

# PENENTUAN KONSENTRASI KHLOROFIL- $\alpha$ SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS PERAIRAN WADUK SAGULING

WAGE KOMARAWIDJAJA  
Peneliti Ekotoksikologi Perairan  
Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT

## Abstract

Saguling reservoir is one of reservoir located in West Java Province. This reservoir primarily was planned for single purpose to generate the electricity. Water quality in this reservoir is depends on the water quality of Citarum River which have face significant change because of the increased of land use along Citarum River basin.

Parameter that tends to increased as well as measured at Saguling reservoir in this study is pH, turbidity and Chlorophyll- $\alpha$ .

These results are higher than the permissible limit (PP 82/2001). Its mean that Saguling reservoir water quality is worst, and based on chlorophyll- $\alpha$  contained  $> 10 \mu\text{g/L}$  is called as eutrophic waters

**Keywords:** Saguling, reservoir, water quality, chlorophyll- $\alpha$ .

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

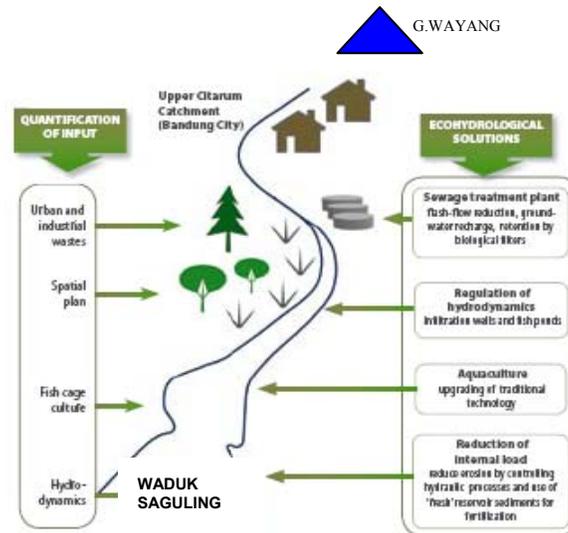
Waduk Saguling merupakan salah satu bendungan kaskade Sungai Citarum yang terletak di bagian hulu pada ketinggian 643m dpl di Jawa Barat,. Waduk ini awalnya dibangun untuk keperluan pasokan tenaga listrik di P Jawa, tetapi lambat laun peruntukannya bertambah seperti sebagai areal budidaya ikan, pertanian dan pariwisata. Perubahan peruntukan Waduk tersebut, berdampak pada peningkatan kepadatan penduduk sekitar Waduk yang bermata pencaharian bertani secara ekstensif. Adanya perubahan peruntukan tersebut berakibat pada percepatan penurunan kualitas perairan Waduk Saguling (Wangsaatmaja, 2004).<sup>1)</sup>

Sementara itu, Sungai Citarum Hulu yang mengalir melalui daerah administrasi Kota Bandung, Kabupaten Bandung dan Cimahi, terbentang dari Gunung Wayang sampai Waduk Saguling, telah banyak mengalami tekanan dari pemanfaatan yang melebihi daya dukung lingkungan, seperti terjadinya ekstensifikasi dan intensifikasi budidaya pertanian, pertumbuhan pemukiman, industri, dan kegiatan budidaya perikanan(Gamabr-1).<sup>2,3,4)</sup>

Tekanan tersebut sudah terasa sejak di bagian hulu yang penuh aktifitas pemukiman, kemudian kegiatan budidaya pertanian dan aktifitas industri. Sebagaimana disebutkan dalam Salim (2002), bahwa mulai dari Majalaya sampai ke Waduk Saguling diperkirakan 6 juta jiwa penduduk menghuni kawasan Citarum Hulu dengan kepadatan penduduk 400-12000 orang/km<sup>2</sup>. Dengan kepadatan penduduk itu, diperkirakan beban pencemaran BOD limbah domestik yang masuk ke DAS Citarum Hulu berkisar antara 160.000-200.000 ton/hari.<sup>3)</sup>

Sebaliknya, aktifitas industri menimbulkan beban pencemaran BOD yang meningkat, dimana pada tahun 2000 beban pencemaran BOD sebesar 81.363 ton/hari dan pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 109.114 ton/hari.<sup>2)</sup>

