



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

# **PENGARUH PERCAMPURAN BERBAGAI KOLOM AIR TERHADAP KADAR DO (*Dissolved Oxygen*) DI KARAMBA JARING APUNG (KJA) DI WADUK SAGULING, KABUPATEN BANDUNG**

**ADIB NUGROHO**

**SKRIPSI**



**DEPARTEMEN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**2009**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

### **PENGARUH PERCAMPURAN BERBAGAI KOLOM AIR TERHADAP KADAR DO (*Dissolved Oxygen*) DI KARAMBA JARING APUNG (KJA) DI WADUK SAGULING, KABUPATEN BANDUNG**

adalah benar merupakan karya sendiri dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Semua sumber data dan informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir Skripsi ini.

Bogor, Desember 2008

**Adib Nugroho**  
**C24103014**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## ABSTRAK

**ADIB NUGROHO. Pengaruh Percampuran Berbagai Kolom Air Terhadap Kadar DO (*Dissolved Oxygen*) di Karamba Jaring Apung (KJA) di Waduk Saguling, Kabupaten Bandung. Dibimbing oleh ENAN M. ADIWILAGA dan SANTOSO RAHARDJO.**

Waduk Saguling merupakan waduk serbaguna yang berfungsi sebagai pemutar turbin PLTA, irigasi, transportasi, kegiatan perikanan dan pariwisata. Kegiatan perikanan yang sudah dikembangkan di Waduk Saguling adalah kegiatan budidaya ikan di karamba jaring apung (KJA). Untuk mencapai target produksi dalam waktu singkat, petani ikan menerapkan pola intensif yang menyebabkan terjadinya penumpukan limbah bahan organik dari sisa metabolisme dan sisa pakan di dasar waduk. Proses dekomposisi limbah yang menumpuk di dasar perairan membutuhkan oksigen dengan jumlah tertentu untuk digunakan oleh bakteri dekomposer. Sehingga lapisan oksik akan menipis, menipisnya lapisan oksik di perairan, dapat menimbulkan gas-gas beracun, seperti  $H_2S$ ,  $CO_2$  dan  $CH_4$ . Apabila suatu saat terjadi pembalikan massa air ke permukaan (*turn over*) maka akan membahayakan kehidupan organisme perairan bahkan dapat mengakibatkan kematian masal ikan yang dibudidayakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh percampuran air pada berbagai kedalaman kolom air terhadap beberapa parameter kimia (DO,  $NH_3$ ,  $H_2S$ , pH) dan fisika (Suhu).

Pada penelitian ini dilakukan percampuran air dari kedalaman 1 m, 3 m, 7 m dan 11 m (berdasarkan penelitian pendahuluan). Terdapat 3 perlakuan yaitu percampuran antara kedalaman 1 m dan 3 m, pada perlakuan 2 percampuran antara 1 m, 3 m dan 7 m, sedangkan pada perlakuan 3 percampuran air antara kedalaman 1 m, 3 m, 7 m dan 11 m. Parameter utama pada penelitian ini adalah DO dan parameter pendukungnya adalah  $H_2S$ ,  $NH_3$ , pH dan suhu. Hasil penelitian ini akan dikaitkan dengan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang: Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan.

Konsentrasi oksigen terlarut dipengaruhi oleh cahaya matahari yang dipengaruhi waktu dan kedalaman. Konsentrasi oksigen terlarut rata-rata pada lapisan permukaan adalah 6,26 mg/l dan pada kedalaman 12 m 0,74 mg/l. Berdasarkan nilai distribusi vertikal oksigen terlarut, Waduk Saguling, khususnya di titik pengamatan, menggambarkan tipe perairan *heterograde positif*.

Pada perlakuan pencampuran air diperoleh hasil bahwa konsentrasi oksigen pada perlakuan 3 merupakan yang terendah yaitu rata - rata 2,2 mg/l. Untuk ammonia bebas diperoleh hasil pada perlakuan 1 yang tertinggi yaitu rata - rata 0,042 mg/l dan terendah pada perlakuan 3 yaitu 0,019 mg/l, dan pada parameter  $H_2S$  diperoleh hasil yaitu perlakuan 3 yang berpotensi memiliki rata - rata konsentrasi yang tertinggi yaitu berkisar antara 0,0064 mg/l sampai 0,03712 mg/l. Dari ketiga parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan 3 (*Holomictic*) dapat berakibat buruk pada ikan yang dibudidayakan karena memiliki konsentrasi oksigen yang rendah, amonia bebas yang mendekati ambang batas serta  $H_2S$  yang melebihi ambang batas. Dari distribusi suhu secara vertical dapat diketahui bahwa tidak terdapat lapisan termoklin sehingga daerah karamba jaring apung Bongas mempunyai potensi yang tinggi untuk terjadi umbalan. Sedangkan untuk perlakuan 1 dan 2 (*meromictic*) mungkin tidak menyebabkan kematian ikan tetapi pertumbuhan ikan akan terganggu meskipun oksigen terlarut sudah diatas baku mutu tetapi masih di bawah 5 mg/l. Selain itu energi yang dihasilkan digunakan untuk mempertahankan diri dari lingkungan yang kurang mendukung ( $NH_3$  dan  $H_2S$  yang melebihi baku mutu).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memungut dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



**PENGARUH PERCAMPURAN BERBAGAI KOLOM AIR  
TERHADAP KADAR DO (*Dissolved Oxygen*) DI KARAMBA  
JARING APUNG (KJA) DI WADUK SAGULING,  
KABUPATEN BANDUNG**

Oleh :

**ADIB NUGROHO  
C24103014**

**SKRIPSI**

**sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Perikanan pada  
Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan**



**DEPARTEMEN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2009**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Penelitian : Pengaruh Percampuran Berbagai Kolom Air Terhadap Kadar DO (*Dissolved Oxygen*) di Karamba Jaring Apung (KJA) di Waduk Saguling, Kabupaten Bandung.  
Nama Mahasiswa : Adib Nugroho  
Nomor Pokok : C24103014  
Program studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Pembimbing I

Disetujui:  
Komisi Pembimbing

Pembimbing II

Dr. Ir. Enan M Adiwilaga  
NIP. 130 892 613

Ir. Santoso Rahardjo, M.Sc  
NIP. 130 516 502

Mengetahui:  
Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc  
NIP. 131 578 799

Tanggal Lulus : 31 Desember 2008

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Percampuran Berbagai Kolom Air Terhadap Kadar DO (*Dissolved Oxygen*) di Karamba Jaring Apung (KJA) di Waduk Saguling, Kabupaten Bandung.”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menyadari ketidaksempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya besar harapan penulis semoga tulisan ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi ilmu pengetahuan khususnya untuk upaya pengelola sumberdaya perairan waduk.

Bogor, Desember 2008

Penulis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Enan M. Adiwilaga dan bapak Ir. Santoso Rahardjo, M. Sc selaku dosen pembimbing yang telah sangat bersabar dalam membimbing, mengarahkan, dan memberi saran yang berharga bagi penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Hefni Effendi, M. Phil selaku dosen penguji tamu dan Ibu Dr. Ir. Yunizar Ernawati, M.S selaku dosen penguji dari departemen yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berarti untuk penulis.
3. Bapak Ir. Saddon Silalahi, MS dan ibu Dr.Ir.Yunizar Ernawati, MS. selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak membantu dan memberi arahan, nasihat dan masukan kepada penulis.
4. Dr.Ir.Niken T.M. Pratiwi, M.Si yang telah memberikan masukan dan saran dalam melakukan penelitian. Serta atas bimbingannya selama penulis kuliah.
5. Kedua orang tua, ketiga kakakku tercinta, kelima keponakanku yang centil (Zahro, Lia ,Warda, Aisyah dan Zulfah) serta seluruh keluarga yang selalu memberikan dorongan, semangat serta kasih sayangnya dan senantiasa memberikan do'a, nasehat, semangat dan kasih sayang kepada penulis.
6. Seluruh dosen, staf dan mahasiswa Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan yang telah banyak membantu selama penulis kuliah.
7. Bapak Njuk yang telah mengizinkan penulis melaksanakan penelitian di KJA beliau, serta sambutan baik selama penulis melaksnakan penelitian.
8. Teman-teman MSP angkatan 40 yang telah membantu penulis selama penelitian dan komunitas Daffa.net atas kesetiiaannya dalam membantu penulis menemukan pencerahan, bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir, serta teman – teman kosan Dayeuh Kuring yang selalu memberi motivasi dan dukungan kepada penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Perumusan masalah.....	2
1.3. Tujuan .....	4
1.4. Manfaat .....	4
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Waduk.....	5
2.1.1. Tipe waduk.....	5
2.1.2. Keadaan Waduk Saguling.....	5
2.1.3. Keramba jaring apung (KJA).....	7
2.2. Umbalan .....	8
2.2.1. Jenis umbalan .....	8
2.2.2. Faktor penyebab terjadinya umbalan .....	9
2.2.3. Akibat umbalan .....	11
2.3. Parameter fisika dan kimia.....	12
2.3.1. Oksigen terlarut.....	12
2.3.1.1. Sumber oksigen dalam perairan.....	12
2.3.1.2. Distribusi vertikal oksigen terlarut dalam perairan.....	14
2.3.1.3. Faktor penentu kelarutan dan distribusi oksigen dalam perairan.....	15
2.3.1.4. Penurunan oksigen terlarut dalam perairan.....	16
2.3.2. pH.....	18
2.3.3. Suhu .....	19
2.3.4. H <sub>2</sub> S (Hidrogen Sulfida).....	20
2.2.5. NH <sub>3</sub> (Amonia Total).....	21
<b>III. METODOLOGI</b> .....	23
3.1. Waktu dan lokasi pengambilan contoh .....	23
3.2. Alat dan bahan.....	24
3.3. Metode kerja.....	24
3.3.1. Pengumpulan data .....	24
3.3.2. Parameter fisika.....	25
3.3.2.1. Suhu .....	25
3.3.3. Parameter kimia .....	26
3.3.3.1. Oksigen terlarut (DO) .....	26



3.3.3.2. Amonia bebas (NH <sub>3</sub> ) .....	26
3.3.3.3. Sulfida (H <sub>2</sub> S) .....	26
3.3.3.4. pH .....	27
3.4. Analisis data .....	27
3.4.1. Analisis tipe distribusi vertikal oksigen terlarut.....	27
3.4.2. Analisis saturasi oksigen terlarut .....	28
3.4.3. Analisis data kualitas air .....	28
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
4.1. Distribusi vertikal oksigen terlarut .....	29
4.2. Persen saturasi oksigen .....	32
4.3. Pencampuran massa air .....	32
4.4. Parameter pendukung.....	34
4.4.1. Amonia (NH <sub>3</sub> ) .....	34
4.4.1.1. Distribusi vertikal amonia bebas (NH <sub>3</sub> ) .....	34
4.4.1.2. Pencampuran massa air .....	37
4.4.2. Sulfida (H <sub>2</sub> S) .....	38
4.4.2.1. Distribusi vertikal sulfida (H <sub>2</sub> S).....	38
4.4.2.2. Pencampuran massa air .....	39
4.4.3. pH.....	40
4.4.3.1. Distribusi vertikal pH.....	40
4.4.3.2. Pencampuran massa air .....	42
4.4.4. Suhu .....	42
4.4.4.1. Distribusi vertikal suhu .....	42
4.4.4.2. Pencampuran massa air .....	44
4.5. Pengelolaan .....	45
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1. Kesimpulan .....	47
5.2. Saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>58</b>

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ciri berbagai tipe waduk (Suwignyo, 1990) <i>in</i> Octaviany (2005) .....	5
2. Perkembangan unit KJA di perairan Waduk Saguling .....	6
3. Jumlah unit KJA Waduk Saguling tahun 2005 .....	6
4. Hubungan antara konsentrasi oksigen terlarut jenuh dan suhu pada tekanan udara 760 mmHg (Cole, 1983) .....	19
5. Konsentrasi DO (mg/l) pada penelitian pendahuluan di kawasan KJA Bongas .....	25
6. Parameter yang diamati beserta metode pengukuran yang digunakan	27
7. Konsentrasi oksigen terlarut (mg/l) pada tiap kedalaman .....	29
8. Konsentrasi oksigen terlarut (mg/l) pada tiap perlakuan .....	33
9. Konsentrasi amonia bebas (mg/l) pada tiap kedalaman .....	35
10. Konsentrasi amonia bebas (mg/l) pada setiap perlakuan .....	37
11. Distribusi vertikal H <sub>2</sub> S .....	38
12. Konsentrasi H <sub>2</sub> S pada setiap perlakuan pencampuran .....	39
13. Distribusi vertikal pH.....	40
14. Nilai pH pada tiap perlakuan .....	42
15. Distribusi vertikal suhu (°C).....	43
16. Nilai suhu pada tiap perlakuan (°C) .....	45

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema pendekatan masalah penelitian.....	3
2. Kematian massal ikan di waduk (Sumber: Garno, 2004).....	11
3. Kematian massal ikan di KJA (Sumber: Garno, 2004).....	12
4. Tipe distribusi oksigen terlarut dalam suatu perairan secara vertikal (Goldman dan Horne, 1983) .....	15
5. Sebaran vertikal amonia berdasarkan kesuburan perairan .....	22
6. Peta lokasi KJA Bongas di Waduk Saguling(Sumber: Sukimin,2004)	23
7. Lokasi titik pengambilan sampel.....	23
8. Distribusi vertikal konsentrasi oksigen terlarut (kedalaman maksimal 12 m) .....	31
9. Persen saturasi oksigen rata - rata .....	32
10. Distribusi vertikal amonia bebas .....	36
11. Distribusi vertikal pH.....	41
12. Distribusi vertikal suhu .....	44

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Cara percampuran air .....	51
2. Prosedur pengukuran parameter kualitas air (APHA, 1998) .....	52
3. Penentuan nilai batas bawah pada pengukuran H <sub>2</sub> S .....	54
4. Baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 .....	55

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Waduk merupakan badan perairan yang terbentuk dari pembendungan aliran sungai. Waduk Saguling terletak di Kabupaten Bandung, Propinsi Jawa Barat merupakan bagian dari sistem waduk *cascade* yang berada di daerah aliran sungai (DAS) Citarum. Waduk Saguling mulai beroperasi pada tahun 1985 sebagai pembangkit tenaga listrik untuk daerah Jawa dan Bali. Namun dalam perkembangannya, Waduk Saguling juga dimanfaatkan oleh penduduk sekitar untuk kegiatan budidaya ikan dengan menggunakan karamba jaring apung (KJA), pariwisata dan transportasi air.

Salah satu usaha budidaya yang sudah dikembangkan di Saguling adalah karamba jaring apung (KJA). Karamba jaring apung merupakan tempat pemeliharaan ikan berupa jaring – jaring yang menyebabkan air dapat masuk secara leluasa, sehingga pertukaran air dari karamba ke perairan sekitarnya atau sebaliknya, serta pembuangan limbah dan sisa pakan dapat terjadi dengan mudah (Wibowo, 2001 in Octaviany, 2005). Karamba jaring apung biasanya menerapkan sistem perikanan intensif yang mengandalkan pakan buatan sebagai pakan utama ikan. Jumlah pemberian pakan buatan ditingkatkan untuk mengejar produksi dalam waktu yang pendek. Sisa pakan yang tidak termanfaatkan akan berada di lingkungan perairan waduk sebagai limbah organik tersuspensi. Limbah juga dapat berasal dari hasil sisa metabolisme organisme akuatik yaitu feses dan urine.

Selain itu Waduk Saguling juga mendapat masukan limbah dari limbah rumah tangga, pertanian maupun industri dari aliran Sungai Citarum dan beberapa anak sungai yang masuk ke Waduk Saguling. Dengan menumpuknya limbah organik maka akan ada proses dekomposisi. Proses dekomposisi membutuhkan oksigen dalam jumlah tertentu untuk digunakan bakteri dekomposer. Dengan meningkatnya dan menumpuknya limbah maka pemanfaatan oksigen oleh bakteri dekomposer akan meningkat, sehingga lapisan anoksik akan menebal dan sebaliknya lapisan oksik akan menipis. Hal ini berbahaya bagi organisme akuatik terutama ikan apabila kadar oksigennya kurang dari 3 mg/l.

