

PENGARUH PERCAMPURAN BERBAGAI KOLOM AIR TERHADAP KADAR DO (*Dissolved Oxygen*) DI KERAMBA JARING APUNG (KJA) DI WADUK SAGULING, KABUPATEN BANDUNG¹

(The Influence of Various Water Columns Mixing to DO (*Dissolved Oxygen*) at Floating Cage Culture (KJA) Area in Saguling Reservoir, Bandung Regency)

Enan M. Adiwilaga²

ABSTRAK

Waduk Saguling dimanfaatkan untuk KJA dengan pola intensif yang menyebabkan terjadinya penumpukan limbah bahan organik sisa metabolisme dan sisa pakan. Proses dekomposisi limbah tersebut berpotensi meningkatkan laju pemanfaatan oksigen hingga melebihi laju produksinya. Dengan demikian, keseimbangan kandungan oksigen terlarut (DO) perairan tidak stabil serta dapat menimbulkan gas-gas beracun, seperti H₂S, CO₂, dan CH₄. Apabila suatu saat terjadi pembalikan massa air ke permukaan maka akan membahayakan kehidupan organisme perairan bahkan dapat mengakibatkan kematian massal ikan yang dibudidayakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pencampuran air pada berbagai kedalaman kolom air terhadap beberapa parameter kimia (DO, NH₃, H₂S, dan pH) dan fisika (suhu) pada lokasi KJA Waduk Saguling. Pada penelitian ini terdapat tiga perlakuan, yaitu perlakuan 1 pencampuran antara kedalaman 1 m dan 3 m, pada perlakuan 2 pencampuran antara 1 m, 3 m, dan 7 m, sedangkan pada perlakuan 3 pencampuran air antara kedalaman 1 m, 3 m, 7 m, dan 11 m. Berdasarkan nilai distribusi vertikal oksigen terlarut, Waduk Saguling, khususnya di titik pengamatan, menggambarkan tipe perairan *heterograde* positif. Dari ketiga parameter DO, amonia bebas, dan H₂S, 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 H₂S 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.

Kata kunci: oksigen terlarut (DO), pencampuran air (*mixing*), Waduk Saguling

ABSTRACT

Saguling Reservoir is used intensively for floating cage fish culture that could raise deposit organic matter. Decomposition process of the deposit organic matter will potentially increase oxygen demand more than its production rate. Consequently, unstable balance of dissolved oxygen (DO) and boost up toxic gasses, such H₂S, CO₂, and CH₄ will take place. If upwelling happen, it would be hazardous to living organism even could cause fish culture dead mass. The aim of this research was to learn the influence of water mixing to several water columns toward several chemical parameters (DO, NH₃, H₂S, and pH) and physics parameter (temperature) in floating cage area of Saguling Reservoir. There were 3 treatment. Treatment 1 was mixing from 1 m and 3 m depth, treatment 2 was mixing from 1 m, 3 m, and 7 m depth, also treatment 3 was mixing from 1 m, 3 m, 7 m, and 11 m depth. Based on vertical distribution of DO, Saguling Reservoir, especially in the point observation, has positive heterograde type of waters. From the three parameters of DO, NH₃-N, and H₂S, can be concluded that treatment 3 (*holomictic*) can give bad impact because of low oxygen concentration, NH₃-N near with the threshold value, and H₂S over the threshold value. No thermocline layer shows high potency in making upwelling.

Keyword: dissolved oxygen (DO), Saguling Reservoir, water mixing

PENDAHULUAN

Waduk Saguling yang terletak di Kabupaten Bandung, Propinsi Jawa Barat merupakan bagian dari sistem waduk cascade yang berada di DAS Citarum. Pada awalnya Waduk Saguling dimanfaatkan 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.

Keramba jaring apung biasanya menerapkan sistem perikanan intensif yang mengandalkan pakan buatan sebagai pakan utama

¹ Diterima 10 Mei 2009 / Disetujui 25 Juni 2009.

² Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

ikan. 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 urin.

Selain limbah pakan, 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, oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri pengurai akan meningkat. Hal ini menyebabkan lapisan anoksik akan menebal dan sebaliknya lapisan oksik akan menipis.