Sedangkan tekanan kegiatan budidaya pertanian tidak hanya menimbulkan pencemaran akibat pencucian pupuk tetapi juga meningkatnya erosi (22ton/ha/tahun) akibat pembukaan lahan baru dan bertumbuhnya lahan yang terbengkalai menimbulkan erosi yang akhirnya masuk ke perairan Waduk Saguling.<sup>4)</sup> Dari aktifitas pertanian telah terjadi akumulasi nitrogen dan posfor yang tinggi di perairan . Hasil prediksi nitrogen dan posfor yang masuk perairan DAS Citarum Hulu, diperkirakan berkisar antara 6.460-187.852 ton N per tahun dan 3.060-21.992 ton P per tahun.<sup>3)</sup>



Gambar 1. Sungai Citarum Hulu, Potensi Pencemaran dan Upaya Penanganan

Kondisi tersebut, memperkuat pernyataan PPSDAL-UNPAD Bandung bahwa kualitas air Waduk Saguling telah melebihi baku mutu untuk air minum dan baku mutu untuk budidaya perikanan seperti kegiatan budidaya keramba jaring apung (KJA).<sup>6)</sup> Dengan kondisi kualitas lingkungan yang demikian, Waduk Saguling sangat sulit untuk melakukan pemulihan kualitas secara alamiah (self purification). Oleh karena itu, akumulasi limbah yang didominasi limbah organik pada akhirnya akan menyebabkan ekosistem Waduk Saguling menjadi sangat subur (eutrof) yang ditandai oleh meningkatnya pertumbuhan gulma seperti ganggang (blue green algae) sehingga perairan menjadi kehijauan, berlendir dan memicu penurunan kualitas perairan yang dibutuhkan oleh organisme perairan untuk hidup. Untuk itu, upaya pengendalian dan pencegahan perlu diupayakan, sehingga kemerosotan fungsi sebagai pemasok listrik dan penurunan fungsi ekologi Waduk dapat dihindari.

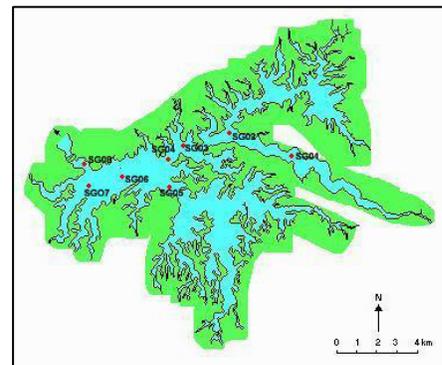
**1.2. Tujuan**

Pengukuran beberapa parameter kualitas air ini bertujuan untuk mengetahui status kualitas lingkungan perairan Waduk Saguling

**2. METODOLOGI**

**2.1. Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di kawasan Waduk Saguling, Provinsi Jawa Barat, pada titik pengamatan SG01, SG02, SG03, SG04, SG05, SG06, SG07 dan SG08 sebagaimana disajikan pada Gambar-2.



Gambar-2. Lokasi Titik Pengamatan Parameter Kualitas Air di Waduk Saguling

## 2.2. Pemeriksaan Parameter Penting Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur adalah mencakup parameter fisik, kimia dan biologi yakni suhu air, kekeruhan, pH, Oksigen terlarut (DO) dan **Khlorofil- $\alpha$** , sebagaimana disajikan pada Tabel-1.

Tabel-1. Paramater Kualitas Air

No.	Parameter	Keterangan
1	Temperatur	<i>In situ</i>
2	Kekeruhan /Turbiditas	<i>In situ</i>
3	pH	<i>In situ</i>
4	Oksigen terlarut	<i>In situ</i>
5	Khlorofil-a	<i>In situ</i>

Pemeriksaan parameter penting kualitas air mencakup kondisi suhu air, kekeruhan, pH, Oksigen terlarut (DO) dan **Khlorofil- $\alpha$**  dilakukan pada bagian permukaan badan air, pada kedalaman satu meter. Pengukuran parameter tersebut dilakukan *insitu* menggunakan alat yang disebut **Chlorotec probe** (Chlorotec, type AAQ1183, Alec Electronics). Lokasi pemeriksaan kualitas air tersebar dari bagian hulu sampai dengan hilir Waduk Saguling, sebagaimana disajikan pada peta Gambar-2.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kualitas Fisik-Kimia Air