Umbalan merupakan peristiwa pembalikan massa air dari lapisan dasar ke lapisan permukaan.. Apabila umbalan terjadi pada danau dan waduk yang dangkal

dan lebar, proses pemindahan massa air dapat terjadi secara sempurna sampai dasar perairan, serta pencampuran massa air hanya sampai pada kedalaman tertentu saja yang terjadi di danau atau waduk yang dalam.

Pada saat terjadi umbalan dilakukan pengamatan kualitas air secara fisik maupun kimia. Terjadi perubahan beberapa parameter diantaranya rendahnya nilai kecerahan dan oksigen terlarut, meningkatnya kandungan gas  $N-NH_3$ , dan sulfat. Pada mulanya air jernih akan berubah menjadi hijau tua, kemudian menjadi kecoklat – coklatan dan hitam disertai bau busuk. Peristiwa ini merupakan tanda – tanda terjadinya umbalan (Nastiti dan Krismono, 2003). Hal ini dapat menyebabkan terjadinya kematian ikan secara massal. Pada tahun 1996 di Waduk Juanda telah terjadi kematian ikan budidaya secara massal sebanyak 1.560 ton atau senilai 7,5 milyar rupiah (Krismono *et al.*, 1996). Kejadian tersebut terulang lagi pada tahun 1999 yaitu sebanyak 900 ton ikan mati atau senilai 5 milyar rupiah (Nastiti dan Krismono, 2003) dan terakhir pada akhir juli 2003 menyebabkan kematian ikan sebanyak 1400 ton (Dadang, 2003 *in* Widiyastuti, 2004).

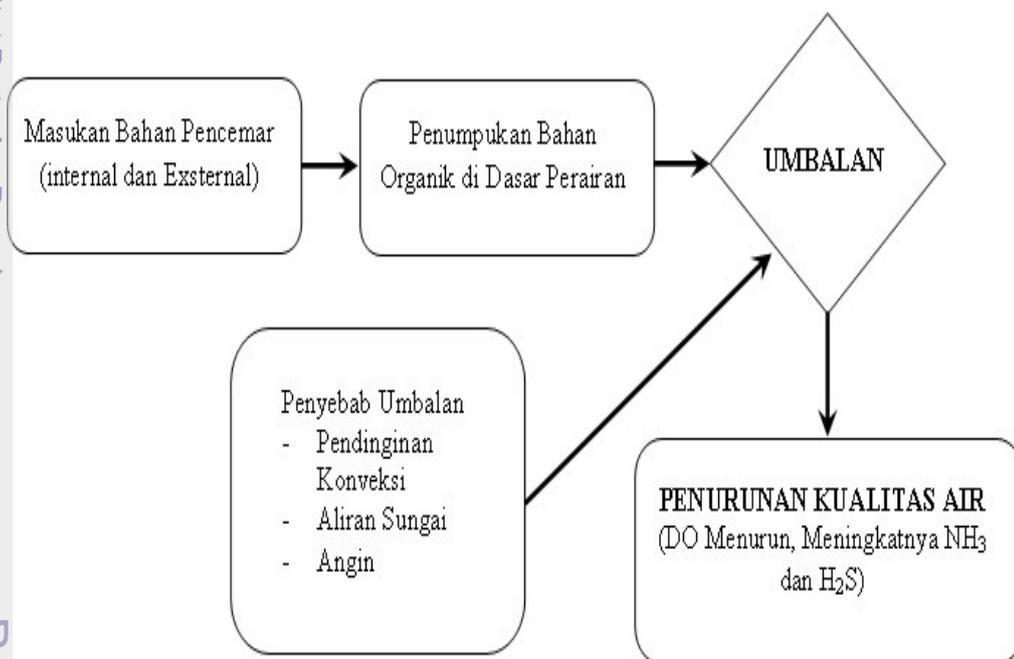
Untuk itu umbalan perlu diteliti baik prosesnya maupun akibatnya apabila umbalan terjadi di suatu perairan. Dalam penelitian ini yang dikaji adalah pencampuran massa air dari berbagai kedalaman yang dianggap merupakan kejadian umbalan. Dari pencampuran diukur beberapa parameter kimia dan fisika perairan terutama kadar oksigen terlarut.

## 1.2. Perumusan masalah

Oksigen terlarut berperan dalam mendukung kehidupan organisme akuatik dan proses-proses yang terjadi di dalamnya, yaitu untuk aktivitas respirasi organisme air dan organisme aerobik dekomposer.

Sejak tahun 1988, kegiatan budidaya ikan dalam KJA di Waduk Saguling berkembang pesat. Pada tahun 2005 jumlah KJA yang beroperasi mencapai 4.392 unit (Dinas Peternakan dan Perikanan Bandung, 2006), sedangkan daya dukung perairan Waduk Saguling hanya mampu menampung 2.425 unit (Kartamihardja, 1995 *in* Nastiti *et al.*, 2001). Hal ini diperburuk dengan adanya peningkatan jumlah pemberian pakan buatan dalam penerapan sistem budidaya intensif oleh para petani ikan, sehingga dapat menyebabkan menumpuknya limbah organik dari

sisa pakan dan sisa metabolisme di dasar waduk. Kondisi seperti ini dapat beresiko meningkatkan laju pemanfaatan oksigen (untuk proses dekomposisi limbah organik) hingga melebihi laju produksi oksigen, sehingga dapat menyebabkan semakin menebalnya lapisan anoksik dan sebaliknya lapisan oksik di permukaan pun menipis. Menipisnya lapisan oksik di perairan, dapat menyebabkan timbulnya LODOS (*Low Dissolved Oxygen Syndrome*) terhadap ikan (Nastiti *et al.*, 2001). Menipisnya lapisan oksik di perairan, dapat menimbulkan gas-gas beracun, seperti  $H_2S$ ,  $CO_2$  dan  $CH_4$ . Apabila suatu saat terjadi pembalikan massa air ke permukaan (umbalan) maka akan membahayakan kehidupan organisme perairan bahkan dapat mengakibatkan kematian masal ikan yang dibudidayakan (Gambar 1).



Gambar 1. Skema pendekatan masalah penelitian.

Di Waduk Saguling peristiwa umbalan biasanya terjadi pada saat peralihan musim kemarau ke musim hujan. Dengan mulainya musim hujan maka waduk mendapat masukan air yang lebih banyak dan lebih dingin. Densitas air yang lebih dingin lebih besar daripada densitas air yang berada di dalam waduk



sebelumnya. Dengan adanya perbedaan densitas ini maka akan terjadi pergerakan air secara vertikal. Air yang lebih dingin akan bergerak kebawah dan air yang ada di bawah sebelumnya akan tergeser keatas. Air yang tergeser tidak semuanya keatas, sebagian bercampur dengan massa air yang dilewati dalam perjalanan keatas. Bersamaan dengan terjadinya pergerakan air, material – material dilapisan dasar (N-NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, N, P) juga ikut terbawa keatas. Dengan naiknya material ini maka kualitas perairan akan turun seperti turunnya pH, meningkatnya kadar NH<sub>3</sub>, meningkatnya kadar H<sub>2</sub>S dan menurunnya kadar DO. Hal ini dapat menyebabkan kematian organisme akuatik, terutama ikan dalam budidaya karamba jaring apung (KJA).

### 3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pencampuran air pada berbagai kedalaman kolom air terhadap beberapa parameter kimia (DO, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, pH) dan fisika (Suhu).

### 4. Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan informasi yang diperoleh dapat dijadikan bahan masukan bagi pengelolaan di Waduk Saguling, Jawa Barat. Khususnya para petani KJA.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Waduk

#### 2.1.1. Tipe waduk

Waduk atau bendungan adalah suatu konstruksi yang memotong sungai untuk menghalangi aliran air, sehingga permukaan air menjadi naik dan membentuk danau buatan (KLH, 2004). Berdasarkan fungsi dan tipe sungai yang dibendung, dikenal tiga tipe waduk. Seperti yang tertera dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ciri berbagai tipe waduk (Suwignyo, 1990 *in* Octaviany 2005).

Ciri – ciri	Waduk lapangan	Waduk irigasi	Waduk serbaguna
Sungai asal waduk	Episodik	Intermitten	Permanent
Luas perairan (ha)	<10	10 – 500	>500
Kedalaman maksimum (m)	5	25	100
Massa berair(bulan)	6 – 9	9 – 12	12
Kegunaan	Lokal	Irigasi	Listrik, irigasi dll

Waduk memiliki karakteristik fisika, kimia, biologi yang berbeda dengan asalnya (Ilyas *et al*, 1990 *in* Nasution, 2000). Karakteristik sebuah waduk sangat dipengaruhi oleh ekosistem sungai atau daerah aliran sungai (DAS) yang dibendung.

Pada mulanya pembangunan waduk ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pengairan (irigasi) dan PLTA, namun saat ini waduk memiliki banyak fungsi, yaitu sebagai pengendali banjir, media transportasi, rekreasi, perikanan dan bahan baku air minum (Garno, 2000).

#### 2.1.2. Keadaan Waduk Saguling

Waduk Saguling secara geografis terletak 30 km sebelah selatan kota Bandung propinsi Jawa Barat, terletak di hulu Sungai Citarum yang terdiri atas dataran tinggi, pegunungan, dan bukit dengan ketinggian 643 m diatas permukaan

laut. Waduk Saguling merupakan salah satu dari tiga waduk serbaguna yang berada pada daerah aliran Sungai (DAS) Citarum selain Waduk Jatiluhur dan Waduk Cirata. Beberapa anak sungai yang masuk ke Waduk Saguling yaitu Cijambu, Cilang, Cijeruk, Cijere hilir, Ciminyak, Cipatik dan Cihaur. Fungsi utama waduk ini adalah PLTA untuk wilayah Jawa dan Bali yang beroperasi sejak tahun 1985. waduk ini memiliki luas 5600 ha, volume 875 juta m<sup>3</sup>, panjang maksimal 18,4 km, lebar rata – rata 3 km, kedalaman maksimum 90 m dengan kedalaman rata – rata 17,5 m (BMWS, 2004).

Sesuai dengan fungsinya sebagai waduk serbaguna, Waduk Saguling memiliki potensi bagi pengembangan kegiatan perikanan, baik perikanan tangkap maupun budidaya. Kegiatan budidaya yang dilakukan adalah budidaya ikan di dalam karamba jaring apung yang telah dimulai sejak tahun 1985 yang bertujuan untuk pemukiman kembali bagi penduduk yang terkena proyek pembangunan Waduk Saguling (Hartita, 2006). Perkembangan jumlah KJA yang beroperasi di Waduk Saguling dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Perkembangan jumlah unit KJA di perairan Waduk Saguling

Tahun	Unit
1991	1800
1992	2075
1993	4250
1994 – 1999	4425

Sumber: Krismono dan Wahyudi (2001) *in* Hartita (2006).

Tabel 3. Jumlah unit KJA Waduk Saguling tahun 2005

Kecamatan	Jumlah KJA	Jumlah KJA Operasional
Cililin	6.386	3.861
Batujajar	277	166
Cipongkor	609	365
<b>Jumlah</b>	<b>7.272</b>	<b>4.392</b>

Sumber: Dinas Peternakan dan Perikanan Bandung

Dari tabel di atas dapat dilihat adanya peningkatan jumlah KJA yang tinggi dari tahun 1991 sampai 1993 yaitu sebesar 2.175 unit, namun dari 1993 – 2005 mengalami kestabilan, hal ini terjadi karena adanya pelarangan dan pembatasan jumlah KJA yang beroperasi di Waduk Saguling. Jumlah KJA yang beroperasi di Waduk Saguling telah melebihi daya dukung perairan jika dibandingkan dengan yang direkomendasikan yaitu 2.425 unit (Kartamiharja, 1995 *in* Nastiti *et al*, 2001)

### 2.1.3. Karamba jaring apung (KJA)

Paket teknologi budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA) merupakan salah satu paket teknologi budidaya ikan yang cocok untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya perairan khususnya perairan danau dan waduk Indonesia yang luasnya 2,1 juta ha (Ilyas *et al*, 1990 *in* Nastiti *et al*, 2001).

Kegiatan budidaya ikan yang dilakukan di Waduk Saguling merupakan kegiatan budi daya yang intensif, yaitu sistem budi daya yang mengandalkan makanan buatan sebagai makanan utamanya. Pakan yang diberikan tidak seluruhnya dikonsumsi oleh ikan – ikan yang dibudidayakan, sebagian pakan terbuang keperairan, sedangkan pakan yang dikonsumsi oleh ikan akan dikeluarkan kembali dalam bentuk feses dan sisa metabolisme. Kondisi seperti ini menyebabkan terjadi penumpukan limbah bahan organik dari sisa metabolisme dan sisa pakan di dasar waduk. Di Waduk Saguling diperlukan pakan sekitar 9.756 ton/tahun dengan pendugaan jumlah pakan yang terbuang sekitar 2.926,8 ton/tahun (Nastiti *et al*, 2001).

Sistem pengoperasian KJA yang kurang memperhatikan cara pemberian pakan, tata letak, dan daya dukung perairan telah menimbulkan masalah yang berdampak negatif terhadap lingkungan perairan. Daya dukung perairan selalu berfluktuasi sesuai dengan fluktuasi kandungan oksigen terlarut (Nastiti *et al*, 2001). salah satu masalah yang ditimbulkan dari kegiatan budidaya ikan dalam KJA intensif adalah pencemaran lingkungan perairan yang berasal dari pakan yang terbuang dan sisa metabolisme ikan yang akan menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam perairan.

## 2.2 Umbalan

Umbalan merupakan peristiwa pembalikan massa air dari lapisan dasar ke lapisan permukaan (Nastiti dan Krismono, 2003). Peristiwa ini sering terjadi di ekosistem tergenang seperti waduk pada saat peralihan musim. Di Indonesia peristiwa ini merupakan kejadian yang menakutkan karena mengakibatkan penurunan kualitas air yang ekstrim sehingga berujung kematian massal ikan budidaya di karamba jaring apung (KJA).

### 2.2.1. Jenis umbalan

Berdasarkan pada seringnya terjadi pada satu tahun. Menurut Wetzel (2001) umbalan dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

- (a) *Amictic* : tidak pernah terjadi pencampuran air
- (b) *Cold monomictic* : terjadi sekali pencampuran air dalam satu tahun yaitu pada saat peralihan musim panas.
- (c) *Dimictic* : terjadi dua kali pencampuran air dalam satu tahun yaitu musim semi dan musim gugur.
- (d) *Warm monomictic* : terjadi pencampuran sekali dalam setahun di musim dingin dimana dimana stabil dan terjadi stratifikasi sampai tahun berikutnya.
- (e) *Oligomictic* : pencampuran terjadi pada waktu tertentu, karena ada masukan arus dingin pada interval tertentu.
- (f) *Polymictic* : pencampuran terjadi secara terus menerus dalam satu tahun. Ruttner (1963) in Wetzel (2001) membagi pencampuran polymictic menjadi 2. yaitu *cold polymictic* dan *warm polymictic*.
  - i. *Cold polymictic* : danau dengan persebaran temperatur dekat atau melebihi sedikit 4<sup>0</sup>C. Seperti danau yang ditemukan di daerah ekuator dengan angin yang kencang dan kelembaban yang rendah, dimana terjadi perubahan musim yang sedikit pada temperatur udara. Danau terletak di ketinggian yang sangat besar di daerah ekuator, danau *cold polimictic* mendapat tambahan panas yang signifikan sepanjang hari, tetapi pada

malam hari panasnya di lepas sehingga cukup untuk terjadinya percampuran.

- ii. *Warm polymictic* : danau jenis ini biasanya adalah danau tropik yang biasanya memperlihatkan persebaran suhu diatas  $4^{\circ}\text{C}$ . Variasi suhu tahunan sangat kecil di danau beriklim tropik dan mengakibatkan diulangnya interval pemanasan yang pendek dan stratifikasi yang lemah, yang diikuti dari periode pendinginan yang cepat. Dalam keadaan ini, sebaran konvensional sudah cukup dengan kombinasi angin untuk mengganggu stratifikasi.

Nastiti dan Krismono (2003) menyatakan yang terjadi di Waduk saguling merupakan jenis *oligomictic*, karena terletak di ketinggian lebih dari 500 m di atas permukaan laut.

Nastiti dan Krismono (2003) membagi umbalan menjadi dua, berdasarkan proses pembalikan massa air yaitu:

- (a) *Holomictic* : Proses pemindahan massa air terjadi secara sempurna sampai ke dasar perairan.
- (b) *Meromictic* : proses pemindahan massa air pada kedalaman tertentu, biasanya terjadi pada waduk atau danau yang dalam.

