PEMBEBANAN DAN DISTRIBUSI BAHAN ORGANIK DI WADUK CIRATA

Oleh: Lukman dan Hidayat [*)]

Abstrak

Pemanfaatan Waduk Cirata untuk pengembangan budidaya ikan sistem karamba jaring apung (KJA) cenderung berlebihan, sehingga menimbulkan dampak beban pencemaran bahan organik yang cukup tinggi. Penelitian pembebanan bahan organik dan distribusinya telah dilakukan di Waduk Cirata pada bulan Agustus tahun 2000, untuk mengetahui kontribusi sumber-sumber muatan organik dan bebannya pada komponen ekosistem.

Beban organik allochtonus dari inlet (S.Citarum) mencapai 0,234 kg.dt^{-1} atau 7.393 ton per tahun, sedangkan beban organik autochtonus dari sistem KJA rata-rata 6.556 ton per tahun. Pada kolom air terdapat bahan organik total yang berkisar antara 13,9–22,7 mg.l^{-1}, dan pada sedimen terdapat bahan organik total rataan per wilayah antara 152,5–188,6 mg.berat kering g^{-1} sedimen.

Katakunci: Waduk Cirata, bahan organik, sedimen, karamba jaring apung

1. PENDAHULUAN

Waduk Cirata memiliki peranan penting dalam pengembangan budidaya ikan mas di dalam karamba jaring apung (KJA), khususnya untuk wilayah Jawa Barat. Potensi waduk ini sebagai media budidaya ikan telah dimanfaatkan dengan cukup baik, bahkan cenderung berlebihan. Pada tahun 1988 jumlah KJA di waduk Cirata hanya 74 unit dengan produksi 32 ton, pada tahun 1996 telah mencapai 15.289 unit dengan produksi sebesar 25.114 ton dan produksi rata-rata 1,74 ton per unit[1)].

Kondisi perairan waduk Cirata pada saat ini dalam status eutrofik bahkan hipereutrofik, sebagaimana telah diiindikasi-kan oleh Garno dan Adibroto (1999) yang merupakan akibat dari pencemaran bahan organik yang bersumber dari budidaya sistem KJA. Selanjutnya Garno & Adibroto[2)]. Mengemukakan bahwa pasokan bahan organik yang bersumber dari KJA diperkirakan mencapai 198.376.583 kg per tahun(543.497 kg per hari), yang mana jika terdekomposisi secara sempurna akan memberikan pasokan nitrogen (N) dan fosfor (P) masing-masing 8.667.168 kg per tahun (23746 kg per hari) dan 1.239.067 kg per tahun(3395 kg per hari). Sedangkan menurut Krismono *et al* [3)]. penambahan unsur N dan P sebagai akibat kegiatan KJA di Cirata masing-masing sebesar 424,4 – 460,2 kg per hari dan 16,9 – 17,7 kg per hari.