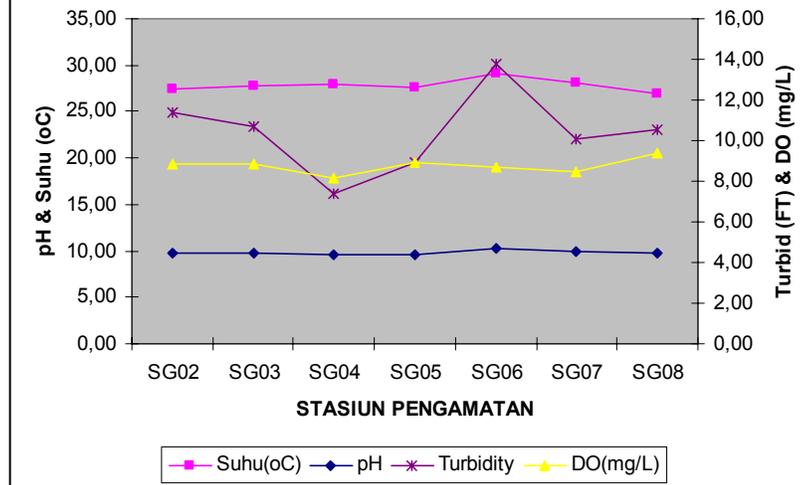
Hasil pemeriksaan parameter fisik-kimia kualitas perairan Waduk Saguling disajikan pada Tabel-2 dan Gambar-3. Berdasarkan data pengukuran insitu dapat diuraikan sejauhmana kondisi kualitas perairan Waduk Saguling. Untuk itu, telaah kualitas perairan Waduk tersebut, disajikan pada uraian selanjutnya.

Tabel-2. Kualitas Fisik-Kimia Perairan Waduk Saguling

Stasiun	Suhu (°C)	pH	Turb (FTU)	DO (mg/L)
SG 01	27.42	9.36	9.77	10.09
SG 02	27.45	9.79	11.41	8.86
SG 03	27.73	9.77	10.65	8.83
SG 04	27.91	9.55	7.35	8.19
SG 05	27.59	9.63	8.93	8.91
SG 06	29.17	10.19	13.79	8.70
SG 07	28.03	9.95	10.09	8.47
SG 08	26.94	9.80	10.57	9.36

#### a. Suhu.

Secara umum kondisi suhu di lokasi kajian Waduk Saguling sebagaimana disajikan pada Tabel-2 berkisar antara 26.94°C-29.17 °C dengan rata-rata 27.78°C. Kondisi suhu yang terukur ini relatif stabil, karena perubahan suhu masih dibawah batas toleransi fluktuasi suhu perairan.<sup>7)</sup> Suhu perairan yang stabil merupakan hal yang ideal bagi semua kehidupan, karena suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada proses fisik, kimia dan biologi dalam badan air. Adanya peningkatan suhu akan mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, dan evaporasi. Suhu juga mempengaruhi kelarutan gas, termasuk oksigen dalam air; dan aspek biologi sebagian besar organisme air. Bahkan Lebih jauh, suhu mempengaruhi proses fotosintesa, dan sensitivitas organisme terhadap racun, parasit dan penyakit juga dipengaruhi oleh suhu.



Gambar-3.  
Fluktuasi kondisi pH, suhu, kekeruhan dan DO lingkungan perairan Waduk Saguling

**b. Derajat Keasaman (pH).**

Untuk derajat keasaman atau pH, sebagaimana disajikan pada Tabel-2, status pH Waduk Saguling berkisar antara 9.36-10.19 dengan rata-rata pH 9.76. Hampir semua lokasi pemeriksaan kualitas air menunjukkan pH >9. Nilai pH tersebut menunjukkan kondisi perairan dalam keadaan basa. Kondisi ini telah melebihi ambang batas yang ditentukan baku mutu PP 82 tahun 2001.<sup>7)</sup>

Tidak jauh berbeda dengan suhu, perubahan pH juga mempengaruhi proses biologi dan kimia. Nilai pH pada badan air dapat menekan kemampuan reproduksi organisme tertentu dan dapat menyebabkan subtansi beracun menjadi lebih siap diambil tanaman dan hewan air. Hal ini bisa menyebabkan terjadinya gangguan pada rantai makanan yang pada gilirannya dapat menyebabkan hilangnya spesies lain. Lebih jauh peningkatan nilai pH menjadi basa dapat meningkatkan daya racun ammonia pada organisme air; sebaliknya penurunan pH dapat meningkatkan daya racun sianida.