### 2.2.2. Faktor penyebab terjadinya umbalan

Menurut Mann (1978) in Nastiti dan Krismono (2003) faktor penyebab terjadinya umbalan adalah sebagai berikut :

- (a) Pendinginan Secara Konveksi

Pendinginan secara konveksi bisa terjadi setiap hari terutama pada perairan yang dangkal di daerah dataran tinggi. Proses pendinginan terjadi pada waktu malam hari menyebabkan pendinginan di daerah permukaan. Partikel-partikel air yang dingin dan berat tenggelam sampai pada lapisan yang mempunyai suhu atau berat jenis yang sama. Dengan demikian arus konveksi yang timbul menyebabkan perpindahan massa air dari bawah ke atas atau permukaan perairan. Proses pendinginan secara konveksi selain disebabkan pendinginan pada malam hari juga disebabkan karena penguapan, ataupun cuaca yang dingin.

(b) Angin

Menurut Golman & Horne (1983), angin topan akan menimbulkan arus kuat, yang mampu memindahkan massa air dari bawah ke atas atau ke permukaan.

(c) Aliran Sungai

Pemasukan air sungai kedalam perairan waduk ataupun danau akan menimbulkan arus. Arus sungai mempunyai berat yang berbeda dengan air waduk atau danau. Kedalaman air yang dicapai tergantung kepada perbedaan berat jenis. Jika berat jenis air sungai lebih besar daripada air waduk atau danau maka air sungai tersebut akan mengalir di bawah air waduk atau danau. Akan tetapi bila berat jenis air sungai lebih kecil dari air waduk atau danau maka air sungai akan mengalir diatas air waduk atau danau. Pada waduk atau danau yang mengalami stratifikasi, air sungai yang dingin mengalir kebawah hingga mencapai daerah yang mempunyai berat jenis dan suhu yang sama. Daerah ini umumnya diatas hipolimnion.

Menurut Wetzel (2001) aliran air yang masuk ke dalam badan perairan (*inflow*) adalah salah satu penyebab umbalan. *Inflow* masuk dan bergerak ke waduk sebagai arus densitas. Ketika aliran sungai memasuki suatu danau atau waduk, airnya akan mengalir menuju lapisan yang memiliki densitas yang hampir sama dengan densitasnya (Wetzel, 2001). Perbedaan densitas air di waduk lebih banyak disebabkan oleh suhu. Jika densitas *inflow* lebih kecil daripada densitas air permukaan waduk ( $\rho_{in} < \rho$ ), *inflow* akan berada di atas (*overflow*). Jika densitas *inflow* lebih besar daripada densitas air permukaan waduk ( $\rho_{in} > \rho$ ), *inflow* akan berada di bawah (*underflow*). Sedangkan jika densitas *inflow* lebih besar dari densitas lapisan epilimnion tapi lebih kecil dari lapisan hipolimnion ( $\rho_1 < \rho_{in} < \rho_2$ ), *inflow* akan berada di lapisan tengah (*interflow*).

Garno (2004) menjelaskan bahwa salah satu penyebab umbalan adalah pendinginan konveksi dimana prosesnya adalah panas badan air bagian bawah lebih tinggi daripada badan air bagian atas, karena bagian atas melepaskan panas yang lebih cepat. Fenomena ini menyebabkan masa air bagian atas lebih berat daripada bagian bawah, sebagai akibatnya akan terjadi pengadukan.



### 2.2.3. Akibat umbalan

Pada umumnya di luar negeri proses umbalan ini sangat menguntungkan karena status trofik danau atau waduk mereka masih oligotrophik atau mesotrophik sehingga nutrisi yang didasar akan keatas maka fitoplankton akan dapat berkembang biak sehingga produktivitas primer atau sekunder akan naik.

Di Indonesia sebaliknya, peristiwa umbalan merupakan hal yang menakutkan karena mengakibatkan banyak kematian massal ikan budidaya, khususnya Karamba Jaring Apung (KJA). Hal ini terjadi karena lapisan air bagian bawah yang anaerob dan mengandung senyawa beracun hasil dekomposisi terangkat ke permukaan. Akibatnya seluruh badan air kehabisan oksigen, dan sekaligus mengandung senyawa beracun. Sudah tentu dalam keadaan seperti itu semua fauna tidak akan bisa bertahan hidup dan mati secara massal (Gambar 2 dan 3). Fenomena inilah yang setiap tahun menjadi sebab terjadinya tragedi kematian ikan secara massal di Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur dan telah merugikan petani bermilyar-milyar rupiah (Garno, 2004).



Gambar 2. Kematian massal ikan di Waduk (Sumber : Garno , 2004)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 3. Kematian massal ikan di KJA (Sumber : Garno , 2004)

### 3. Parameter fisika dan kimia

#### 3.1. Oksigen terlarut

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Di samping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik (Boyd, 1982). Oksigen berperan penting sebagai indikator dalam penentuan kualitas suatu perairan.

##### 2.3.1.1. Sumber oksigen dalam perairan

Oksigen terlarut di perairan bersumber dari proses fotosintesis dan proses difusi dari udara bebas (Boyd, 1982). Sebagian besar oksigen pada perairan *lacustrin* merupakan hasil sampingan dari proses fotosintesis. Pada proses fotosintesis, karbondioksida direduksi menjadi karbohidrat, air mengalami dehidrogenasi menjadi oksigen.

Faktor yang mempengaruhi kecepatan dari proses fotosintesis dan konsentrasi oksigen terlarut di perairan adalah suhu, cahaya, konsentrasi nutrisi, spesies dari tanaman yang hidup di perairan, kepadatan plankton, turbulensi dan banyak faktor lainnya. Pada permukaan perairan dari kolam, konsentrasi oksigen

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

terlarut hasil dari fotosintesis meningkat seiring dengan meningkatnya kepadatan plankton (Boyd, 1982).

Perairan tergenang biasanya memiliki stratifikasi secara vertikal yang diakibatkan oleh perbedaan intensitas cahaya dan perbedaan suhu secara vertikal pada kolom air (Effendi, 2003). Intensitas cahaya yang masuk ke dalam kolom air semakin berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Menurut Effendi (2003), stratifikasi vertikal kolom air pada perairan tergenang berdasarkan perbedaan intensitas cahaya yang masuk ke perairan dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

- a). Lapisan eufotik, yaitu lapisan yang masih mendapat cukup sinar matahari. Pada lapisan ini oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis lebih besar daripada oksigen yang digunakan untuk respirasi.
- b). Lapisan kompensasi, yaitu lapisan dengan intensitas cahaya tinggal 1% dari intensitas cahaya permukaan atau dicirikan oleh hasil fotosintesis yang sama dengan respirasi.
- c). Lapisan profundal, yaitu lapisan di sebelah bawah lapisan kompensasi dengan intensitas cahaya yang kecil (disfotik) atau sudah tidak ada lagi cahaya (afotik).

Pada umumnya danau/waduk yang memiliki kedalaman rata-rata kurang dari 10 meter tidak mempunyai perbedaan suhu yang nyata (Hadi, 2005). Sebaliknya, danau/waduk dengan kedalaman lebih dari 10 meter mempunyai stratifikasi temperatur sebagai berikut (Goldman dan Horne, 1983) :

- (a). Epilimnion, yaitu lapisan air yang berada di bawah permukaan dengan suhu relatif sama.
- (b). Metalimnion/termoklin, yaitu lapisan air yang mengalami penurunan suhu cukup besar (lebih dari 1 °C/m) yang mengarah ke dasar danau/waduk.
- (c). Hipolimnion, yaitu lapisan dibawah metalimnion, lebih dingin, perbedaan suhu secara vertikal relatif kecil. Massa air bersifat stagnan, tidak mengalami pencampuran, dan memiliki densitas air yang lebih besar. Lapisan ini cenderung mengandung kadar oksigen terlarut yang rendah dan relatif stabil.

Difusi oksigen dari udara bebas terjadi ketika berlangsung kontak antara campuran gas *atmospheric* dengan air, dengan syarat air berada dalam keadaan *undersaturated* (Boyd, 1982). Menurut Effendi (2003) ada dua cara absorpsi



### 2.3.1.2. Distribusi vertikal oksigen terlarut dalam perairan.

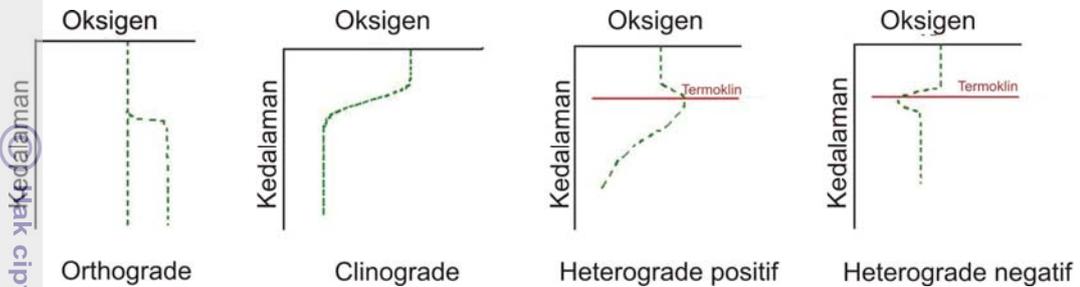
Kandungan oksigen terlarut menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini berhubungan dengan penurunan pasokan oksigen yang berasal dari proses difusi dari udara dan fotosintesis. Semakin dalam titik pengamatan pada suatu badan air waduk, maka pengaruh difusi yang terjadi di permukaan perairan, berupa oksigen yang merambat pada titik tersebut, semakin kecil. Pada kedalaman yang tidak terkena penetrasi cahaya matahari, kandungan oksigen terlarut yang berasal dari oksigen dan difusi udara berada dalam jumlah relatif sedikit bahkan habis (nol), sebagai hasilnya respirasi dan dekomposisi melebihi produksi oksigen.

Tipe distribusi oksigen terlarut dalam suatu perairan secara vertikal menurut Goldman dan Horne (1983) (Gambar 2) adalah sebagai berikut :

- (a) Tipe *orthograde* : terjadi pada danau yang tidak produktif (oligotrofik) atau danau yang miskin unsur hara dan bahan organik. Konsentrasi oksigen semakin meningkat dengan bertambahnya kedalaman perairan. Peningkatan oksigen pada kondisi ini lebih diakibatkan oleh penurunan suhu dengan bertambahnya kedalaman.
- (b) Tipe *clinograde* : terjadi pada danau dengan kandungan unsur hara dan bahan organik yang tinggi (eutrofik). Distribusi oksigen terstratifikasi seperti pada danau/waduk eutrofik (Cole, 1983).
- (c) Tipe *heterograde* positif dan negatif : pada tipe ini terlihat bahwa fotosintesis dominan terjadi di atas lapisan termoklin dan akan meningkatkan oksigen di bagian atas lapisan metalimnion.
- (d) Tipe anomali : tipe ini terjadi aliran air yang deras, dingin, kaya oksigen dan membentuk sebuah lapisan yang mempunyai ciri-ciri tersendiri.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hartita (2006), pola distribusi oksigen terlarut Waduk Saguling secara vertikal memiliki pola yang sama pada

setiap pengamatan yang dilakukan, yaitu konsentrasinya menurun dengan bertambahnya kedalaman atau bertipe *clinograde*.



Gambar 4. Tipe distribusi oksigen terlarut dalam suatu perairan secara vertikal (Goldman dan Horne, 1983).

### 3.1.3. Faktor penentu kelarutan dan distribusi oksigen dalam perairan

Kelarutan oksigen di perairan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan atmosfer (Boyd, 1979). Kelarutan oksigen akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan berkurangnya tekanan atmosfer. Faktor utama yang mempengaruhi tekanan atmosfer adalah ketinggian. Perubahan pada tekanan atmosfer adalah sebagai berikut : pada ketinggian 0-600 m, setiap pertambahan ketinggian sebesar 300 m menyebabkan penurunan tekanan sebesar 4 %, pada ketinggian 600-1500 m, setiap pertambahan ketinggian sebesar 300 m menyebabkan penurunan tekanan sebesar 3 % dan pada ketinggian 1500-3000 m setiap pertambahan ketinggian sebesar 300 m menyebabkan penurunan tekanan sebesar 2,5 %.

Kelarutan gas di dalam air menurun bersamaan dengan meningkatnya salinitas. Contohnya adalah kelarutan oksigen menurun kira – kira 5 persen setiap peningkatan salinitas 9000 mg/l. Pada suhu 15 °C, kelarutan oksigen di air laut sebesar 2,3 mg/l lebih kecil dari air tawar. Tetapi untuk perairan tawar, faktor salinitas dapat di abaikan (Boyd, 1979).

Menurut Cole dan Hannan (1990) in Octaviany (2005), faktor yang mempengaruhi distribusi oksigen terlarut di perairan waduk yaitu :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



(a) Suhu.

Kelarutan oksigen semakin meningkat dengan menurunnya suhu, sehingga selama terjadi stratifikasi saat musim panas, lapisan perairan dalam waduk memiliki konsentrasi oksigen terlarut lebih tinggi daripada lapisan yang lebih hangat. Kondisi ini dapat digambarkan seperti distribusi vertikal oksigen tipe *orthograde* (Goldman dan Horne, 1983) yang umum terjadi pada perairan yang oligotrof.

(b) Arus.

Zona riverine waduk menerima air dari sungai induk, yang mempengaruhi distribusi dan konsentrasi oksigen terlarut dalam semua zona waduk. Aliran air yang masuk berupa arus densitas yang mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di lapisan epilimnion, metalimnion, dan hipolimnion.

(c) Morfologi.

Dua danau yang memiliki persamaan zona trofogenik dan laju produktivitas primer, namun memiliki volume hipolimnion yang berbeda, akan memiliki konsentrasi oksigen terlarut yang berbeda pula (Wetzel, 2001).

(d) Masukan *allochthonous* (dari luar perairan) yang dapat berasal dari sungai induk.

(e) Fotosintesis dan respirasi.

(f) Angin.

#### 2.3.1.4. Penurunan oksigen terlarut dalam perairan

Berikut ini merupakan penyebab utama terjadinya penurunan kandungan oksigen dalam air :

(a) Respirasi organisme di dalam air, baik hewan maupun tumbuhan yang berlangsung sepanjang hari. (Welch ,1952),

(b) Oksigen terlarut digunakan untuk dekomposisi bahan organik yang terlarut dan terakumulasi di dasar perairan. Penurunan oksigen terlarut akibat dekomposisi bergantung pada jumlah dan distribusi bahan organik yang terakumulasi, temperatur air dan volume air di lapisan hipolimnion. (Welch ,1952).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- (c) Reduksi oleh gas lain.  
Seperti contoh proses nitrifikasi proses ini dapat membuat suatu kebutuhan yang penting terhadap oksigen dalam badan air (Connel dan Miller, 1995).
- (d) Pelepasan oksigen terlarut secara otomatis (*deaerasi*).  
Kondisi ini dapat disebabkan oleh meningkatnya suhu dan jika tingkat kejenuhannya sudah melebihi 100% (Connel dan Miller, 1995). Air yang dingin dapat menampung oksigen terlarut lebih banyak sebelum mencapai saturasi.
- (e) *Inflow* dari tanah.  
Air tanah biasanya mengandung oksigen sangat rendah, sering kali tidak ada sama sekali. Bila masuk ke lapisan epilimnion tidak akan berdampak nyata karena cenderung akan teraerasi, namun bila air tanah ini masuk ke bawah lapisan termoklin, akan menyebabkan peningkatan isi lapisan rendah oksigen hipolimnion. (Welch, 1952).
- (f) Keberadaan besi.  
Pada danau yang mengandung besi, oksidasi senyawa besi yang terlarut menjadi penyebab penting dalam penurunan oksigen terlarut. (Welch, 1952),  
Proses respirasi berlangsung di seluruh lapisan perairan, sehingga pada lapisan eufotik dimana fotosintesis berjalan baik, kadar oksigen cenderung lebih melimpah dibandingkan lapisan di bawahnya. Titik kedalaman terjadinya konsumsi oksigen (respirasi mikroorganisme dan dekomposisi) sama dengan produksi hasil proses fotosintesis disebut kedalaman kompensasi.  
Pada siang hari ketika matahari bersinar terang, pelepasan oksigen oleh proses fotosintesis berlangsung intensif pada lapisan eufotik perairan lebih besar dari pada oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi. Pada malam hari fotosintesis berhenti tetapi respirasi berlangsung terus. Pola perubahan kadar oksigen ini mengakibatkan terjadinya fluktuasi harian oksigen di lapisan eufotik perairan. Kadar oksigen maksimum terjadi pada sore hari dan minimum pada pagi hari (Effendi, 2003).  
Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian dan musiman bergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk ke dalam perairan (Effendi, 2003).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

**2.3.2. pH**

Tebbut (1992) *in* Effendi (2003) mengatakan bahwa pH hanya menggambarkan konsentrasi ion hidrogen. Kemampuan air untuk mengikat dan melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa (Barus, 2002 *in* Octaviany, 2005). Nilai pH dalam suatu perairan dapat mempengaruhi jenis dan susunan zat dalam lingkungan perairan dan mempengaruhi tersedianya unsur hara serta toksisitas dari unsur-unsur renik. Nilai pH perairan tawar berkisar antara 5,0 - 9,0 (Saeni, 1989 *in* Octaviany, 2005).