Umbalan merupakan peristiwa pembalikan massa air dari lapisan dasar ke lapisan permukaan. Pada saat terjadi umbalan dapat terjadi perubahan beberapa parameter kualitas air diantaranya rendahnya nilai kecerahan dan oksigen terlarut serta 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. Contoh kasus yang telah dialami adalah terjadinya kematian ikan secara massal pada tahun 2003 di Waduk Djuanda 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 pengaruh pencampuran air pada berbagai kedalaman kolom air terhadap beberapa parameter kimia (DO, NH_3 , H_2S , pH) dan parameter fisika (suhu).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada lokasi KJA Bongas, Waduk Saguling, Kabupaten Bandung, Jawa Barat pada 1 Maret 2008 setelah sebelumnya dilakukan penelitian pendahuluan. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Produktivitas Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan,

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Metode

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 , dan H_2S (Eaton *et al.* 2005). Sebelum melaksanakan penelitian inti dilakukan penelitian pendahuluan. Pada penelitian pendahuluan ini dilakukan pengukuran oksigen terlarut (DO) secara vertikal 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 yang didapat dari penelitian pendahuluan, 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%), dan 3) pencampuran antara kedalaman 1 m, 3 m, 7 m dan 11 m dengan komposisi (25%:25%:25%:25%).

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kualitas air ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, dan akan disajikan secara deskriptif. Selain analisis secara deskriptif, parameter utama (DO) dikaitkan dengan parameter pendukung (suhu, pH, NH_3 , dan H_2S) serta dengan baku mutu yaitu Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Penentuan tipe dilakukan berdasarkan data oksigen terlarut yang didapat kemudian dibandingkan dengan tipe distribusi vertikal oksigen terlarut menurut Goldman dan Horne (1983). 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

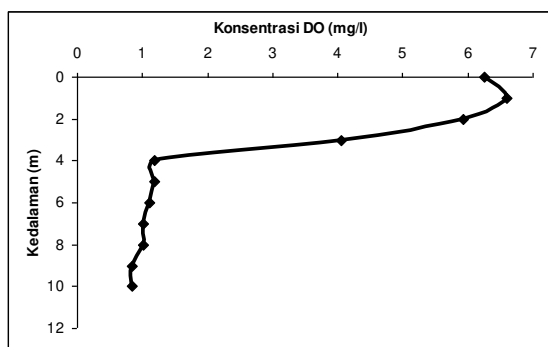
lebih kecil daripada konsentrasi oksigen secara teoritis. Selanjutnya kondisi super saturasi terjadi bila konsentrasi oksigen terlarut lebih besar daripada konsentrasi oksigen secara teoritis. Tingkat kejenuhan oksigen di perairan dinyatakan dalam persen saturasi (Jeffries dan Mills 1996 in Effendi 2003).

HASIL PENELITIAN

Hasil

Distribusi vertikal DO, NH₃, H₂S, pH, dan suhu

Konsentrasi oksigen terlarut secara umum cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 1). Berdasarkan data yang diperoleh, konsentrasi oksigen terlarut rata-rata pada lapisan permukaan adalah 6,26 mg/l dan di kedalaman 12 m adalah 0,74 mg/l.

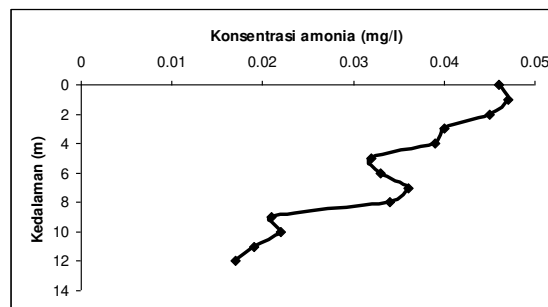


Gambar 1. Distribusi vertikal konsentrasi oksigen terlarut (kedalaman maksimal 12 m)

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. Menurut Lawson dan Anderson (2007), kondisi anoksik (konsentrasi DO < 1 mg/L) sering ditemukan di dekat sedimen. Kondisi anoksik di dekat sedimen bahkan dapat terjadi pada danau yang dangkal bila tidak ada difusi yang efektif dari atmosfer.

Gambar 2 menunjukkan bahwa distribusi vertikal NH₃ mengalami penurunan pada setiap penambahan kedalaman. Nilai NH₃

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.