Dengan kondisi pH >9 ini, selain perairan Waduk Saguling bersifat basa juga berpengaruh nyata terhadap terjadinya penurunan kualitas perairan. Selanjutnya dengan pH lingkungan perairan yang bersifat basa dan lingkungan yang eutrof akan sangat mendorong kehidupan mikroba patogen dibanding dalam kondisi pH asam.<sup>8)</sup> Oleh karena kondisi pH demikian perlu diwaspadai terutama di lokasi budidaya KJA yang sangat padat.

**c. Turbiditas (Kekeruhan).**

Berdasarkan dari hasil pengukuran di lokasi pengamatan, sebagaimana disajikan pada Tabel-2 dan Gambar-3, kekeruhan semakin kehilir cenderung semakin meningkat. Kekeruhan di semua lokasi pengamatan tersebut berkisar antara 7.35 – 13.79 FTU dengan rata-rata 10.32 FTU.

Status kekeruhan sebagaimana diketahui merupakan gambaran sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik baik terlarut maupun tidak terlarut seperti lumpur, pasir halus dan jasad renik. Kekeruhan sangat terkait dengan TSS. Kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi seperti pernafasan dan daya lihat organisme. Kekeruhan pada perairan tergenang lebih banyak disebabkan oleh bahan tersuspensi berupa koloid dan partikel halus.

Oleh karena itu, kekeruhan yang meningkat selain dikawatirkan mengganggu konsentrasi DO di perairan juga dikawatirkan akan mengganggu penetrasi sinar matahari kedalam kolom air. Perairan yang keruh akan menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan alga serta organisme lain yang hidup di perairan tersebut. Gambar-4 berikut ini memberikan ilustrasi kondisi perairan Sungai Citarum Hulu yang keruh berlumpur.

**d. Oksigen terlarut (DO).**

Hasil pengukuran DO Waduk Saguling berdasarkan baku mutu PP 82/2001 menunjukkan konsentrasi yang cukup-baik untuk lingkungan kehidupan perairan.<sup>7,9)</sup> Konsentrasi DO yang terukur sebagaimana disajikan pada Tabel-2 berkisar 8.47 – 10.09 mg/L dengan rata-rata 8.93 mg/L.

Konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan dipengaruhi oleh suhu, respirasi, fotosintesis, respirasi organisme dan kandungan bahan organik. Diantaranya, keberadaan bahan organik yang paling sering menyebabkan oksigen terlarut rendah. Sebenarnya badan air mempunyai kemampuan untuk menetralkan pencemar yang masuk kedalamnya; namun jika pencemar berlebihan maka kebutuhan oksigen menjadi

sangat besar dan mengakibatkan oksigen terlarut rendah/habis. Fenomena supersaturasi ini disebabkan oleh peledakan ganggang, pada perairan yang tercemar nitrogen dan fosfor.

Kondisi DO yang cukup baik tersebut, diduga terkait erat dengan pengukuran pada siang hari dan kondisi perairan Waduk Saguling yang sangat subur sehingga sebagian besar kandungan DO tersebut merupakan metabolit fito plankton yang tumbuh subur. Sebaliknya pada malam hari, DO tidak diproduksi fito plankton, sebaliknya DO yang tersedia digunakan oleh fauna perairan seperti ikan budidaya dan lain-lain termasuk digunakan juga oleh plankton tersebut. Oleh karena itu, dengan suburnya perairan ini, kebutuhan oksigen biologi di Waduk Saguling tidak tercukupi sehingga bisa terjadi kondisi kekurangan oksigen (anoksia).<sup>10)</sup>



Gambar-4.  
Kondisi perairan S Citarum Hulu yang keruh sebelum masuk Waduk Saguling

### 3.2 Sebaran Klorofil- $\alpha$ di Perairan Waduk Saguling

Hasil pengukuran klorofil- $\alpha$  secara insitu di beberapa titik pengamatan disajikan pada Tabel-3, dengan konsentrasi berkisar antara 8.734-13.766  $\mu\text{g/L}$  dengan rata-rata 9.863  $\mu\text{g/L}$ . Hasil pengukuran klorofil- $\alpha$  dengan konsentrasi paling tinggi terukur di lokasi pengamatan SG06 (13.766  $\mu\text{g/L}$ ), sedangkan yang terendah dijumpai di lokasi pengamatan SG05 (7.734  $\mu\text{g/L}$ ). Gambaran fluktuasi konsentrasi klorofil- $\alpha$  dari mulai lokasi pengamatan SG01 sampai dengan SG08 dapat dilihat pada grafik yang disajikan pada Gambar-5.