Nilai pH suatu perairan dipengaruhi oleh suhu, fotosintesis, respirasi, oksigen terlarut dan keberadaan ion dalam perairan tersebut. Nilai pH air biasanya dimanfaatkan untuk menentukan indeks pencemaran dengan memperhatikan tingkat keasaman atau kebasaan air (Surachman, 2003).

Proses respirasi dan degradasi dalam perairan akan menghasilkan gas karbondioksida. Karbondioksida yang dihasilkan akan membentuk asam karbonat (persamaan reaksi 1) yang dapat berdisosiasi menjadi bikarbonat dan karbonat (persamaan reaksi 2 dan 3). Ion bikarbonat dan karbonat dapat dimanfaatkan oleh alga sebagai sumber karbon (persamaan reaksi 4 dan 5).

Penggunaan karbondioksida oleh alga mengakibatkan kesetimbangan reaksi persamaan 4 dan 5 bergeser dari bikarbonat ke karbonat dan dari karbonat ke hidroksida. Alga akan terus memanfaatkan karbondioksida hingga batas pH yang tidak memungkinkan bagi alga untuk menggunakan karbondioksida (sekitar 10-11), karena pada nilai pH ini karbondioksida bebas sudah tidak dapat ditemukan (Effendi, 2003).



Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Barus, 2002 *in* Octaviany, 2005). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hartita (2006), pH Waduk Saguling berkisar antara 6,5 – 9,0.

### 2.3.3. Suhu

Suhu air sangat dipengaruhi oleh jumlah cahaya matahari yang jatuh ke permukaan air, sebagian dipantulkan kembali ke atmosfer dan sebagian masuk ke perairan yang disimpan dalam bentuk energi (Welch, 1952). Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian air dari permukaan laut, waktu penyinaran dalam satu hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman dari badan air.

Peningkatan suhu diikuti dengan menurunnya kadar oksigen terlarut di perairan (Tabel 4), sehingga keberadaan oksigen di perairan kadangkala tidak mampu memenuhi peningkatan oksigen yang dibutuhkan oleh organisme akuatik untuk metabolisme dan respirasi. Dekomposisi bahan organik oleh mikroba juga menunjukkan peningkatan dengan semakin meningkatkan suhu (Effendi, 2003). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hartita (2006), suhu Waduk Saguling berkisar antara 24,25 – 29 °C.

Tabel 4. Hubungan antara konsentrasi oksigen terlarut jenuh dan suhu pada tekanan udara 760 mmHg (Cole, 1983).

Suhu (°C)	Konsentrasi O <sub>2</sub> terlarut (mg/l)	Suhu (°C)	Konsentrasi O <sub>2</sub> terlarut (mg/l)	Suhu (°C)	Konsentrasi O <sub>2</sub> terlarut (mg/l)
0	14,62	12	10,78	24	8,42
1	14,22	13	10,54	25	8,26
2	13,83	14	10,31	26	8,11
3	13,46	15	10,08	27	7,97
4	13,11	16	9,87	28	7,83
5	12,77	17	9,66	29	7,69
6	12,45	18	9,47	30	7,56
7	12,14	19	9,28	31	7,43
8	11,84	20	9,09	32	7,3
9	11,56	21	8,91	33	7,18
10	11,29	22	8,74	34	7,06
11	11,03	23	8,58	35	6,95

#### 2.3.4. H<sub>2</sub>S (Hidrogen Sulfida)

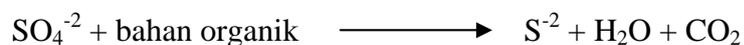
Sulfida berasal dari limbah industri atau dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik yaitu proses reduksi sulfat oleh bakteri pada kondisi anaerob. Sulfide dalam bentuk H<sub>2</sub>S tak terionisasi bersifat sangat toksik dan korosif terutama terhadap bahan – bahan yang tersusun dari logam. Kadar H<sub>2</sub>S tak terionisasi yang tinggi dalam perairan menimbulkan bau telur busuk (Boyd,1982).

Apabila diperairan tiak terdapat oksigen dan nitrat maka sulfat berperan sebagai sumber oksigen pada proses oksidasi yang dilakukan oleh bakteri anaerob. Pada kondisi ini ion sulfat direduksi menjadi ion sulfit yang membentuk kesetimbangan dengan ion hidrogen untuk membentuk hidrogen sulfida (Effendi, 2003)

Pada pH 9 sebagian besar sulfur (99%) berada dalam bentuk ion HS<sup>-</sup> , jumlah H<sub>2</sub>S sangat sedikit, permasalahan bau tidak muncul pada kondisi ini. Ion sulfida berada pada pH yang sangat tinggi mendekati 14 dan tidak ditemukan pada perairan alami. Pada pH < 8 kesetimbangan bergeser pada pembentukan H<sub>2</sub>S yang tidak terionisasi. Pada pH 5 sekitar 99% sulfur terdapat dalam bentuk H<sub>2</sub>S. Pada kondisi ini timbul permasalahan bau yang cukup serius. H<sub>2</sub>S bersifat mudah laut, oksik, dan menimbulkan bau seperti telur busuk. Oleh karena itu toksisitas H<sub>2</sub>S meningkat dengan penurunan nilai pH (Effendi, 2003)

H<sub>2</sub>S pada kondisi perairan anoksik bersifat beracun. H<sub>2</sub>S berasal dari sulfat yang terbentuk secara reduksi (pengurangan oksigen dan penambahan hidrogen) anion sulfat menjadi H<sub>2</sub>S pada kondisi anaerob oleh bakteri heterotrof (Effendi, 2003).

Reaksi yang terjadi:



Pada perairan alami yang cukup aerasinya biasanya tidak ditemukan H<sub>2</sub>S karena teroksidasi menjadi sulfat. Reduksi (pengurangan oksigen dan penambahan hidrogen), anion sulfat menjadi hydrogen sulfida pada kondisi anaerob yang dilakukan oleh bakteri heterotrof selama proses dekomposisi bahan organik yang menimbulkan bau busuk. Pada pH 5, sekitar 99% sulfur terdapat dalam bentuk H<sub>2</sub>S. Oleh karena itu, toksisitas H<sub>2</sub>S meningkat dengan penurunan nilai pH. Kadar

sulfide total kurang dari 0,002 mg/l dianggap tidak membahayakan bagi kelangsungan hidup organisme akuatik (Mcneely *et al.*, 1979 in Effendi, 2003).

### 2.3.5. NH<sub>3</sub> (Amonia Total)

Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH<sub>3</sub> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). amonia bebas (NH<sub>3</sub>) tidak dapat terionisasi, sedangkan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dapat terionisasi (Effendi, 2003). Gas amonia (NH<sub>3</sub>) dapat dengan mudah terlarut dalam air dan membentuk amonium hidrosida (NH<sub>4</sub>OH), dan akan terpecah menjadi amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dan ion hidrosida (OH<sup>-</sup>) seperti persamaan kesetimbangan kimia di bawah ini (Goldman dan Horne, 1983):

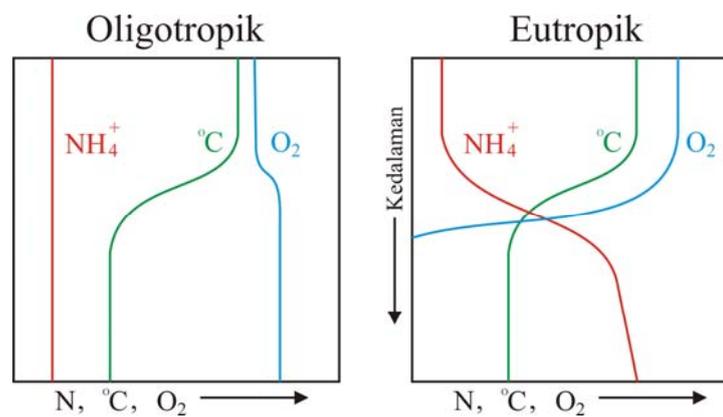


Amonia yang tidak terionisasi (NH<sub>3</sub>) sangat bersifat toksik bagi ikan dibandingkan amonia yang terionisasi (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) yang relatif non-toksik. Proporsi konsentrasi keduanya dipengaruhi oleh pH dan temperatur perairan (Wetzel, 1983). Pada keadaan perairan yang asam persentase dari NH<sub>4</sub>OH menurun, sedangkan pada keadaan perairan basa (alkaline) jumlahnya akan meningkat (Goldman dan Horne, 1983). Effendi (2003) menyatakan pada pH 7 atau kurang sebagian besar amonia mengalami ionisasi dan pH yang lebih besar dari 7 amonia tidak terionisasi. Pada malam hari ketika kandungan oksigen rendah atau ketika kebutuhan oksigen untuk dekomposisi melebihi dari produksi fotosintesis, menyebabkan kerentanan organisme terhadap daya racun amonia meningkat (Goldman dan Horne, 1983). Kadar amonia yang tinggi mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen, mengakibatkan kerusakan pada insang, dan menurunkan kapasitas transport oksigen oleh darah (Boyd, 1982). Pada perairan alami nilai amonia yang dapat ditolerir organisme sebesar 1,5 mg/liter (Sylvester dalam Wardoyo, 1975). Kadar amonia yang baik untuk kehidupan ikan dan organisme akuatik lainnya adalah kurang dari 1 mg/liter (Pescod, 1973 dalam Asmawi, 1983). Untuk keperluan perikanan dan peternakan batas maksimum amonia bebas yang diperbolehkan adalah 0,02 mg/l (PP. No. 82 Tahun 2001).

Amonia dihasilkan sebagai produk akhir dari dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri heterotrop (Wetzel, 1983). Boyd (1982) menyatakan bahwa amonia yang terdapat di perairan dapat berasal dari pemupukan, ekskresi dari ikan (tinja), dan dari pembusukan mikroorganisme. Metabolisme menghasilkan dua

produk utama yaitu karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan amonia ( $\text{NH}_3$ ), dengan amonia sekitar 10 sampai 30 bagian dari total  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan (Wright *et al*, 2001). Melalui proses amonifikasi atau pemecahan nitrogen organik (protein dan urea/pupuk) dan nitrogen organik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur. Sumber lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi dari atmosfer, limbah industri, dan domestik (Effendi, 2003)

Distribusi amonia di perairan tawar sangat bervariasi menurut musim, sangat tergantung terhadap tingkat kesuburan perairan, dan masukan buangan berupa bahan-bahan organik. Berikut adalah sebaran vertikal amonia berdasarkan tingkat kesuburan perairan, (Wetzel, 1983).



Gambar 5. Sebaran vertikal amonia berdasarkan kesuburan perairan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

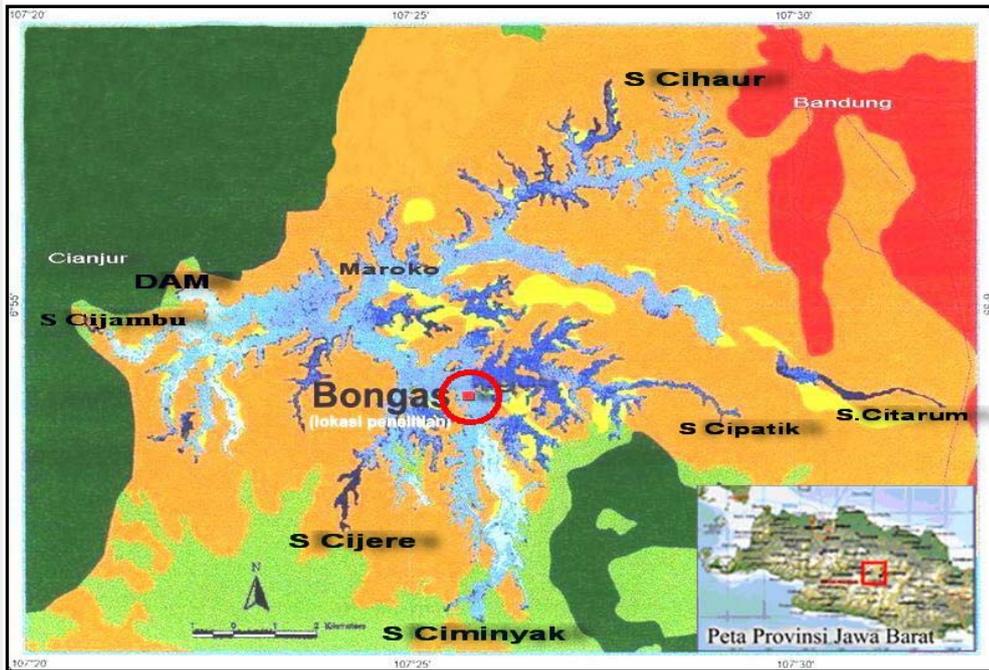
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan lokasi pengambilan contoh

Penelitian ini bertempat di Waduk Saguling, Jawa Barat. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 1 Maret 2008. Titik pengambilan sampel dilakukan di daerah keramba jaring apung Bongas (Gambar 6 dan 7).



Gambar 6. Peta lokasi KJA Bongas di Waduk Saguling (Sumber : Sukimin , 2004)



Gambar 7. Lokasi titik pengambilan sampel.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penelitian ini hanya dilakukan pada satu stasiun yaitu pada daerah keramba jaring apung Bongas. Hal ini dikarenakan penelitian ini melihat sebaran secara vertikal dan hanya melihat pengaruh pada daerah keramba jaring apung Bongas saja.

### 3.2. Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan antara lain; *Van Dorn sampler* untuk pengambilan contoh air, pH-meter untuk mengukur pH dan suhu perairan, botol DO untuk analisis DO (*Dissolved Oxygen*), dan botol sampel untuk menyimpan sampel air untuk di analisis di laboratorium.

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk analisis kualitas air antara lain; pereaksi untuk analisis oksigen terlarut (metode Winkler) antara lain *sulfamic acid*,  $MnO_4$ ,  $NaOH + KI$ ,  $H_2SO_4$ , *Na-thiosulfat*; pereaksi untuk analisis kandungan Ammonia-Nitrogen (metode *phenat*) antara lain *phenate (phenol)*, *chlorox (oxidizing solution)*, dan *SOD nitroprosside*, pereaksi untuk analisis gas  $H_2S$  antara lain  $NaOH$ , Zn asetat, *iodine*,  $HCL$ , *Na-thiosulfat*.

### 3.3. Metode kerja

#### 3.3.1. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan berupa data rata-rata selama pengamatan yang diperoleh dari hasil pengamatan terhadap beberapa parameter fisika dan kimia yaitu DO, suhu, pH,  $NH_3$ ,  $H_2S$ . Sebelum melaksanakan penelitian ini dilakukan penelitian pendahuluan, dimana pada penelitian pendahuluan ini dilakukan pengukuran oksigen terlarut (DO) dengan interval satu meter yang bertujuan untuk mendapatkan pola persebaran vertikal oksigen terlarut. Dari persebaran vertikal oksigen terlarut tersebut dapat diperoleh keterwakilan area dan titik – titik kedalaman pengambilan contoh air.