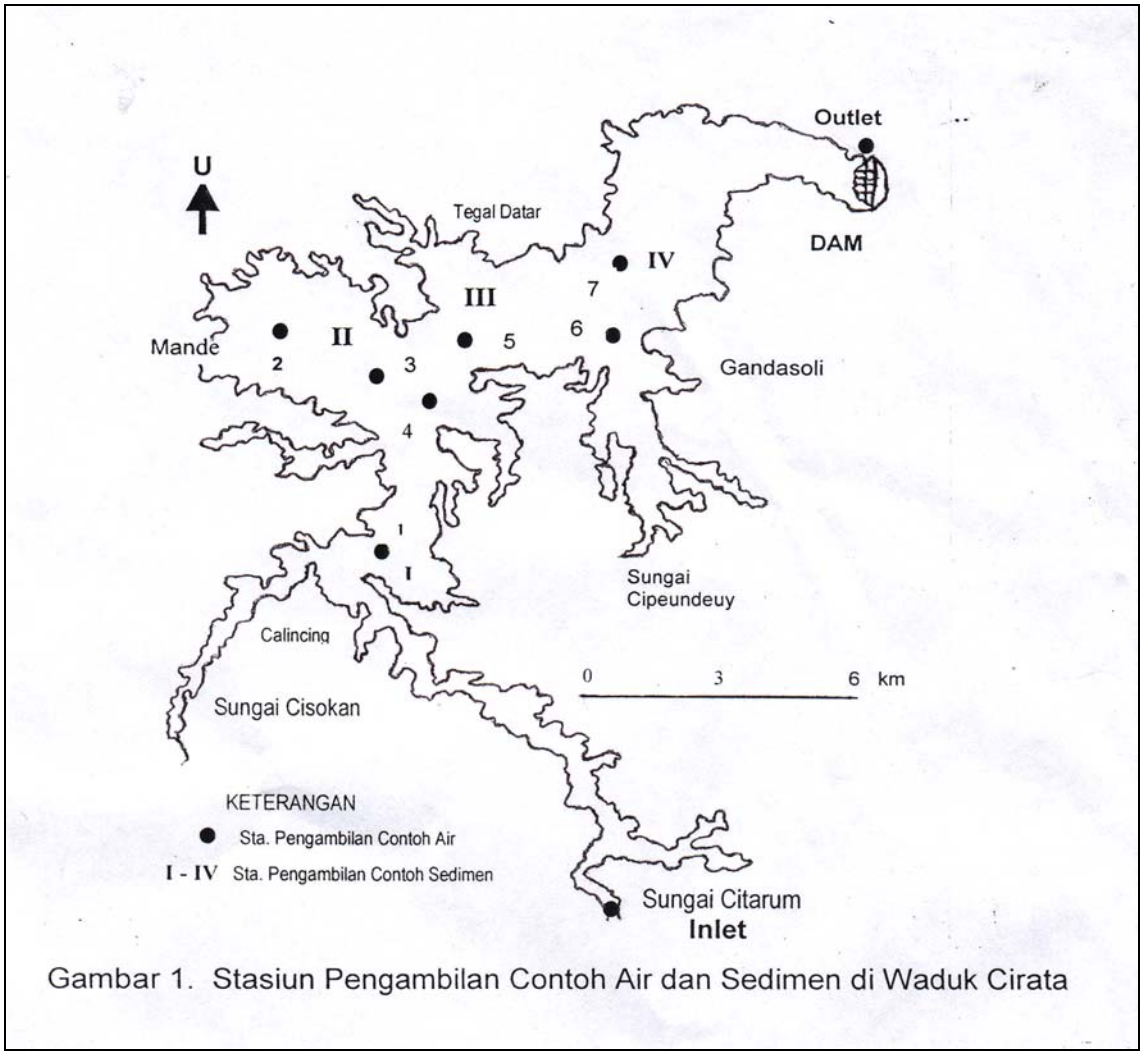
Pada kenyataannya perombakan bahan organik di dalam sistem perairan tidak berlangsung secara segera dan sempurna, yang mana proses pertama yang terjadi adalah penumpukan bahan organik di dasar perairan. Telah dikemukakan pula oleh Kelly[4)]. bahwa limbah padat dari KJA umumnya menembus jaring dan berakumulasi pada sedimen di bawahnya.

Pada tahap tersebut perombakan di dasar perairan akan berlangsung yang akan memanfaatkan oksigen di lapisan hipolimnion waduk secara intensif dan memungkinkan kondisi anaerob serta menghasilkan kondisi tingginya sisa metabolitTelah dilakukan penelitian pembebanan bahan organik dan distribusinya di perairan Waduk Cirata dengan tujuan untuk mengetahui kontribusi sumber muatan organik dan bebannya pada komponen ekosistem

2. BAHAN DAN METODE

Pengambilan contoh sedimen dilakukan pada empat wilayah Waduk Cirata, yaitu wilayah I (Calingcing; 11 titik), II (Mande; 14 titik), III (Tegaldatar; 12 titik), dan IV (Gandasoli; 11 titik). Titik-titik pengambilan contoh ditetapkan melintang perairan waduk, dengan jumlah pengambilan proporsional terhadap luas kedalaman (Gambar 1)

[*)] *Peneliti pada Pusat Penelitian Limnologi -LIPI*



Gambar 1. Stasiun Pengambilan Contoh Air dan Sedimen di Waduk Cirata

Untuk pengambilan contoh sedimen digunakan ekman grab, dengan bukaan 15 x 15 cm^2. Kadar organik ditentukan dengan metode pengabuan pada *muffle furnace* (suhu 600^oC), yang sebelumnya diberi perlakuan asam kuat untuk menghilangkan karbonat[5)].