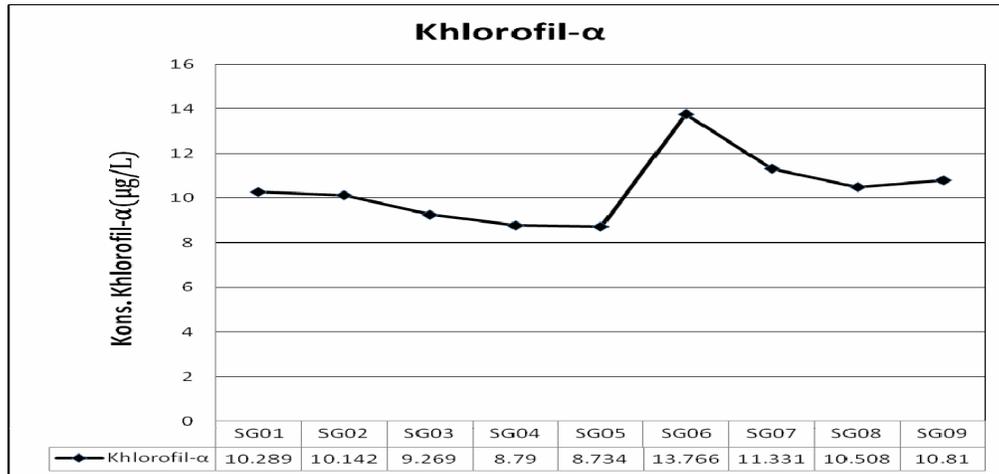
Tabel-3. Kandungan Klorofil- $\alpha$  pada Beberapa Lokasi di Perairan Waduk Saguling

SG01	SG02	SG03	SG04	SG05	SG06	SG07	SG08
10.289	10.142	9.269	8.790	8.734	13.766	10.508	10.810

Aliran Sungai Citarum masuk ke Waduk Saguling di sekitar daerah Nanjung, di daerah ini air mengalir dengan kekeruhan yang tinggi yang secara visual berwarna coklat kehitaman sebagaimana ditunjukkan oleh foto pada Gambar-4. Dari Nanjung air mengalir ke Waduk Saguling melalui daerah Maroko dimana titik pengukuran SG01 diletakkan. Aliran air S. Citarum tersebut sebelum mencapai titik pengukuran SG01, terlebih dahulu melewati hamparan tanaman eceng gondok yang tumbuh subur kehijauan (Gambar-6). Adanya pertumbuhan makrofit eceng gondok tersebut dengan kepadatan yang tinggi diduga akibat adanya suplai unsur hara yang melimpah yang berasal dari aktifitas pertanian yang terus meningkat di hulu Sungai Citarum.

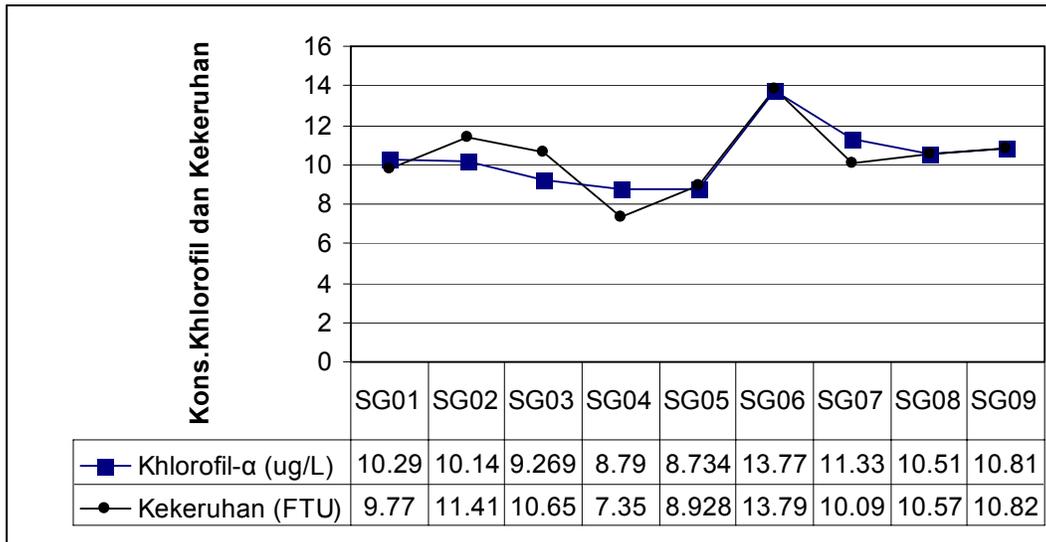
Selanjutnya dari titik pengamatan SG01 air mengalir ke titik SG02, selanjutnya SG03, dan SG04 dengan konsentrasi Klorofil- $\alpha$  yang semakin rendah yang akhirnya mengalir ke SG06 dengan konsentrasi yang terukur meningkat tajam menjadi 13.766  $\mu\text{g/L}$ . Titik pengamatan SG05 merupakan titik pengukuran Klorofil- $\alpha$  yang berasal dari aliran lain di Waduk Saguling yang akan bertemu dengan aliran dari Sungai