Berdasarkan hasil survey lokasi KJA Bongas dan Maroko, KJA Bongas ditetapkan sebagai lokasi pengambilan sampel. Lokasi ini dipilih karena mewakili daerah KJA yang tergolong padat. Lokasi KJA Bongas terletak di anak sungai Citarum yaitu sungai Ciminyak yang tidak terlalu dipengaruhi oleh masukkannya limbah dari industri yang terletak di hulu sungai Citarum. Pada saat survey

dilakukan KJA tidak beroperasi, hal ini terjadi sejak bulan November 2007 dimana terjadi kematian massal ikan di daerah Bongas. Selanjutnya ditentukan titik kedalaman pengambilan sampel yang mewakili dengan melakukan pengukuran parameter utama yaitu kandungan oksigen terlarut (DO). Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian pendahuluan (Tabel 5), titik kedalaman yang ditetapkan adalah permukaan; 1 m, 3 m, 7 m, 11 m. (kedalaman maksimum = 12 m).

Pada penelitian inti terdapat tiga perlakuan yaitu :

1. Pencampuran antara kedalaman 1 m dan 3 m dengan komposisi (50% : 50%).
2. Pencampuran antara kedalaman 1 m, 3 m dan 7 m dengan komposisi (33,3% : 33,3% : 33,3%).
3. Pencampuran antara kedalaman 1 m, 3 m, 7 m dan 11 m dengan komposisi (25% : 25% : 25% : 25%).

Tabel 5. Konsentrasi DO (mg/l) pada penelitian pendahuluan di kawasan KJA Bongas

Kedalaman (m)	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata2
0	6,43	6,09	6,26
1	6,77	6,43	6,60
2	6,09	5,75	5,92
3	4,06	4,06	4,06
4	1,01	1,35	1,18
5	1,01	1,35	1,18
6	0,85	1,35	1,10
7	0,68	1,35	1,01
8	0,68	1,35	1,01
9	0,68	1,01	0,85
10	0,68	1,01	0,85
11	0,68	1,01	0,85
12	0,68	0,81	0,74

Berikut ini adalah parameter yang akan dianalisis beserta metode pengukurannya:

### 3.3.2. Parameter fisika

#### 3.3.2.1. Suhu

Suhu diukur dengan menggunakan termometer, pengukuran terhadap suhu dilakukan pada setiap kedalaman dan perlakuan pencampuran.



### 3.3.3. Parameter kimia

#### 3.3.3.1. Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan parameter utama dalam penelitian ini. Pengambilan air sampel untuk analisis oksigen terlarut dilakukan menggunakan *Van Dorn water sampler*. Pengukuran terhadap DO dilakukan pada setiap kedalaman dan setiap perlakuan dengan menggunakan metode Winkler.

Untuk pengambilan sampel pada perlakuan pencampuran air. Pengambilan sampel dengan menggunakan *Van Dorn sampler* dan kemudian dialirkan menuju *train bottle water sample*. Detil tentang *train bottle water sample* dan pencampuran dapat dilihat pada lampiran 1. Cara ini juga digunakan pada pengukuran semua perlakuan pencampuran setiap parameter yang diukur ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , suhu, pH).

#### 3.3.3.2. Amonia bebas ( $\text{NH}_3$ )

Pengambilan air sampel untuk amonia bebas dilakukan menggunakan *Van Dorn water sampler*. Sampel dimasukkan kedalam botol plastik 250 ml dan didinginkan selanjutnya pengukuran dilakukan di laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan., Institut Pertanian Bogor. Pengukuran terhadap ammonia bebas dilakukan pada setiap kedalaman dan setiap perlakuan dengan menggunakan metode *phenat*.

#### 3.3.3.3. Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )

Pengambilan air sampel untuk ammonia bebas dilakukan menggunakan *Van Dorn water sampler*. Sampel dimasukkan kedalam botol plastik 250 ml dan di beri *Zn acetat* serta NaOH untuk mengikat gas  $\text{H}_2\text{S}$  agar tidak menguap, setelah itu baru didinginkan. Pengukuran dilakukan di Produktivitas Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan., Institut Pertanian Bogor. Pengukuran terhadap ammonia bebas dilakukan pada setiap kedalaman dan setiap perlakuan dengan menggunakan metode *iodometri*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

### 3.3.3.4. pH

Pengambilan air sampel untuk analisis pH menggunakan *Van Dorn water sampler*. Pengukuran terhadap pH dilakukan pada setiap kedalaman dan setiap perlakuan dengan menggunakan pH meter

Parameter serta metode pengukuran yang digunakan dalam penelitian disampaikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Parameter yang diamati beserta metode pengukuran yang digunakan.

No.	Parameter	Satuan	Metode	Alat	Tempat Analisis
<b>Parameter Fisika</b>					
1	Suhu	°C	Pemuaian	Termometer	<i>In situ</i>
<b>Parameter Kimia</b>					
1	DO	Mg/l	Modifikasi <sup>1</sup> Winkler	Alat titrasi	<i>In situ</i>
2	pH	-	Elektrometrik	pH meter	<i>In situ</i>
3	H <sub>2</sub> S	Mg/l	Iodometri	Alat titrasi	<i>Laboratorium</i>
4	NH <sub>3</sub>	Mg/l	Titimetri	Spektrofotometer	<i>Laboratorium</i>

Keterangan : Analisis air berdasarkan APHA (1998) (lampiran 2)

### 3.4. Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kualitas air ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, dan akan disajikan secara deskriptif. Selain analisa secara deskriptif, parameter utama (DO) dikaitkan dengan parameter pendukung (suhu, pH, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S) serta dengan baku mutu yaitu, Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang: Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan dan literatur yang sudah diperoleh.

#### 3.4.1. Analisis tipe distribusi vertikal oksigen terlarut

Penentuan tipe dilakukan berdasarkan data oksigen terlarut yang didapat kemudian dibandingkan dengan tipe distribusi vertikal oksigen terlarut menurut Goldman dan Horne (1983) (Tabel 4).

<sup>1</sup>Cara kerja analisa DO dengan metode modifikasi Winkler terdapat pada Lampiran 2.

### 3.4.2. Analisis saturasi oksigen terlarut

Konsentrasi oksigen jenuh (saturasi) akan tercapai jika konsentrasi oksigen yang terlarut di perairan sama dengan konsentrasi oksigen terlarut secara teoritis. Konsentrasi oksigen tidak jenuh terjadi jika konsentrasi oksigen yang terlarut lebih kecil daripada konsentrasi oksigen secara teoritis. Selanjutnya kondisi super saturasi terjadi bila konsentrasi oksigen terlarut lebih besar daripada konsentrasi oksigen secara teoritis. Tingkat kejenuhan oksigen di perairan dinyatakan dalam persen saturasi (Jeffries dan Mills, 1996 *in* Effendi, 2003).

$$\%Saturasi = \frac{DO}{DO_t} \times 100\%$$

Keterangan:

DO : Konsentrasi oksigen terlarut di air (mg/l).

DO<sub>t</sub> : Konsentrasi oksigen terlarut jenuh secara teoritis pada suhu tertentu dengan tekanan 760 mmHg (mg/l).

Nilai DO<sub>t</sub> dapat dilihat pada Tabel 4

### 4.3. Analisis data kualitas air

Analisa data kualitas air pada penelitian ini adalah menggunakan pendekatan deskriptif, dimana data disajikan dengan bentuk tabel dan grafik dan dibandingkan dengan literatur yang telah didapat.



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Distribusi vertikal oksigen terlarut

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada tanggal 1 Maret 2008, konsentrasi oksigen terlarut secara umum cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman (Tabel 7 dan Gambar 8), hal ini diduga karena lapisan dasar perairan terjadi akumulasi bahan organik dari sisa pakan dan feses ikan yang membutuhkan oksigen dalam proses penguraiannya, sehingga hal ini juga diduga berkaitan dengan kecenderungan yang terjadi diatas.

Tabel 7. Konsentrasi oksigen terlarut (mg/l) pada tiap kedalaman

Kedalaman (m)	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata2
0	6,43	6,09	6,26
1	6,77	6,43	6,60
2	6,09	5,75	5,92
3	4,06	4,06	4,06
4	1,01	1,35	1,18
5	1,01	1,35	1,18
6	0,85	1,35	1,10
7	0,68	1,35	1,01
8	0,68	1,35	1,01
9	0,68	1,01	0,85
10	0,68	1,01	0,85
11	0,68	1,01	0,85
12	0,68	0,81	0,74
Rata - rata	-	-	2.43

Keterangan : Kedalaman maksimum (dasar perairan) adalah 12 meter

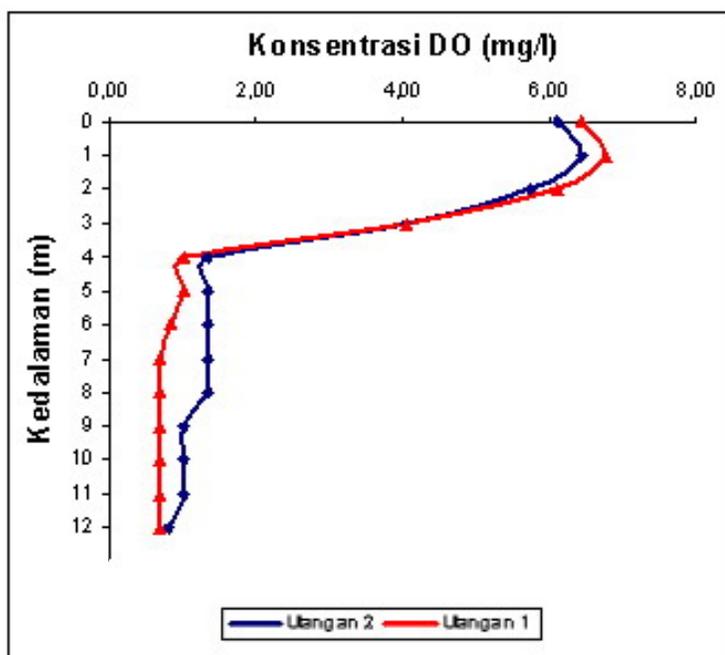
Difusi oksigen dari udara terjadi ketika berlangsung kontak antara campuran gas *atmospheric* dengan air, baik secara langsung dalam keadaan diam maupun saat terjadi agitasi. Kejadian ini akan mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut dipermukaan perairan. Difusi oksigen akan terus berlangsung hingga perairan mencapai keadaan jenuh (*saturated*). Fotosintesis merupakan aktivitas dari

organisme autotroph yang merupakan sumber oksigen utama pada lingkungan perairan tergenang (*lentik*). Dalam prosesnya, fotosintesis memerlukan cahaya yang efektif. Cahaya yang terlalu kuat dapat menghambat laju fotosintesis. Cahaya yang efektif pada umumnya terdapat pada kedalaman sedikit di bawah permukaan, pada pengamatan terdapat pada kedalaman 1 m, karena konsentrasi oksigen terlarut pada kedalaman ini lebih besar daripada permukaan.

Berdasarkan data yang diperoleh, konsentrasi oksigen terlarut rata-rata pada lapisan permukaan adalah 6,26 mg/l (Tabel 7 dan Gambar 8) dan di kedalaman 12 m adalah 0,74 mg/l. Berdasarkan hasil pengamatan, mulai kedalaman 9 m konsentrasi oksigen terlarut sudah mendekati keadaan anoksik. Hal ini diduga sebagai hasil dari proses akumulasi pemasukan bahan organik (sisa pakan dan feses ikan) serta limbah dari penduduk yang bermukim di KJA yang sudah berlangsung cukup lama. Apabila hal tersebut terus berlangsung maka lapisan *anoksik* akan terus semakin tebal.

Berdasarkan data yang diperoleh, kisaran konsentrasi oksigen terlarut rata-rata secara vertikal menunjukkan perbedaan yang cukup tinggi setiap penurunan kedalaman. Hal ini diduga karena kondisi cuaca pada saat pengamatan cerah dan panas sehingga diduga proses fotosintesis berjalan dengan optimal.

Berdasarkan hasil pengamatan distribusi vertikal oksigen selama penelitian, nilai kisaran konsentrasi oksigen terlarut adalah 0,68 – 6,77 mg/l (Tabel 7 dan Gambar 8). Berdasarkan hasil penelitian Satria (2007) yang melakukan penelitian pada saat cuaca mendung dan di lokasi yang sama, nilai kisaran konsentrasi oksigen terlarut pada pagi hingga sore hari adalah 0,4-4,04 mg/l. Hasil kisaran oksigen terlarut yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Satria (2007), hal ini disebabkan pada saat penelitian dilakukan, kondisi cuaca sedang cerah sehingga diperkirakan proses fotosintesis akan berlangsung secara baik dan optimal. Berbeda halnya pada penelitian Satria (2007) yang dilaksanakan pada kondisi cuaca mendung.



Gambar 8. Distribusi vertikal konsentrasi oksigen terlarut (kedalaman maksimal 12m)

Berdasarkan nilai distribusi vertikal oksigen terlarut rata-rata selama pengamatan, Waduk Saguling menggambarkan tipe *heterograde positif*. Tipe *heterograde positif* secara umum menggambarkan pola distribusi vertikal oksigen pada pagi hingga sore hari. Kondisi ini terjadi diduga karena fitoplankton melakukan kegiatan fotosintesis secara efektif pada kolom air beberapa meter di bawah lapisan permukaan, sehingga pada kolom air ini konsentrasi oksigen lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi oksigen di permukaan dan di lapisan kolom air di bawahnya. Tipe ini menggambarkan tipe perairan eutrofik. Pola distribusi vertikal oksigen terlarut hasil penelitian Octaviany (2005) di Waduk Cirata menggambarkan dua tipe perairan, yaitu *clinograde* dan *heterograde positif*, sedangkan pada penelitian Widyastuti (2004), pola distribusi vertikal oksigen terlarut di Waduk Jatiluhur menggambarkan tipe *clinograde* dan pada penelitian Satria (2007) di Waduk Saguling juga menggambarkan dua tipe distribusi yaitu *clinograde* dan *heterograde positif*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

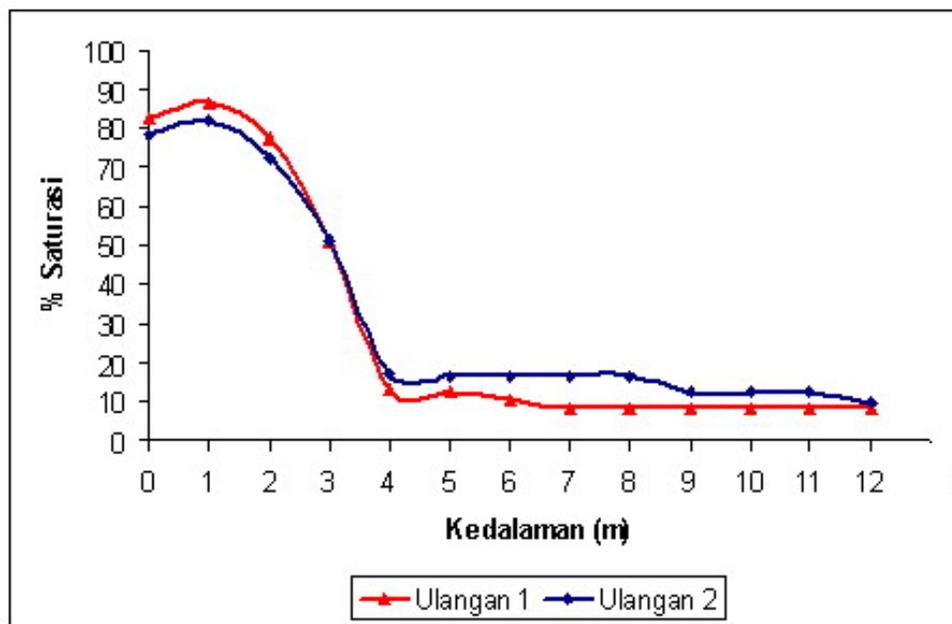
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.





#### 4.2. Persen saturasi oksigen

Berdasarkan data yang diperoleh, kondisi super saturasi tidak terjadi (Gambar 9), hal ini diduga terjadi karena pengamatan dilakukan pada jam 11.30 WIB sampai 13.00 WIB dimana proses fotosintesis belum terjadi secara maksimum dan belum terjadi penumpukan oksigen terlarut sebagai hasil dari fotosintesis. Hal ini bisa dilihat dengan tingginya oksigen pada kedalaman 1 m yang diperkirakan merupakan kedalaman optimum untuk fotosintesis. Persen saturasi tertinggi terdapat pada kedalaman 1 m yaitu sebesar 86,65 %. Berdasarkan data dari Zahidah (2006) yang melakukan penelitian pada saat cuaca cerah di perairan dengan tipe yang sama yaitu Waduk Cirata, keadaan super saturasi pada perairan yang kelimpahan planktonnya cukup tinggi dicapai pada siang hari yaitu pukul 15.00-16.00 WIB.



