bahwa penurunan kualitas air di waduk Cirata disebabkan oleh pencemaran yang utamanya disebabkan oleh limbah organik dari kegiatan pembesaran ikan di KJA. Pencemaran organik tinggi tersebutlah yang mengakibatkan status pencemaran air waduk Cirata sangat berbeda dengan waduk Saguling yang pencemar utamanya limbah industri dan pemukiman.

Beban pencemar nutrisi (Tabel-3) dan organik (Tabel-4) yang sangat tinggi ini menyebabkan perairan waduk Cirata cepat mengalami eutrofikasi dan memiliki kelimpahan algae yang sangat tinggi<sup>12)</sup> yakni berkisar antara  $22,08 \times 10^6$  dan  $43,84 \times 10^6$  sel•l<sup>-1</sup>. Kepadatan algae di waduk Cirata tersebut lebih tinggi dari pada di Saguling<sup>11)</sup> yang pada bulan yang sama, jumlah algae hanya berkisar antara  $19.033-25.385 \times 10^3$  sel•l<sup>-1</sup>.

Tidak seperti di Saguling yang sulit untuk menentukan penyebab sesungguhnya dari kematian ikan-ikan secara masal, maka karena di Cirata tidak dibuang limbah industri secara langsung, kematian ikan-ikan lebih disebabkan oleh fenomena depleksi oksigen di semua lapisan air dan bertambahnya konsentrasi zat-zat beracun dalam air. Fenomena ini dapat terjadi di malam hari, dan merupakan apa yang disebut blooming dan dekomposisi organik.

### 3.2.3 Waduk Juanda.

Mencermati tabel-3 maka nampak bahwa waduk Juanda mendapatkan beban pencemar nutrisi yang jauh lebih kecil daripada waduk Cirata. Namun demikian publikasi yang ada mengindikasikan bahwa BOD<sup>6)</sup> kekeruhan, padatan tersuspensi, orthofosfat, bahan organik total<sup>13)</sup> air yang masuk ke waduk Juanda (in-let, di Warung Jeruk) mempunyai nilai yang jauh lebih tinggi dari pada di tempat lain dalam waduk yang sama, termasuk di outlet. Hal ini mengisyaratkan bahwa meskipun beban pencemar dari industri, pemukiman, pertanian dan KJA rendah, namun karena aien yang tinggi maka eutrofikasi pun tidak dapat dihindari, dan karenanya hampir setiap

tahun blooming “blue green” algae terjadi di waduk Juanda. Di saat blooming inilah air waduk Juanda menjadi seperti “juice alpukat” yang anyir dan menjijikan. Keadaan ini sangat merugikan, karena potensi wisata yang telah digarap dengan baik akan sia-sia akibat permukaan air yang kotor, anyir dan menjijikan dihindari wisatawan.

Seperti yang terjadi di Saguling dan Cirata, maka meskipun jumlah KJA di W. Juanda lebih sedikit, namun karena limbah organik yang masuk ke waduk telah terakumulasi cukup lama, dan diduga sering terjadi pegadukan limbah tersebut oleh sistem pembuangan limbah industri yang berupa air pendingin mesin, maka kematian ikan pun sering terjadi di W. Juanda. Seperti penyebab kematian ikan di waduk Cirata, kematian di waduk Juanda pun tidak mungkin disebabkan oleh limbah industri namun lebih mungkin oleh deplesi oksigen akibat blooming; dan keracunan gas-gas beracun ( $H_2S$  & amoniak) hasil dekomposisi limbah organik yang terangkat ke permukaan oleh tekanan angin ataupun perbedaan temperatur antar lapisan badan air.

#### 4. KESIMPULAN

Uraian tersebut diatas menggambarkan bahwa air sungai Citarum telah tercemar berat di semua bagiannya (hulu dan hilir) sehingga keberlanjutan beberapa potensi yang dimilikinya, yakni sebagai bahan baku air minum, media akuakultur serta wisata terancam punah. Sedangkan potensi pembangkit tenaga listrik meskipun tidak punah namun akan menjadi mahal dalam pengoperasiannya karena peralatan akan cepat mengalami korosi dan penyumbatan. Untuk menghindari fenomena yang mengerikan tersebut maka meskipun agak terlambat, haruslah segera dimulai usaha serius untuk menghentikan proses pencemaran dan pendangkalan yang telah terjadi sepanjang waktu tersebut.