Citarum Hulu di titik SG06. Hasil pengukuran Klorofil- $\alpha$  di SG05 (7.734  $\mu\text{g/L}$ ). masih lebih kecil konsentrasinya dibandingkan data dari SG04 (8.790  $\mu\text{g/L}$ ).



Gambar-5.  
Fluktuasi konsentrasi parameter Klorofil- $\alpha$  di permukaan perairan Waduk Saguling





Gambar-6.  
Pola Perubahan Konsentrasi Klorofil dan Kekeruhan di Waduk Saguling

Selanjutnya pada titik SG06, SG07 dan SG08 konsentrasi Klorofil-α > 10 µg/L. Dengan memperhatikan kondisi lingkungan perairan yang tenang, diduga pada titik pengamatan SG06, SG07 dan SG08 merupakan daerah akumulasi nutrient seperti Nitrogen (N) dan Fosfor (P), sehingga kawasan tersebut merupakan kawasan potensial terjadinya penyuburan perairan yang ditunjukkan oleh meningkatnya konsentrasi Klorofil-α. Peningkatan konsentrasi Klorofil-α yang terjadi di beberapa titik Waduk Saguling sangat signifikan. Dan ini diperkuat oleh perubahan kekeruhan (Turbiditas) hasil pengukuran pada titik pengamatan yang sama dan waktu yang bersamaan dengan kecenderungan slope kurva grafik yang identik, sebagaimana ditampilkan grafik pada Gambar-7.

### 3.3 Dampak Negatif Perubahan Kualitas Air

Beberapa penulis mengungkapkan bahwa Waduk Saguling sudah tercemar bahan organik.<sup>1,2,3,11,12,13)</sup> Secara kronologis, sebagaimana dikemukakan oleh Salim (2002) bahwa, dari aktifitas pertanian telah terjadi akumulasi nitrogen dan posfor yang tinggi di perairan. Hasil prediksi nitrogen dan posfor yang masuk perairan DAS Citarum Hulu diperkirakan berkisar antara 6.460-187.852 ton N per tahun dan 3.060-21.992 ton P per tahun.<sup>3)</sup> Nutrien tersebut pada akhirnya akan terakumulasi di Waduk Saguling, yang mengakibatkan perairan Waduk tersebut menjadi eutrof.

Untuk melihat tingkat kesuburan danau dan waduk secara kuantitatif, dapat berpedoman kepada perubahan beberapa parameter kualitas fisik, kimia dan biologi perairan, sebagaimana dikemukakan oleh Novotny dan Olem (1994) dan Effendi (2000) pada Tabel-4.<sup>9,11)</sup>

Tabel-4. Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Beberapa Parameter Kualitas Air

Parameter	Klasifikasi kesuburan		
	Oligotrof	Mesotrof	Eutrof
Fosfor Total (µg/l)	< 10	10 - 20	> 20
Nitrogen Total (µg/l)	< 200	200 - 500	> 500
Klorofil-a (µg/l)	< 4	4 - 10	> 10

Berdasarkan pedoman Tabel-4, maka Waduk Saguling merupakan perairan yang sudah tercemar, sebagaimana ditunjukkan oleh tingginya kandungan khlorofil- $\alpha$ , pada Tabel-3 dan prediksi dalam Salim (2002) tentang imbuan N dan P ke Sungai Citarum Hulu yang berasal dari kelebihan pupuk kegiatan budidaya pertanian.<sup>3)</sup> Fenomena ini menjadikan eutrofikasi pada badan air dan juga *blooming* alga. Blooming alga biasanya mengindikasikan maka konsentrasi bahan organik meningkat; yang pada proses dekomposisinya memerlukan oksigen dalam jumlah besar.