Gambar 9. Persen saturasi oksigen rata-rata

#### 4.3. Pencampuran massa air

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa konsentrasi oksigen terlarut cenderung menurun pada setiap perlakuan pada perlakuan 1 berkisar

antara 4,06 – 4,74 mg/l, perlakuan 2 berkisar antara 3,04 – 3,72 mg/l dan perlakuan 3 berkisar antara 2,03 – 2,71 mg/l (Tabel 8).

Tabel 8. Konsentrasi oksigen terlarut (mg/l) pada setiap perlakuan

Ulangan	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3
1	4,06	3,72	2,03
2	4,40	3,72	2,71
3	4,74	3,04	2,03
4	4,74	3,04	2,03
5	4,06	2,71	2,37
6	4,40	3,04	2,03
<b>Rata2</b>	<b>4,40</b>	<b>3,21</b>	<b>2,20</b>

Keterangan:

Perlakuan 1= pencampuran kedalaman 1 dan 3 m dengan komposisi (50 % : 50%), Perlakuan 2= pencampuran kedalaman 1,3 dan 7 m dengan komposisi (33,3% : 33,3% : 33,3%), Perlakuan 3= pencampuran kedalaman 1,3,7 dan 11 m dengan komposisi (25% : 25% : 25% : 25%)

Dari data diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi oksigen terlarut pada perlakuan 1 memiliki nilai oksigen yang paling besar, dengan rata – rata 4,40 mg/l. Hal ini diduga karena pada perlakuan ini kedalaman yang dicampur adalah kedalaman 1 m dimana memiliki kandungan oksigen terbesar. Perlakuan 3 memiliki konsentrasi oksigen terlarut paling rendah yaitu rata – rata 2,2 mg/l. Hal ini diduga karena rendahnya oksigen pada kedalaman 7 dan 11 meter sehingga mempengaruhi hasil pencampuran air. Dari perlakuan 1 sampai 3 oksigen yang terukur kurang dari 5 mg/l, dengan konsentrasi oksigen seperti ini mempunyai efek yang kurang baik bagi budidaya ikan di daerah keramba. Hal ini didukung oleh pernyataan Effendi (2003) bahwa pada kondisi oksigen terlarut (DO) 1 mg/l – 5 mg/l ikan dapat bertahan hidup, tetapi pertumbuhannya terganggu.

Apabila dilihat dari ketiga perlakuan maka yang berpotensi berakibat buruk apabila terjadi pembalikan massa air adalah perlakuan 3. Dimana perlakuan ini mewakili pencampuran secara sempurna (*holomictic*). Konsentrasi pada perlakuan ini mencapai nilai minimum sebesar 2,03 mg/l pada ulangan 1,3,4 dan 6. dengan konsentrasi oksigen yang rendah ini sangat membahayakan bagi ikan yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.  
 2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



dibudidayakan di keramba karena dibawah batas toleransi ikan nila (ikan yang paling banyak dibudidayakan di keramba) yaitu sebesar 3 mg/l (Khairuman dan Amri, 2005). Konsentrasi oksigen terlarut ini juga tidak memenuhi baku mutu (Peraturan Pemerintah Nomor 82, 2001 kelas III) untuk kepentingan perikanan yang menganjurkan batas minimal konsentrasi oksigen terlarut sebesar 3 mg/l..

Kepala Dinas Perikanan Jawa Barat (Anonymous, www. Kompas.com, 2005 in Hartita ,2006) menyatakan bahwa Berdasarkan pengukuran selama ini, di lapisan bawah kandungan oksigennya 0 mg/l sehingga proses perombakan atau dekomposisi bahan organik berlangsung secara aerob. Proses dekomposisi bahan organik tersebut menghasilkan amonia, sulfida dan metan yang beracun bagi ikan. Apabila terjadi peristiwa umbalan, dapat mengakibatkan kematian massal ikan seperti yang pertamakali terjadi pada tahun 1988. Bahkan pada tahun 2000 total unit KJA mengalami penurunan, disebabkan terjadi pembalikan massa air yang terjadi di beberapa lokasi perairan waduk Saguling. Akibatnya terjadi kematian massal ikan di daerah budidaya KJA. (Bagian Monitoring Hidrology PLTA Saguling, 2003 in Surachman, 2003).

#### 4.4. Parameter pendukung

##### 4.4.1. Amonia (NH<sub>3</sub>)

##### 4.4.1.1. Distribusi vertikal amonia bebas (NH<sub>3</sub>)

Amonia yang terukur pada perairan berupa amonia total (NH<sub>3</sub> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Goldman dan Horne, 1983). Nilai amonia bebas (NH<sub>3</sub>) dan ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) didapat dari konversi nilai amonia total. Amonia bebas (NH<sub>3</sub>) yang terukur berkisar antara 0,017-0,047 mg/l, dengan konsentrasi tertinggi pada kedalaman 1 m yaitu 0,047 mg/l, sedangkan konsentrasi terendah pada kedalaman 12 m yaitu 0,017 mg/l. Distribusi vertikal NH<sub>3</sub> menunjukkan penurunan pada setiap penambahan kedalamannya (Tabel 9 dan Gambar 10).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

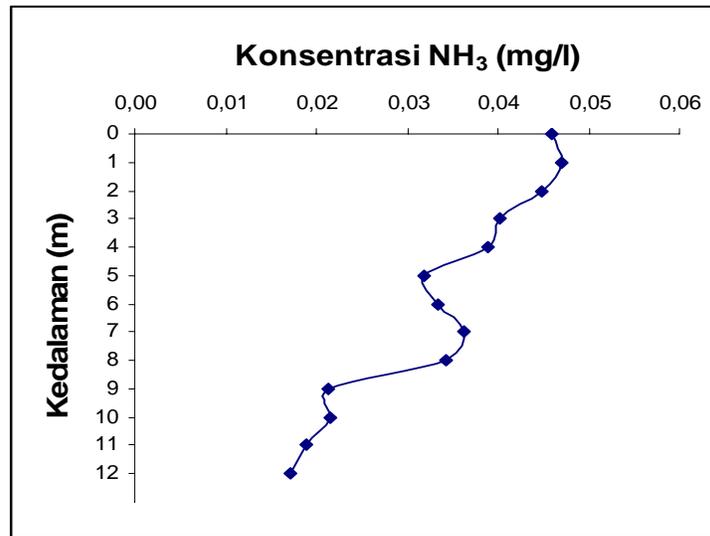


Tabel 9. Konsentrasi amonia bebas (mg/l) pada tiap kedalaman

Kedalaman	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata - rata
0	0,045	0,047	0,046
1	0,046	0,048	0,047
2	0,045	0,045	0,045
3	0,046	0,034	0,040
4	0,041	0,037	0,039
5	0,036	0,028	0,032
6	0,039	0,028	0,033
7	0,038	0,034	0,036
8	0,035	0,034	0,034
9	0,021	0,022	0,021
10	0,023	0,021	0,022
11	0,019	0,018	0,019
12	0,017	0,017	0,017
Rata - rata	-	-	0,033

Pada Tabel 9 dan Gambar 10 terlihat bahwa pada setiap penambahan kedalaman konsentrasi  $\text{NH}_3$  rata-rata menurun, kecuali pada kedalaman 2 yang mengalami kenaikan yaitu pada permukaan sebesar 0,046 mg/l menjadi 0,047 mg/l pada kedalaman 1 m. Hal ini mungkin disebabkan karena semakin tingginya nilai amonia total sedangkan suhu dan pH tidak jauh berbeda dengan permukaan, sehingga persentasi amonia bebas akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan apa yang dikatakan Wetzel (1983) bahwa nilai amonia bebas (*un-ionised amonia* ( $\text{NH}_3$ )) dan ammonium (*ionised amonia* ( $\text{NH}_4^+$ )) dipengaruhi oleh temperatur dan pH perairan.

Amonia total tidak terionisasi semakin besar pH lebih besar dari 7 (Goldman dan Horne, 1983), sehingga konsentrasi dari amonia bebas (*un-ionised amonia* ( $\text{NH}_3$ )) akan meningkat. Konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang tinggi pada permukaan waduk disebabkan oleh pH yang juga tinggi pada permukaan waduk dan nilainya semakin menurun setiap penambahan kedalaman. Dapat dikatakan bahwa  $\text{NH}_3$  berkorelasi positif dengan kandungan pH perairan.



Gambar 10. Distribusi vertikal amonia bebas

Amonia bebas (NH<sub>3</sub>) bersifat toksik, hal ini sangat berbahaya bagi kegiatan budidaya KJA di Waduk Saguling. Karena konsentrasi amonia rata – rata sudah melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Kadar amonia yang tinggi mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen, mengakibatkan kerusakan pada insang, dan menurunkan kapasitas transport oksigen oleh darah (Boyd,1982). Kandungan amonia total yang tinggi sangat berpotensi menjadi bahan-bahan toksik. Kandungan pH yang relatif tinggi pada permukaan waduk dapat menyebabkan sebagian besar amonia total tidak terionisasi sehingga menghasilkan amonia bebas (NH<sub>3</sub>) yang relatif bersifat toksik. Dari hasil penelitian didapat rata-rata konsentrasi NH<sub>3</sub> pada setiap permukaan waduk adalah sebesar 0,033 mg/l. Konsentrasi ini lebih tinggi dari baku mutu (Peraturan Pemerintah Nomor 82, 2001 kelas III) untuk kepentingan perikanan yang menganjurkan batas maksimal konsentrasi amonia bebas sebesar 0,02 mg/l. Hal ini tentunya sangat merugikan bagi kegiatan budidaya KJA yang berada di Waduk Saguling yang kegiatannya berada pada permukaan waduk.

Sebagai tambahan bahwa pada saat penelitian dilaksanakan kegiatan budidaya di daerah keramba jaring apung Bongas sebagian besar petani belum mulai sejak ada kematian ikan secara massal pada bulan November 2007. kegiatan budidaya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



baru dimulai pada akhir Maret 2008. Jadi masih ada potensi peningkatan amonia bebas yang signifikan karena sebagian besar bahan organik diduga berasal dari kegiatan masyarakat setempat yaitu pakan ikan di KJA dan masyarakat yang bermukim di KJA. Konsentrasi amonia yang sudah mulai toksik dan dapat menyebabkan kematian pada beberapa jenis ikan adalah 0,2 mg/l (Sawyer dan McCarty, 1978 *in* Effendi, 2003)

#### 4.4.1.2. Pencampuran massa air

Seperti pada oksigen terlarut, pada amonia bebas juga terdapat tiga perlakuan pencampuran. Dari hasil pengukuran dilapangan (Tabel 10 ) didapatkan hasil pada perlakuan 1 berkisar antara 0,06 – 0,027 mg/l, perlakuan 2 berkisar antara 0,058 – 0,021 mg/l dan perlakuan 3 berkisar antara 0,029 – 0,012 mg/l. Dari gambar dapat dilihat bahwa perlakuan 1 mempunyai nilai amonia bebas yang paling tinggi yaitu rata – rata 0,042 mg/l disusul dengan perlakuan 2 yaitu 0,036 mg/l dan perlakuan 3 dengan rata – rata 0,019 mg/l.

Tabel 10. Konsentrasi amonia bebas (mg/l) pada setiap perlakuan

Ulangan	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3
1	0,047	0,021	0,021
2	0,060	0,025	0,012
3	0,043	0,058	0,029
4	0,027	0,038	0,015
5	0,044	0,045	0,022
6	0,032	0,026	0,016
<b>Rata2</b>	<b>0,042</b>	<b>0,036</b>	<b>0,019</b>

Apabila dilihat dari kisaran rata – rata tersebut maka dapat diketahui bahwa perlakuan 1 dan perlakuan 2 mempunyai potensi untuk berakibat buruk bagi kehidupan ikan di karamba jaring apung, karena kedua perlakuan ini sudah melampaui batas baku mutu yaitu 0,02 mg/l (Peraturan Pemerintah Nomor 82, 2001 kelas III). Kondisi amonia yang besar ini kemungkinan akan semakin bertambah



karena kegiatan budidaya dan kegiatan masyarakat yang tinggal di daerah karamba akan menghasilkan banyak limbah yang berpotensi menambah konsentrasi amonia. Jika kadar amonia bebas melebihi 0,2 mg/l, perairan bersifat toksik bagi ikan karena proses pengikatan oksigen terganggu dan pada akhirnya dapat mengakibatkan sufokasi (Effendi, 2003).

#### 4.4.2. Sulfida ( $H_2S$ )

##### 4.4.2.1. Distribusi vertikal sulfida ( $H_2S$ )

Hasil pengamatan parameter  $H_2S$  menunjukkan bahwa konsentrasi  $H_2S$  tertinggi terdapat pada kedalaman 12 m dan terendah pada kedalaman 0 m sampai 9 m (Tabel 11). Konsentrasi  $H_2S$  pada kedalaman 0 – 9 m yaitu antara 0 mg/l sampai 0,0064 mg/l, nilai ini diperoleh karena konsentrasi  $H_2S$  pada kedalaman tersebut tidak terukur dengan metode yang dipakai sehingga diasumsikan bahwa konsentrasi kedalaman tersebut dibawah nilai terkecil yang terukur dari metode analisis yaitu 0,0064 mg/l (Lampiran 3).

Tabel 11. Distribusi vertikal  $H_2S$

Kedalaman	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata2
0	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
1	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
2	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
3	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
4	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
5	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
6	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
7	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
8	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
9	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
10	0,0256	0,03712	0,03136
11	0,06784	0,07424	0,07104
12	0,13568	0,13568	0,13568



Apabila dilihat dari tabel diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi  $H_2S$  cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman, hal ini dikarenakan pada dasar perairan terjadi dekomposisi bahan organik yang banyak menggunakan oksigen sehingga terjadi keadaan anoksik, apabila dekomposisi terjadi dalam keadaan anoksik hasil sampingan yang terbentuk adalah  $H_2S$  (Effendi, 2003).

Secara umum kandungan  $H_2S$  tersebut berbahaya bagi kelangsungan hidup ikan di karamba karena lebih besar dari 0,002 mg/l. Kandungan  $H_2S$  yang diperkenankan untuk kegiatan perikanan tidak lebih dari 0,002 mg/l (Effendi, 2003). Kandungan  $H_2S$  yang melebihi ambang batas yang diperkenankan untuk kegiatan perikanan sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup ikan karena gas  $H_2S$  yang naik kepermukaan perairan dapat menyebabkan kematian ikan secara massal (Effendi, 2003).

#### 4.4.2.2. Pencampuran massa air

Pada parameter  $H_2S$  juga dilakukan pengamatan perlakuan pencampuran air. Dari hasil yang diperoleh (Tabel 12) dapat diketahui bahwa konsentrasi  $H_2S$  berkisar antara <0,0064 mg/l sampai 0,03712 mg/l. Nilai  $H_2S$  semakin bertambah besar dari perlakuan 1 ke perlakuan 3. Hal ini diduga karena perlakuan 3 merupakan campuran dari kedalaman 1,3,7,11 m dimana kedalaman 11 m memiliki konsentrasi  $H_2S$  yang cukup tinggi.

Tabel 12. Konsentrasi  $H_2S$  pada setiap perlakuan pencampuran

Ulangan	perlakuan 1	perlakuan 2	perlakuan 3
1	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
2	< 0,0064	< 0,0064	< 0,0064
3	< 0,0064	0,0128	0,0064
4	< 0,0064	< 0,0064	0,03712
5	0,03712	0,0064	0,0064
6	0,0064	0,03712	0,03712



Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa perlakuan dua dan tiga memiliki konsentrasi H<sub>2</sub>S yang rata – rata diatas baku mutu yang ditetapkan. Yaitu 0,002 mg/l (Peraturan Pemerintah Nomor 82, 2001 kelas III). Apabila konsentrasi H<sub>2</sub>S tinggi dapat berakibat pada ikan yang dibudidayakan diantaranya yaitu rusaknya organ pernafasan (insang), terhambatnya pertumbuhan. Toksisitas H<sub>2</sub>S bertambah seiring dengan semakin rendahnya pH. Apabila pH mencapai 5 maka 99% sulfur dalam bentuk H<sub>2</sub>S. Pada kondisi tersebut menimbulkan bau telur busuk yang menyengat (Effendi, 2003).