Gambar 2. Distribusi vertikal konsentrasi NH₃

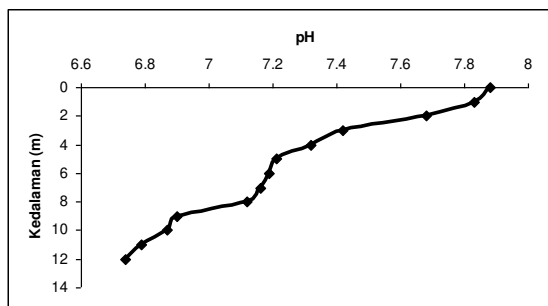
Konsentrasi NH₃ yang tinggi pada permukaan waduk disebabkan oleh pH yang juga tinggi pada permukaan waduk, dan nilainya semakin menurun setiap penambahan kedalaman. Dapat dikatakan bahwa NH₃ berkorelasi positif dengan kandungan pH perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wetzel (1983) bahwa nilai amonia bebas (*un-ionized ammonia* (NH₃)) dan ammonium (*ionized ammonia* (NH₄⁺)) dipengaruhi oleh temperatur dan pH perairan.

Konsentrasi H₂S pada kedalaman 0–9 m adalah antara 0 mg/l sampai 0.0064 mg/l. Konsentrasi H₂S 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 H₂S (Effendi 2003).

Secara umum kandungan H₂S tersebut berbahaya bagi kelangsungan hidup ikan di keramba karena lebih besar dari 0.002 mg/l. Kandungan H₂S yang diperkenankan untuk kegiatan perikanan tidak lebih dari 0.002 mg/l (Effendi 2003).

Kisaran nilai pH rata-rata yang diperoleh selama penelitian adalah berkisar antara 7.88 sampai 6.74. Nilai tertinggi diperoleh di permukaan dan nilai terendah di dasar perairan. Bila dilihat dari kisaran nilai dan distribusi pH pada setiap kedalaman, nilai pH menun-

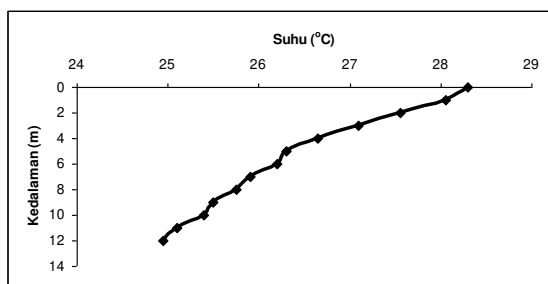
jukan penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 3).



Gambar 3. 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. Selain itu pH tidak terlalu mengalami fluktuasi karena daerah Saguling memiliki karakteristik yang unik, yaitu merupakan daerah kapur (CaCO_3), sehingga diperkirakan mempunyai nilai alkalinitas yang tinggi. Pada umumnya nilai pH yang terukur masih dalam kisaran pH yang baik bagi perikanan, yaitu sebesar 6–9 (Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 kelas III).

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama penelitian, diperoleh data suhu berkisar antara 28.3 sampai 24.95 °C (Gambar 4). Secara umum, suhu memiliki kecenderungan menunjukkan penurunan sejalan dengan bertambahnya kedalaman.



Gambar 4. Distribusi vertikal suhu

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. Gambar 4 mengindi-

kasikan bahwa lapisan termoklin tidak terdapat pada perairan Waduk Saguling, sehingga memungkinkan untuk terjadinya pengadukan.

Akibat pencampuran massa air terhadap kualitas air yang diukur

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa konsentrasi oksigen terlarut cenderung menurun (Tabel 1). Dari perlakuan 1 sampai 3, oksigen yang terukur kurang dari 5 mg/l. Konsentrasi oksigen seperti ini dapat menimbulkan efek yang kurang baik bagi budidaya ikan di daerah keramba. Hal ini didukung oleh Kurup *et al.* (1998) in Gale *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa pada perairan yang terstratifikasi, deplesi oksigen dapat menyebabkan anoksia dan memicu stres pada organisme akuatik.