Kedua ini akan mengakibatkan berkurangnya pakan alami yang diperlukan untuk pertumbuhan, akumulasi senyawa toksik yang menghambat pertumbuhan ikan, bahkan menimbulkan kematian dan dampak yang lebih parah adalah terjadinya kerusakan genetik dari kehidupan perairan.<sup>10)</sup>

#### 4. PENUTUP

Ditinjau dari letak dan posisi Waduk Saguling, perairan Waduk Saguling lebih dominan dipengaruhi oleh kualitas air dari Sungai Citarum Hulu yang banyak terpapar oleh limbah pertanian, perindustrian dan permukiman. Dari hasil pengukuran kualitas air di lokasi pengamatan menunjukkan bahwa:

- a. Perairan Waduk Saguling telah mengalami penurunan kualitas, yang ditunjukkan oleh derajat keasaman (pH) yang bersifat basa, tingkat kekeruhan yang sedang dan kandungan Khlorofil- $\alpha$  relatif tinggi
- b. Kandungan DO siang hari Waduk Saguling yang cukup tinggi, namun dengan perairan yang tercemar organik (N dan P) dikawatirkan pada malam hari akan terjadi kekurangan oksigen (anoksia) yang bisa mengakibatkan kematian pada beberapa bentuk kehidupan perairan.
- c. Berdasarkan status pH, kekeruhan, dan DO, perairan Waduk Saguling telah mengalami penurunan kualitas. Status ini diperkuat oleh hasil pengukuran parameter Khlorofil- $\alpha$  yang mengindikasikan bahwa Waduk tersebut telah mengalami penurunan kualitas air dan termasuk perairan yang telah mengalami eutrofikasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Wangsaatmaja, S. (2004). Perubahan tata guna lahan terhadap rezim aliran air dan sanitasi lingkungan (*Land use change impacts on surface water regime and environmental sanitation: Case analyses of the Upper Citarum Watershed*). PhD thesis. Bandung: Institut Teknologi Bandung. ([www.ehu.es/europeanclass2003/biological\\_aspects\\_of\\_metal\\_accu.htm](http://www.ehu.es/europeanclass2003/biological_aspects_of_metal_accu.htm))
2. Garo Y S. 2002. Dinamika Dan Status Kualitas Air Waduk Multi Guna Cirata. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, Vol.4(4) : 1-8
3. Sukimin, S. 2000. Pengembangan pengelolaan perikanan berkelanjutan di kawasan Waduk Ir. H. Juanda. Lokakarya Pengelolaan Budidaya Ikan di Keramba jaring Apung di Waduk Jatiluhur. Puslitbang, Balitbang Pertanian, Deptan.
4. Garo, Y S. 2001. Status dan karakteristik pencemaran di waduk kaskade Citarum. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol 2 (2): 207-213. ISSN 1411-318X.
5. .... . 2006. Demonstration Projects on Ecohydrology: Integrative Science to Solve Issues Surrounding Water, Environment and People. Unesco-IHP-MAB. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001474/147490e.pdf>
6. Oktaviatun. (2004), Uptake dan depurasi timbal pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Lead Uptake and Depuration in *Oreochromis niloticus*). Final Project. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
7. .... . 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001, tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.
8. Komarawidjaja W, Y S Garo, S W Tjokrokusumo, S Sukimin dan E Arman. 2005. Kajian lapang adaptasi kijing taiwan (A. Woodiana) dalam rangka aplikasi kijing sebagai biofilter bahan organik perairan Waduk. Alami Jurnal Air, Alam, Lingkungan dan Mitigasi Bencana Vol 10 (1):36-41. ISSN 0853-8514.

9. Effendi, H. 2000. Telaahan Kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. . Institut pertanian Bogor. Bogor.
10. Garno, Y S. 2001. Dinamika kualitas perairan di muara jangari bendungan cirata. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Vol 3(4):19-27. ISSN 14101-9409.
11. Novotny, V., H. Olem. 1994. Water Quality: prevention, identification, and management of diffuse pollution. Van Nostrand Reinhold, New York. 1054p.