### 4.4.3. pH

#### 4.4.3.1 Distribusi vertikal pH

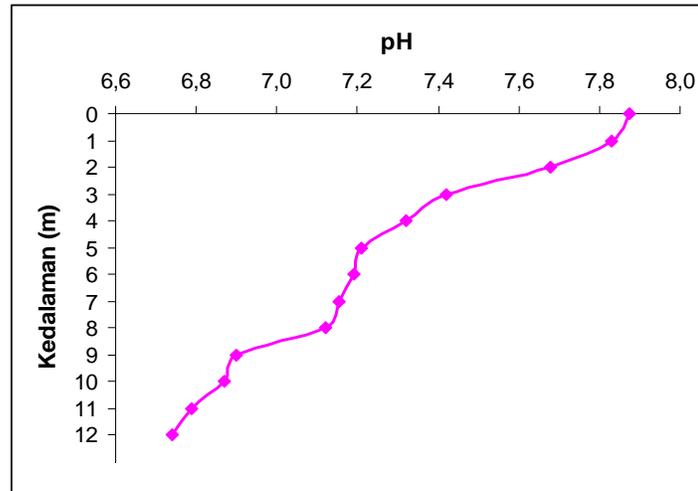
Kisaran nilai pH rata-rata yang diperoleh selama penelitian adalah berkisar antara 7,88 sampai 6,74 (Tabel 13 dan Gambar 11). nilai tertinggi diperoleh di permukaan dan nilai terendah di dasar perairan.

Tabel 13. Distribusi vertikal pH

Kedalaman (m)	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata - rata
0	7,85	7,9	7,88
1	7,83	7,83	7,83
2	7,65	7,71	7,68
3	7,38	7,46	7,42
4	7,29	7,35	7,32
5	7,21	7,21	7,21
6	7,19	7,19	7,19
7	7,17	7,14	7,16
8	7,12	7,12	7,12
9	6,89	6,91	6,9
10	6,89	6,85	6,87
11	6,79	6,79	6,79
12	6,74	6,74	6,74
<b>Rata2</b>	<b>7,23</b>	<b>7,25</b>	<b>7,24</b>

Nilai pH perairan dipengaruhi oleh suhu, fotosintesis, respirasi, oksigen terlarut dan keberadaan ion dalam perairan tersebut. Bila dilihat dari kisaran nilai dan

distribusi pH pada setiap kedalaman, nilai pH menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 11).



Gambar 11. Distribusi vertikal pH

Nilai pH di perairan Waduk Saguling mempunyai nilai yang cukup tinggi. Tingginya nilai pH pada penelitian diduga sebagai akibat terjadinya proses fotosintesis pada siang hari. Fotosintesis yang memanfaatkan karbondioksida sebagai salah satu bahan bakunya menyebabkan terjadinya penurunan kandungan karbondioksida di perairan. Kondisi ini menyebabkan nilai pH di perairan cenderung meningkat. Pada malam hari proses fotosintesis berhenti sedangkan proses respirasi dan dekomposisi yang memproduksi karbondioksida terus berlangsung, sehingga nilai pH cenderung menurun.. Kondisi tersebut sesuai dengan hasil penelitian dari Satria (2007), bahwa kisaran nilai pH di Waduk Saguling berkisar antara 6,05-6,85 pada pagi hingga sore yang cenderung meningkat. Selain itu pH tidak terlalu mengalami fluktuasi, hal ini dikarenakan daerah Saguling memiliki karakteristik yang unik yaitu merupakan daerah kapur ( $\text{CaCO}_3$ ), sehingga diperkirakan mempunyai nilai alkalinitas yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Effendi (2003) bahwa alkalinitas berperan sebagai sistem penyangga (*buffer*) agar perubahan pH tidak terlalu besar. Pada umumnya nilai pH yang terukur masih dalam kisaran pH yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.





baik bagi perikanan yaitu sebesar 6 – 9 (Peraturan Pemerintah Nomor 82, 2001 kelas III).

#### 4.4.3.2 Pencampuran massa air

Berdasarkan hasil pengukuran pH pada tiap perlakuan (Tabel 14), diperoleh hasil pada perlakuan 1 berkisar antara 7,6 – 7,64, perlakuan 2 berkisar antara 7,43 – 7,45 dan perlakuan 3 berkisar antara 7,13 – 7,15. Nilai tertinggi pH terdapat pada perlakuan 1 pada ulangan 6, dan terendah pada perlakuan 3 pada ulangan 1 dan 6.

Tabel 14. Nilai pH pada tiap perlakuan

Ulangan	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3
1	7,6	7,43	7,13
2	7,63	7,44	7,15
3	7,62	7,43	7,14
4	7,63	7,45	7,14
5	7,62	7,45	7,15
6	7,64	7,45	7,13
<b>Rata2</b>	<b>7,62</b>	<b>7,44</b>	<b>7,14</b>

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai pH cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman yang dicampur. Hal ini mungkin disebabkan semakin bertambahnya kedalaman semakin asam (Tabel 12 dan Gambar 11). Pada umumnya nilai pH yang terukur masih dalam kisaran pH yang baik bagi perikanan yaitu sebesar 6 – 9 (Peraturan Pemerintah Nomor 82, 2001 kelas III).

#### 4.4.4. Suhu

##### 4.4.4.1 Distribusi vertikal suhu

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama penelitian, diperoleh data suhu berkisar antara 28,3 sampai 24,95 °C (Tabel 15 dan Gambar 12). Suhu tertinggi diperoleh di permukaan perairan dan terendah diperoleh di dasar perairan. Menurut Welch (1952), jumlah cahaya yang jatuh ke permukaan air sangat mempengaruhi



suhu suatu perairan. Cahaya yang jatuh ke perairan sebagian dipantulkan kembali ke *atmosfer* dan sebagian lagi masuk ke perairan yang disimpan dalam bentuk energi.

Secara umum, suhu memiliki kecenderungan menunjukkan penurunan sejalan dengan bertambahnya kedalaman. Kecenderungan suhu yang demikian disebabkan adanya perbedaan intensitas cahaya matahari yang mampu diserap pada setiap kedalaman, sejalan dengan bertambahnya kedalaman, pemanasan air oleh sinar matahari akan semakin berkurang.

Tabel 15. Distribusi vertikal suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Kedalaman	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata2
0	28,2	28,4	28,30
1	28,1	28	28,05
2	27,8	27,3	27,55
3	27,1	27,1	27,1
4	26,8	26,5	26,65
5	26,4	26,2	26,3
6	26,2	26,2	26,2
7	25,9	25,9	25,90
8	25,8	25,7	25,75
9	25,5	25,5	25,5
10	25,4	25,4	25,4
11	25,1	25,1	25,1
12	24,8	25,1	24,95
<b>Rata2</b>	<b>26,39</b>	<b>26,34</b>	<b>26,37</b>

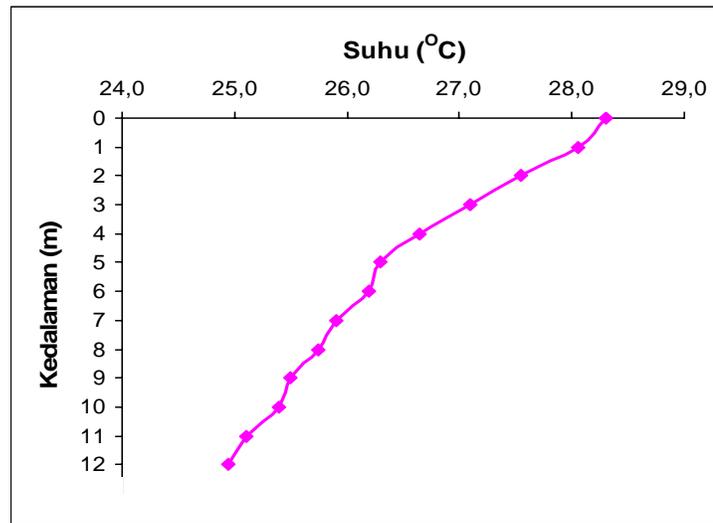
Gambar 12 mengindikasikan lapisan termoklin tidak terdapat pada perairan Waduk Saguling, karena perubahan suhu setiap penambahan satu meter kedalaman kurang dari  $1^{\circ}\text{C}$ . Lapisan termoklin merupakan lapisan yang memiliki perubahan panas dan suhu yang relatif besar secara vertikal, yaitu sekurang-kurangnya terjadi perubahan  $1^{\circ}\text{C}$  setiap penambahan kedalaman satu meter. Lapisan termoklin memungkinkan keadaan perairan lebih stabil (sangat kecil kemungkinan terjadi pengadukan).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 12. Distribusi vertikal suhu

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Satria (2007), suhu Waduk Saguling berkisar antara 25,1 – 27,35 °C. Berbedanya hasil pengukuran suhu yang diperoleh disebabkan pada saat penelitian Satria (2007) cuaca sedang mendung bahkan hujan sehingga suhu perairan menjadi lebih dingin. Berbeda pada saat penelitian ini dilaksanakan yaitu cuaca sedang cerah. Secara umum suhu yang terukur masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah (Peraturan Pemerintah Nomor 82, 2001 kelas III) yaitu  $27^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.4.4.2 Pencampuran massa air

Berdasarkan hasil pengukuran suhu pada tiap perlakuan (Tabel 15), diperoleh data pada perlakuan 1 nilai suhu berkisar antara 27,2 – 27,7 °C, pada perlakuan 2 berkisar antara 26,5 – 26,9 °C dan pada perlakuan 3 berkisar antara 26,5 – 26,7 °C. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan 1 pada ulangan 3 dan terendah terdapat pada perlakuan 2 dan 3 pada ulangan 2,4 dan 6. dari tabel dapat diketahui bahwa dari perlakuan 1 sampai 3 nilai suhu cenderung menurun, hal ini diduga karena berbedanya jumlah kedalaman yang dicampur. Dimana perlakuan 1 paling sedikit dan perlakuan 3 yang paling banyak. Selain itu di duga karena distribusi vertikal suhu

dimana semakin dalam semakin rendah (Tabel 14 dan Gambar 12). Secara umum suhu yang terukur masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah (Peraturan Pemerintah Nomor 82, 2001 kelas III) yaitu  $27^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Tabel 16. Nilai suhu pada tiap perlakuan ( $^{\circ}\text{C}$ )

Ulangan	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3
1	27,4	26,8	26,7
2	27,2	26,5	26,5
3	27,7	26,7	26,6
4	27,5	26,5	26,7
5	27,4	26,8	26,6
6	27,5	26,9	26,5
<b>Rata2</b>	<b>27,45</b>	<b>26,7</b>	<b>26,6</b>

#### 4.5. Pengelolaan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, daerah keramba jaring apung Bongas, khususnya pada lokasi pengamatan berpotensi mengakibatkan kematian ikan apabila terjadi peristiwa umbalan. Hal ini dapat digambarkan dari rendahnya konsentrasi oksigen mulai dari kedalaman 4 m dan dasar yang mendekati nol. Selain itu dari pencampuran juga dapat diketahui bahwa pencampuran secara *holomictic* menghasilkan konsentrasi oksigen yang rendah dan  $\text{H}_2\text{S}$  yang tinggi. Tingginya konsentrasi amonia bebas dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) juga berakibat fatal bagi ikan karena amonia bebas dan  $\text{H}_2\text{S}$  bersifat toksik. Rendahnya konsentrasi oksigen terlarut dan tingginya amonia bebas serta  $\text{H}_2\text{S}$  di Waduk Saguling khususnya pada lokasi pengamatan diduga akibat dari suatu proses yang panjang yaitu akumulasi bahan organik yang terdapat di kolom perairan dan yang terakumulasi di dasar perairan yang berlangsung sejak kegiatan KJA di mulai. Sehingga pemanfaatan oksigen terlarut untuk proses dekomposisi bahan-bahan organik juga semakin besar bahkan bisa sampai defisit, hal ini sesuai penelitian Satria (2007) yang mendapatkan hasil bahwa di Waduk Saguling khususnya daerah KJA Bongas mengalami defisit



oksigen pada setiap kedalaman kecuali pada permukaan. Salah satu solusi pengelolaannya adalah dengan mengurangi jumlah KJA yang beroperasi, namun pengurangan KJA yang dilakukan secara drastis akan menimbulkan permasalahan sosial dan ekonomi bagi penduduk di sekitar Waduk Saguling, sehingga pengurangan dapat dilakukan secara bertahap salah satunya dengan tidak memberi izin perpanjangan kepada pemilik KJA yang telah habis izinnnya. Selain pengendalian jumlah KJA di Waduk Saguling, alternatif pengelolaan yang dapat dilaksanakan adalah:

- a. Menyarankan kepada para petani agar tidak melakukan budidaya pada saat peralihan musim kemarau ke musim hujan karena potensi terjadinya umbalan dengan percampuran dari dasar sampai permukaan (*holomictic*) akan besar sehingga potensi kematian ikan dan terjadinya kerugian juga besar.
- b. Melakukan budidaya secara polikultur, sehingga pakan berlebih yang tidak termakan oleh ikan pada net pertama akan dimakan oleh ikan yang berada pada net di bawahnya.
- c. Menggunakan sistem aerasi untuk meningkatkan DO cadangan. Peningkatan konsentrasi oksigen terlarut di perairan dengan sistem aerasi dapat menggunakan kincir yang dapat dipasang disetiap unit KJA atau pada satu lokasi KJA.
- d. Pengendalian pemberian pakan  
Pemberian pakan didasarkan pada bobot ikan, penambahan pemberian pakan harus sesuai dengan penambahan bobot ikan.
- e. Penyedotan sedimen yang merupakan akumulasi semua bahan organik, yang pada kondisi tidak ada oksigen akan menghasilkan gas-gas beracun, seperti  $H_2S$ ,  $CO_2$  dan  $CH_4$ . Alternatif pengelolaan ini memerlukan biaya yang cukup besar, namun sedimen yang telah di sedot dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk lahan pertanian. Sehingga manfaat dari sedimen tersebut diharapkan dapat mengeliminasi besarnya biaya penyedotan



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Konsentrasi oksigen terlarut dipengaruhi oleh cahaya matahari yang dipengaruhi waktu dan kedalaman. Konsentrasi oksigen terlarut berkisar antara 6,26 mg/l sampai 0,74 mg/l. Berdasarkan nilai distribusi vertikal oksigen terlarut, Waduk Saguling, khususnya di titik pengamatan, menggambarkan tipe perairan yaitu *heterograde positif*.

Persen saturasi tertinggi dicapai pada kedalaman 1 m sebesar 82 - 86 %. Pada perlakuan pencampuran air diperoleh hasil bahwa konsentrasi oksigen pada perlakuan 3 merupakan yang terendah yaitu rata - rata 2,2 mg/l. Untuk ammonia bebas diperoleh hasil pada perlakuan 1 yang tertinggi yaitu rata – rata 0,042 mg/l dan terendah pada perlakuan 3 yaitu 0,019 mg/l, dan pada parameter H<sub>2</sub>S diperoleh hasil yaitu perlakuan 3 yang berpotensi memiliki rata – rata konsentrasi yang tertinggi yaitu berkisar antara 0,0064 mg/l sampai 0,03712 mg/l. Dari ketiga parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan 3 (percampuran antara kedalaman 1 m, 3 m, 7 m dan 11 m) (*Holomictic*) dapat berakibat buruk pada ikan yang dibudidayakan karena memiliki konsentrasi oksigen yang rendah , ammonia bebas yang mendekati ambang batas serta H<sub>2</sub>S yang melebihi ambang batas. Dari distribusi suhu secara vertikal dapat diketahui bahwa tidak terdapat lapisan termoklin sehingga daerah keramba jaring apung Bongas mempunyai potensi yang tinggi untuk terjadi umbalan.