Meskipun sama-sama tercemar berat namun jika dicermati dengan baik maka nampak bahwa penyebab penurunan kualitas (pencemaran) air setiap waduk adalah berbeda-beda. **Waduk Saguling** tercemar berat oleh logam berat dari industri, dan organik dari pemukiman; **waduk Cirata oleh limbah organik dari KJA**, sedangkan waduk Juanda oleh organik dari KJA di Cirata dan di Juanda. Kesimpulan tiga fenomena pencemaran seperti tersebut diatas mungkin untuk pertama kali. Fenomena tersebut

sebenarnya dapat dijadikan landasan untuk menyederhanakan pengelolaan kualitas sumberdaya perairan DAS Citarum yang sangat panjang.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim (2000): Pola Operasi Waduk Kaskade Citarum *Pengelolaan Waduk Secara Berkelanjutan*. Perum Jasa Tirta II.
2. Brahma S.S. dan F. Achmad, 1997: *Eutrophication in Three Reservoirs at Citarum River and Its relation to Beneficial uses*. Workshop On Ecosystem Approach to Lake and Reservoir Management
3. Sucahyo, N. (1996): *Peramalan dan Pengendalian Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Citarum*. Jurnal Penelitian Pemukiman, Vol-XII (11) :17-25.
4. Irianto E. W dkk (1996): *Karakteristik Beban Pencemaran Air Limbah Penduduk di Bandung dan Yogyakarta*. Buletin Puslitbang Pengairan , Bandung 5(21):15-35.
5. Garno, Y.S dan T.A. Adibroto (2000): *Dampak Penggemukan Ikan Di Badan Air Waduk Multiguna Pada Kualitas Air Dan Potensi Waduk*. Prosiding Sem-Nas. Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau & Waduk. IPB, Bogor hal. XVII:1-10.
6. Sukimin S., M. Ulama; D.G. Bengen. (1997): *Water Quality Obsevation and Floating Cages Arrangement For Fisheries at Ir. Juanda Reservoir*. Workshop On Ecosystem Approach to Lake and Reservoir Management
7. Anonim, 1995: *Laporan Hasil Pemantauan Kualitas Air waduk Saguling*. Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Lembaga Penelitian Unpad, Bandung.
8. Anonim, 1995 & 1996: *Laporan Hasil Penelitian Kualitas Air PLTA Cirata.Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, Lembaga Penelitian Unpad, Bandung.
9. Garno, Y.S. (1995): *Zooplankton and Nutrient Influence On Succession Of Phytoplankton*. Proceed. Workshop on Tech. Appl. on Marine Env. Monitoring, Forcasting & Information System. Direct. for The Human Settlement and Environmental Tech. BPPT, 121-132
10. Garno, Y.S. (1994): *Dinamika Plankton dan Bahan Organik dalam Badan Air Tertutup yang dipupuk dengan dosis tinggi (Eutrofik)*. Prosiding Presentasi

Ilmiah Peneliti BPP Teknologi, BPP Teknologi., 196-207.

11. Garno, Y.S (2000): Studi Kualitas Perairan di Teluk Ciminyak Saguling dengan Bahasan Pokok *Kelimpahan dan Dinamika Fitoplankton*. Pros. Sem-Nas. Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk. UNPAD Bandung. I: 108-125;
12. Garno, Y.S (2000): *Status Kualitas dan Struktur Fitoplankton di Bendungan Multiguna Cirata*. Proseding Sem-Nas. Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk. IPB, Bogor hal. XXV:1-8
13. Noryadi (1998): *Struktur komunitas dan Biomasa Fitoplankton dan Kaitannya dengan Nitrogen-Fosfor . pada lapisan Fotik di Gradien Longitudinal waduk Juanda*. Master Thesis. Program Pasca Sarjana IPB. 82 hal.

#### **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 Uninersity Jepang tahun 1986 dan di institute yang sama menyelesaikan disertasi PhD dibidang ekologi perairan. tahun 1992. Sejak tamat dari IPB penulis bekerja di BPP Teknologi; dan saat ini terdaftar sebagai Akhli Peneliti Madia di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (P3TL) BPP Teknologi dengan perhatian khusus pada bidang manajemen kualitas perairan