Tabel 1. Kisaran dan nilai rata-rata beberapa parameter kualitas air pada masing-masing perlakuan

Parameter	Perlakuan 1		Perlakuan 2		Perlakuan 3	
	Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata
DO (mg/l)	4.06–4.74	4.40	2.71–3.72	-	2.03–2.71	2.20
NH ₃ (mg/l)	0.027–0.060	0.042	0.021–0.058	0.036	0.012–0.029	0.019
H ₂ S (mg/l)	< 0.0064–0.03712	-	< 0.0064–0.03712	-	< 0.0064–0.03712	-
pH	7.6–7.64	7.62	7.43–7.45	7.44	7.13–7.15	7.14
Suhu (°C)	27.2–27.7	27.45	26.5–26.9	26.7	26.5–26.7	26.6

Apabila dilihat dari ketiga perlakuan yang diberikan, maka yang berpotensi berakibat buruk apabila terjadi pembalikan massa air adalah perlakuan 3. 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. Konsentrasi oksigen yang rendah ini sangat berbahaya bagi ikan yang dibudidayakan di keramba karena berada di bawah 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 Tahun 2001 kelas III) untuk kepentingan perikanan

yang menganjurkan batas minimal konsentrasi oksigen terlarut sebesar 3 mg/l.

Berdasarkan penelitian didapatkan rata-rata konsentrasi NH_3 pada setiap permukaan waduk adalah sebesar 0.033 mg/l. Konsentrasi ini lebih tinggi dari baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 kelas III untuk kepentingan perikanan yang menganjurkan batas maksimal konsentrasi amonia bebas sebesar 0.02 mg/l. Hal ini tentu sangat merugikan kegiatan budidaya KJA di Waduk Saguling yang kegiatannya berada pada lapisan permukaan perairan waduk. Apabila dilihat dari kisaran rata-rata tersebut (Tabel 1), 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 yang diberlakukan.

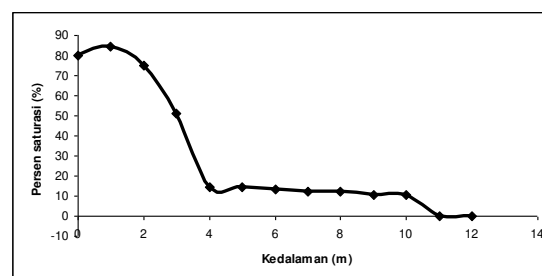
Berdasarkan hasil yang diperoleh (Tabel 1) dapat diketahui bahwa konsentrasi H_2S berkisar antara <0.0064 mg/l sampai 0.03712 mg/l. Nilai H_2S semakin bertambah besar dari perlakuan 1 ke perlakuan 3. Hal ini diduga karena perlakuan 3 merupakan campuran dari kedalaman 1, 3, 7, dan 11 m dimana kedalaman 11 m memiliki konsentrasi H_2S yang cukup tinggi. Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa perlakuan 2 dan 3 memiliki konsentrasi H_2S yang rata-rata di atas baku mutu yang ditetapkan, yaitu 0.002 mg/l (Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 kelas III).

Berdasarkan hasil pengukuran pH pada tiap perlakuan (Tabel 1), 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 pH cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman yang dicampur. Hal ini dapat disebabkan oleh keasaman yang semakin bertambah seiring bertambahnya kedalaman (Gambar 3). Pada umumnya nilai pH yang terukur masih dalam kisaran pH yang baik bagi perikanan, yaitu sebesar 6–9 (Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 kelas III).

Berdasarkan hasil pengukuran suhu pada tiap perlakuan diketahui bahwa nilai suhu berkisar antara 26.5–27.7 °C. Nilai suhu pada perlakuan 1 sampai 3 cenderung menurun, hal

ini diduga karena berbedanya jumlah kedalaman yang dicampur, dimana perlakuan 1 paling sedikit dan perlakuan 3 yang paling banyak. Selain itu diduga karena distribusi vertikal suhu dimana semakin dalam semakin rendah (Tabel 1 dan Gambar 4). Secara umum suhu yang terukur masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah (Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 kelas III) yaitu $27\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

Berdasarkan data yang diperoleh, kondisi super saturasi tidak terjadi (Gambar 5) selama pengamatan dilakukan. Hal ini diduga terjadi karena pengamatan dilakukan pada jam 11.30 WIB sampai 13.00 WIB.



Gambar 5. Persen saturasi oksigen rata-rata

Pada periode tersebut, proses fotosintesis belum terjadi secara maksimum dan belum terjadi penumpukan oksigen terlarut sebagai hasil dari fotosintesis. Hal ini dapat 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%.