Sedangkan untuk perlakuan 1 (percampuran antara kedalaman 1 m dan 3 m) dan 2 (percampuran antara kedalaman 1 m, 3 m dan 7 m) (*meromictic*) mungkin tidak menyebabkan kematian ikan tetapi pertumbuhan ikan akan terganggu meskipun oksigen terlarut sudah diatas baku mutu tetapi masih di bawah 5 mg/l. Selain itu energi yang dihasilkan digunakan untuk mempertahankan diri dari lingkungan yang kurang mendukung (NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>S yang melebihi baku mutu).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## 5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian dengan topik yang sama, tetapi dengan waktu pengamatan berbeda. Yaitu pada waktu malam hari.
2. Pada pengamatan H<sub>2</sub>S sebaiknya menggunakan metode *spektrofotometri* karena ketelitiannya lebih baik dari metode *iodometri*.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA), American Water Work Association dan Water Pollution Control Federation. 1998. Standard methods for examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup> ed. American Public Health Association. Washington DC.
- Asmawi, Suhaili. 1983. *Pemeliharaan Ikan dalam Karamba*. Gramedia. Jakarta.
- Bagian Monitoring Waduk Saguling. 2004. Laporan hasil pemantauan kualitas air Waduk Saguling. Indonesia Power. Tidak dipublikasikan
- Boyd, C. E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station. Alabama. USA.
- Boyd, C. E. 1982. Water quality in ponds for aquaculture. 4<sup>th</sup> Printing. Auburn University Agricultural Experiment Station. Alabama. USA
- Cole, G. A. 1983. Textbook of limnology. 3<sup>rd</sup> ed. Waveland Press. USA.
- Connell, D. W dan G. J. Miller. 1995. Kimia dan ekotoksikologi pencemaran. Penerjemah : Yanti Koestoer. UI-Press. Jakarta.
- Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Bandung. 2006. Data Budidaya Ikan Kelompok Jaring Apung di Waduk Saguling. Bandung
- Effendi, H. 2003. Telaahan kualitas air bagi pengelola sumberdaya dan lingkungan perairan. Kanisius. Yogyakarta. 258 p.
- Garno, Y. S. 2000. Status dan strategi pengendalian pencemaran Waduk multiguna Cirata, p.126-139. *in* Peningkatan kualitas dan pemanfaatan danau dan waduk berkelanjutan dalam pendapatan asli daerah. Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk, 7 November 2000, Bandung, Indonesia. Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian, UNPAD, Bandung, Indonesia.
- Garno, Y. S. 2004. Biomanipulasi, Paradigma Baru Dalam Pengendalian Limbah Organik Budidaya Perikanan di Waduk dan Tambak. [http://www.iptek.net.id/ind/?ch=infopop&link=0302606284653\\_orasi\\_ilmiah\\_yudigarno.htm](http://www.iptek.net.id/ind/?ch=infopop&link=0302606284653_orasi_ilmiah_yudigarno.htm) (25 Agustus 2007, pukul 14.30 WIB)
- Goldman, G. R dan A. J. Horne. 1983. Limnology. McGraw Hill Book Company.
- Hadi, A. 2005. Prinsip pengelolaan pengambilan sampel lingkungan. Gramedia. Jakarta
- Hartita. 2006. Studi kandungan bahan organik di perairan yang dipengaruhi aktivitas jaring apung di Waduk Saguling, Jawa Barat. Skripsi (tidak

dipublikasikan). Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor.

KLH, 2004. Strategi Nasional dan Rencana Aksi Pengelolaan Lahan Basah Indonesia. [www.dephut.go.id/INFORMASI/PHPA/PHKA/NSAP2004.pdf](http://www.dephut.go.id/INFORMASI/PHPA/PHKA/NSAP2004.pdf) (25 Agustus 2007, pukul 14.30 WIB).

Khairuman, dan K. Amri. 2005 . Budidaya Ikan Nila Secara Intensif. Agromedia pustaka. Jakarta. 145p.

Krismono, A Sarnita dan A. Rukyani. 1996. 1600 ton ikan mati di Waduk Jatiluhur. Warta Penelitian Perikanan Indonesia. 1 (1): 5--7

Masution, Z, 2000. Analisis kelembagaan dan perilaku petani ikan dalam mengelola lingkungan perairan waduk (Studi kasus di perairan Waduk Jatiluhur, Jawa Barat). Tesis Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor (tidak dipublikasikan)

Mastiti, A. S, Krismono dan E. S. Kartamihardja. 2001. Dampak budidaya dalam keramba jaring apung terhadap peningkatan unsur N dan P di perairan Waduk Saguling, Cirata, dan Jatiluhur. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia. 7(2):22-30.

Mastiti, A S dan Krismono. 2003. Indikator Umbalan Dari Aspek kualitas Air di Perairan Waduk Djuanda, Jatiluhur - Jawa Barat. Jurnal Perikanan Indonesia. 9(4): 73 – 83.

Octaviany, M. J. 2005. Fluktuasi kandungan oksigen terlarut selama 24 jam pada lokasi karamba jaring apung ciputri di Waduk Cirata, Kabupaten Cianjur. Skripsi (tidak dipublikasikan). Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor.

*Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Sekretaris Negara Republik Indonesia Jakarta.*

Satria, KD. 2007. Kajian Oksigen Terlarut Selama 24 Jam pada Lokasi Karamba Jaring Apung di Waduk Saguling, Kabupaten Bandung. Skripsi (tidak dipublikasikan). Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor

Sukimin, S. 2004. Studi perikanan jaring terapung di Waduk Saguling dan Cirata : Dampak dan daya dukung perairan. Proyek Pengembangan Biologi Tropika Indonesia. SEAMEO BIOTROP. Bogor. 69 h.

Surachman. 2003. Kualitas air waduk Saguling selama periode 1997-2002. Skripsi (tidak dipublikasikan). Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor.

- Wardoyo, S.T.H. 1975. *Pengelolaan Kualitas Air. Proyek Peningkatan Mutu Perguruan Tinggi*. Institut Pertanian Bogor. 41 hal.
- Welch, P. S. 1952. *Limnology*. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London. 538p.
- Wetzel, Robert G. 1983. *Limnology*. Second edition. CBS College Publishing. United States of America.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology. Lake and river ecosystems*. P. 120-164. 3<sup>rd</sup> ed. Academic Press. San Diego, Ma. 1006p.
- Widyastuti, E. 2004. Ketersediaan oksigen terlarut selama 24 jam secara vertikal pada lokasi perikanan karamba jaring apung di Waduk Jatiluhur, Purwakarta. Skripsi (tidak dipublikasikan). Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor
- Wright, *et al*, 2001. *Nitrogen Excretion*. Academic Press. New York.
- Zahidah. 2006. Dinamika fitoplankton di Waduk Cirata dalam kaitannya dengan produktifitas primer perairan. Disertasi. Program Pascasarjana. UNPAD. Bandung.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

# LAMPIRAN

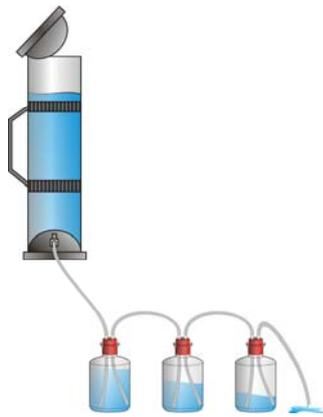
## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

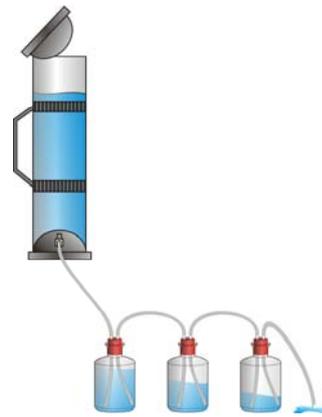
Lampiran 1. Cara percampuran air

Dimisalkan air yang di campur adalah kedalaman 1 m dan 2 m. Langkah – langkah percampuran adalah sebagai berikut :

1. Ambil air pada kedalaman 1 m dengan *Van Dorn Water Sample* dan alirkan pada botol *tren sample*.
2. Ambil air pada kedalaman 2 m dengan *Van Dorn Water Sample* dan alirkan pada botol *tren sample*.

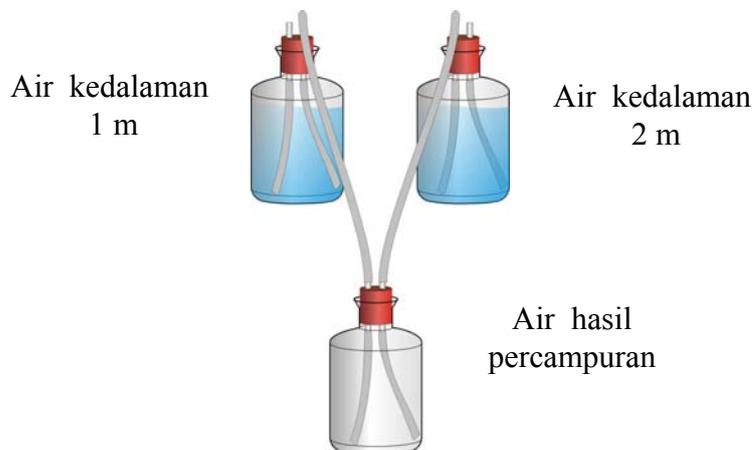


Air pada kedalaman 1 m



Air pada kedalaman 2 m

3. Ambil botol pertama pada rangkaian botol *tren sample* pada setiap kedalaman (1 m dan 2 m).
4. Lalu siapkan botol yang sudah diberi sumbat dan selang.
5. Selanjutnya alirkan botol yang sudah diambil dari rangkaian (poin 3) ke botol kosong (poin 4) dengan selang yang sudah disiapkan. Campur sesuai dengan komposisi yang diinginkan (50% : 50%)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 2. Prosedur pengukuran parameter kualitas air (APHA, 1998)

- Prosedur pengukuran Amonia Total
  1. Pipet 25 ml sampel air yang sudah disaring ke dalam *Bleaker glass* 100 ml
  2. Tambahkan 1 ml *Phenol Solution*, aduk
  3. Tambahkan 1 ml *Sod- Nitroposside*
  4. Tambahkan 2,5 ml *Oxidizing Solution*, aduk rata
  5. Simpan / biarkan selama 1 jam tutup dengan Alumunium Foil
  6. Ukur dengan Spectrophotometer pada panjang gelombang ( 640 nm).

- Prosedur pengukuran Amonia Bebas

$$\% \text{ amonia tak-terioisasi (Amonia bebas)} = \frac{100}{1 + \text{anti log}(pKa - pH)}$$

Keterangan :

pKa : konstanta logaritma negatif yang bergantung pada suhu

Suhu (°C)	5	10	20	25	30
pKa	9,90	9,73	9,40	9,24	9,09

- Prosedur pengukuran *Dissolve Oxygen* (DO)
  1. Ambil air sampel ke dalam botol BOD sampai penuh dan tutup, hindari adanya gelembung udara
  2. Tambahkan sulfamic acid 0,5 ml (10 tetes) ke dalam botol BOD 125 ml
  3. Tambahkan 1 ml (20 tetes) larutan MnSO<sub>4</sub>
  4. Tambahkan 1 ml (20 tetes) larutan NaOH + KI, kemudian tutup, aduk (bolak-balik) diamkan sampai mengendap
  5. Setelah mengendap tambahkan 1 ml (20 tetes) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat atau sampai endapan larut
  6. Pipet 50 ml air contoh dari botol BOD ke dalam erlenmeyer

7. Titrasi dengan Na-Thiosulfat sampai berwarna kuning muda, tambahkan amium 2-3 tetes. Teruskan sampai tidak berwarna. Catat ml titran yang terpakai

Perhitungan :

$$O_2 \text{ (mg/l)} = \frac{(\text{tiosulfat(ml)}) \times (\text{tiosulfat(N)}) \times 8000}{\text{sampel(ml)} \times \frac{\text{botolBOD(ml)} - \text{reagenterpakai(ml)}}{\text{botolBOD(ml)}}$$

Keterangan :

N = Normalitas Tiosulfat

- Prosedur pengukuran *Hydrogen Sulfida* (H<sub>2</sub>S)
  1. Ambil air sampel ke dalam botol sampel sampai penuh dan tutup, hindari adanya gelembung udara
  2. Tambahkan Zn Acetat 3- 4 tetes / 100 ml
  3. Ambil ambil air yang berada di atas endapan.
  4. Ambil endapan dan masukkan ke tabung erlenmeyer.
  5. Masukkan 2 ml HCl 6 N.
  6. Titrasi dengan Iodine sampai berwarna coklat (**a ml**)
  7. Tetesi Amylum ( 2 – 3 tetes ) sehingga berwarna biru.
  8. Titrasi Tiosulfat sampai berwarna putih jernih (**b ml**).
  9. hitung dengan persamaan:

Perhitungan :

$$ml_{-H_2S} = \frac{(aml \times \text{Normalitas}_{-Iodine}) - (bml \times \text{Normalitas}_{-tiosulfat})}{ml_{-Sampel}} \times 16000$$



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



### Lampiran 3. Penentuan nilai batas bawah pada pengukuran H<sub>2</sub>S

Langkah – langkah menentukan batas bawah yaitu:

1. Asumsikan beda pemakaian iod dan tio adalah 0,1 ml.
2. Masukkan nilai yang didapat kedalam rumus pengukuran H<sub>2</sub>S.

$$ml_{-H_2S} = \frac{(aml \times Normalitas_{-Iodine}) - (bml \times Normalitas_{-tiosulfat})}{ml_{-Sampel}} \times 16000$$

Contoh:

Iodin	Tio	N x ml Iod	N x ml Tio	Hasil
0,2	0,1	0,00404	0,0025	0,09856
0,3	0,2	0,00606	0,005	0,06784
0,4	0,3	0,00808	0,0075	0,03712
<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0101</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0064</b>
0,6	0,5	0,01212	0,0125	-0,02432
0,7	0,6	0,01414	0,015	-0,05504
0,8	0,7	0,01616	0,0175	-0,08576
0,9	0,8	0,01818	0,02	-0,11648
1,0	0,9	0,0202	0,0225	-0,1472
1,1	1	0,02222	0,025	-0,17792
1,2	1,1	0,02424	0,0275	-0,20864
1,3	1,2	0,02626	0,03	-0,23936
1,4	1,3	0,02828	0,0325	-0,27008
1,5	1,4	0,0303	0,035	-0,3008
1,6	1,5	0,03232	0,0375	-0,33152
1,7	1,6	0,03434	0,04	-0,36224
1,8	1,7	0,03636	0,0425	-0,39296
1,9	1,8	0,03838	0,045	-0,42368
2,0	1,9	0,0404	0,0475	-0,4544
2,1	2	0,04242	0,05	-0,48512
2,2	2,1	0,04444	0,0525	-0,51584
2,3	2,2	0,04646	0,055	-0,54656
2,4	2,3	0,04848	0,0575	-0,57728
2,5	2,4	0,0505	0,06	-0,608
2,6	2,5	0,05252	0,0625	-0,63872
2,7	2,6	0,05454	0,065	-0,66944
2,8	2,7	0,05656	0,0675	-0,70016
2,9	2,8	0,05858	0,07	-0,73088

3. Maka diperoleh hasil 0,0064 adalah batas bawah yang terukur dari metodologi iodometri dengan menggunakan normalitas iodine 0,0202 dan normalitas tiosulfat 0,025.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Lampiran 4. Baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
<b>FISIKA</b>						
Tempelatur	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alaminya
<b>KIMIA ANORGANIK</b>						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH <sub>3</sub>
Belereng sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H <sub>2</sub> S <0,1 mg/L

**Keterangan:**

Kelas I : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

Kelas II : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan ,air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

Kelas III : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut;

Kelas IV : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi,pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 2 September 1984, merupakan anak keempat dari empat bersaudara pasangan bapak Soko dan ibu Yatemi. Pendidikan formal pertama diawali dari TK. Sekar Mulyo (1990), SD Menganti I (1991), SMPN 1 Bungah (1997), SMUN 1 Manyar (2000).

Pada tahun 2003 penulis diterima di IPB melalui jalur USMI (Undangan Seleksi Masuk IPB). Penulis diterima di Institut Pertanian Bogor, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan dengan program studi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan . Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi HIMASPER (Himpunan Mahasiswa Menejemen Sumberdaya Perairan) periode 2005-2006 serta mengikuti berbagai seminar yang diselenggarakan di lingkungan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, penulis menyusun skripsi dengan judul **“Pengaruh Percampuran Berbagai Kolom Air Terhadap Kadar DO (*Dissolved Oxygen*) di Karamba Jaring Apung (KJA) di Waduk Saguling, Kabupaten Bandung”**.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.