Pembahasan

Berdasarkan nilai distribusi vertikal oksigen terlarut rata-rata selama pengamatan, Waduk Saguling menunjukkan tipe *heterograde positif*. Secara umum tipe *heterograde positif* menggambarkan pola distribusi vertikal oksigen pada pagi hingga sore hari. Kondisi ini diduga terjadi karena fitoplankton melakukan kegiatan fotosintesis secara efektif pada kolom air beberapa meter di bawah lapisan permukaan. Oleh karena itu, konsentrasi oksigen pada kolom air ini lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi oksigen di permukaan dan di lapisan kolom air di bawahnya. Tipe demikian

menggambarkan tipe perairan eutrofik. Samal *et al.* (2009) menguraikan bahwa profil suhu dan DO dapat memberikan informasi yang memadai mengenai kemungkinan terjadinya turbulensi, potensi pengadukan, dan deplesi oksigen di lapisan hipolimnion, yang juga dapat memberikan gambaran atau indikasi mengenai kesehatan badan air atau waduk

Daerah keramba jaring apung Bongas, khususnya pada lokasi pengamatan berpotensi mengakibatkan kematian ikan apabila terjadi peristiwa umbalan. Hal ini merupakan salah satu konsekuensi dari fenomena ekologis yang terjadi di lokasi tersebut. Kematian ikan dapat terjadi apabila lapisan hipoksia atau kolom air dengan kandungan oksigen minimum atau bahkan anoksik teraduk hingga ke lapisan permukaan. Lapisan hipoksia ini muncul ketika perairan berada pada kondisi stagnan dan terstratifikasi. Kondisi lingkungan yang mendukung munculnya kondisi tersebut adalah air yang tenang, cuaca yang hangat, dan langit yang cerah. Pada kondisi air yang tenang, sangat kecil energi kinetik yang ditransfer dari atmosfer ke kolom air, sehingga kekuatan pengadukan vertikal relatif kecil. Cuaca yang cerah memberikan suhu yang hangat di permukaan air akibat meningkatnya transfer panas yang bersifat radiatif dan konduktif. Apabila kolom perairan berada pada kondisi terstratifikasi secara stabil, pengadukan secara vertikal akan berkurang dan peristiwa pencampuran secara vertikal juga berkurang (Loewen *et al.* 2007).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama penelitian tidak dijumpai adanya lapisan termoklin, atau tidak menunjukkan adanya stratifikasi. Tetapi, sekalipun demikian, waduk yang relatif dalam ini memunculkan potensi hipoksia di lapisan perairan dasarnya. Oleh karena itu, peristiwa pengadukan yang akan memindahkan massa air miskin oksigen di dasar ke permukaan sangat perlu diperhatikan. Yang perlu diwaspadai adalah bahwa apabila suhu udara di atas permukaan air relatif lebih rendah dari suhu air, maka pengadukan vertikal dapat terjadi. Umumnya hal ini terjadi pada malam hari, sekali pun hampir tidak ada angin. Terlebih lagi apabila ada angin yang bertiup dan menimbulkan pergolakan air,

umbalan akan sangat mungkin terjadi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu yang sangat kritis adalah pukul 20.00 hingga dini hari (Loewen *et al.* 2007).

Sebagaimana dipahami bersama, ekosistem akuatik memiliki peran luar biasa dalam menjamin kualitas dan kuantitas air, masa kini dan masa mendatang. Tetapi karena ekosistem perairan, seperti juga halnya Waduk Saguling telah mengalami kerusakan, maka proses restorasi, baik secara alami ataupun antropogenik harus segera ditingkatkan. Kondisi kesehatan atau kualitas ekosistem perairan memegang peranan paling penting dalam kaitannya dengan kualitas dan ketersediaan air yang harus didistribusikan untuk berbagai kepentingan. Meskipun untuk mengembalikan kondisi ekosistem perairan sebagaimana semula sangatlah tidak mungkin, upaya restorasi ekologis patut tetap dilakukan (Cairns 2006).

Berkaitan dengan kondisi perairan di Waduk Saguling, sebagaimana diuraikan terdahulu, deplesi oksigen terjadi karena adanya akumulasi bahan organik di dasar perairan. 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. Oleh sebab itu, pengurangan dapat dilakukan secara bertahap, dimulai dengan tidak diberikannya izin perpanjangan kepada pemilik KJA yang telah habis izinnya. Selain pengendalian jumlah KJA di Waduk Saguling, alternatif pengelolaan yang dapat dilaksanakan adalah sebagai berikut:

- a. Menyarankan kepada para petani agar tidak melakukan budidaya pada saat peralihan musim kemarau ke musim hujan karena besarnya potensi terjadinya umbalan yang menimbulkan pencampuran dari dasar sampai permukaan (*holomictic*), yang akan berpotensi mengakibatkan terjadinya kematian ikan dan kerugian petani ikan.
- 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 dilakukan menggunakan kincir yang dapat dipasang di setiap unit KJA atau pada satu lokasi KJA.
 - d. Melakukan pengendalian pemberian pakan. Pemberian pakan didasarkan pada bobot ikan, penambahan pemberian pakan harus sesuai dengan penambahan bobot ikan.
 - e. Melakukan penyedotan sedimen yang merupakan akumulasi semua bahan organik, yang pada kondisi tidak ada oksigen akan menghasilkan gas-gas beracun, seperti H₂S, CO₂, dan CH₄. Alternatif pengelolaan ini memerlukan biaya yang cukup besar, namun sedimen yang telah disedot dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk lahan pertanian. Dengan demikian, manfaat dari sedimen tersebut diharapkan dapat mengeliminasi besarnya biaya penyedotan.

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai distribusi vertikal oksigen terlarut, Waduk Saguling tergolong tipe perairan *heterograde positive*. Perlakuan 3 (*holomictic*) dapat memberikan gambaran akibat buruk pada ikan yang dibudidayakan berdasarkan konsentrasi oksigen, amonia, bebas H₂S yang kritis. Konsentrasi oksigen, amonia, bebas H₂S pada perlakuan 1 dan 2 (*meromictic*) mungkin tidak menyebabkan kematian ikan tetapi akan mengganggu pertumbuhan ikan karena energi yang dihasilkan digunakan untuk mempertahankan diri dari lingkungan yang kurang mendukung. Tidak terdapatnya lapisan termoklin mengakibatkan tingginya potensi umbalan di daerah keramba jaring apung Bongas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Santoso Raharjo, M.Sc. (alm.) dan Adib Nugroho, S.Pi. atas segala bantuan yang dibe-

rikan dalam melaksanakan penelitian dan menyelesaikan penulisan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cairns JJr. 2006. **Restoring Damaged Aquatic Ecosystems**. The Journal of Social, Political and Economic Studies 31(1): 53-74.
- Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Greenberg AE. APHA. 2005. **Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water**. 21st ed. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation. Washington D.C.
- Effendi H. 2003. **Telaahan Kualitas Air Bagi Pengelola Sumberdaya dan Lingkungan Perairan**. Kanisius. Yogyakarta.
- Gale E, Pattiaratchi C, Ranasinghe R. 2006. **Vertical Mixing Processes in Intermittently Closed and Open Lakes and Lagoons, and The Dissolved Oxygen Response**. Estuarine, Coastal and Shelf Science Journal 69: 205-216.
- Goldman GR, Horne AJ. 1983. **Limnology**. McGraw Hill Book Company.
- Khairuman, Amri K. 2005. **Budidaya Ikan Nila Secara Intensif**. Agromedia pustaka. Jakarta.
- Lawson R, Anderson MA. 2007. **Stratification and Mixing in Lake Elsinore, California: an Assessment of Axial Flow Pumps for Improving Water Quality in a Shallow Eutrophic Lake**. Water research Journal 41: 4457-4467.
- Loewen MR, Ackerman JD, Hamblin PF. 2007. **Environmental Implications of Stratification and Turbulent Mixing in a Shallow Lake Basin**. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 64: 43-57.
- Krismono dan A. S. Nastiti. 2003. **Indikator Umbalan Dilihat dari Aspek Kualitas Air di Perairan Waduk Djuanda, Jatiluhur-Jawa Barat**. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia 9(4): p73-85.
- Samal NR, Mazumdar A, John KD, Peeters F. 2009. **Assessment of Ecosystem Health of Tropical Shallow Waterbodies in Eastern India Using Turbulence Model**. Aquatic Ecosystem Health dan Management 12(2): 215-225.
- Wetzel RG. 1983. **Limnology**. 2nd Edition Saunders College Publishing, Philadelphia, PA.
- Widiyastuti E. 2004. **Ketersediaan Oksigen Terlarut Selama 24 Jam Secara Vertikal pada Lokasi Perikanan Karamba Jaring Apung di Waduk Jatiluhur, Purwakarta**. [Skripsi]. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