Parameter organik air ditentukan dari kadar TOM (*Total Organic Matter*), DOM (*Dissolved Organic Matter*), dan POM (*Particulate Organic Matter*) pada lapisan air di bawah wilayah eufotik, yaitu di inlet waduk (Sungai Citarum), wilayah waduk (tujuh stasiun), dan di outlet waduk. Untuk analisis TOM dan DOM digunakan metode titrimetrik $KMnO_4$[6)]. Nilai DOM diperoleh dari air yang sebelumnya telah disaring kertas saring *mollipore* (diameter pori 0,45 μm), sedangkan nilai POM diperoleh dari selisih antara nilai TOM dan DOM.

Untuk mengetahui tingkat pembebanan bahan organik yang bersumber dari KJA, dirunut dari data-data produksi ikan antara tahun 1988 - 1999 yang bersumber dari UPTD Cirata, Dinas Perikanan Jawa Barat[1,7)], dengan jumlah pemberian pakan pada rasio konversi pakan 1,51[2)].

Kualitas air penunjang diukur dan diambil pada tujuh stasiun wilayah waduk, sebagaimana TOM dan DOM. Parameter kualitas air tersebut adalah suhu, pH, kekeruhan, konduktivitas, yang diukur dengan menggunakan WQC (*Water Quality Checker*) merk Horiba tipe U-10, kecerahan menggunakan keping Sechi, sedangkan pengukuran oksigen terlarut menggunakan metode Winkler. Untuk oksigen terlarut

diukur pada dua strata kedalaman, yaitu pada kedalaman 5 m dan 15 m.

Waktu pelaksanaan pengambilan contoh air, sedimen, dan pengukuran beberapa parameter kualitas air dilakukan pada bulan Agustus 2000.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Kualitas Air

Kualitas air permukaan pada stasiun-stasiun penelitian menunjukkan kondisi yang hampir mirip, kecuali kadar oksigen terlarut pada kedalaman 15 meter. Suhu berada pada kisaran 29,5 – 30,7^{o}C, tingkat keasaman (pH) diatas tujuh yang mencirikan perairan alkalin, kekeruhan rendah (maksimum 29 NTU), dan konduktivitas cukup tinggi (>0,202 mS.cm^{-1}) (Tabel 1).

Tingkat kecerahan Waduk Cirata sangat rendah, maksimum 1,20 m. Dari tingkat kecerahan tersebut dapat diprediksi kedalaman eufotik, wilayah aktivitas foto-sintesis masih berlangsung, dengan tingkat penetrasi cahaya 1% dari yang masuk di permukaan. Berdasarkan rumusan Poole & Atkins (1929) dalam Kleppel & Ingram (1982), kedalaman yufotik W.Cirata maksimum 3,25 m. Dengan demikian maka fitoplankton hanya memproduksi sampai kedalaman 3,25 m

Tabel 1. Data Kualitas Air Perairan Waduk Cirata pada Agustus 2000.

Parameter	Stasiun						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Suhu (^{o}C)	29,5	29,7	30,7	30,6	30,2	29,5	30,2
PH	8,29	8,73	8,26	8,33	8,32	7,95	8,86
Kekeruhan (NTU)	10	29	9	12	9	7	6
Konduktivitas (mS.cm^{-1})	0,206	0,209	0,205	0,206	0,204	0,202	0,205
Kecerarahan (m)	1,20	1,00	1,00	1,00	1,05	1,15	1,20
Oksigen terlarut (mg.l^{-1})							
5 m dari permukaan	3,08	3,38	4,00	3,08	3,69	3,38	6,15
15 m dari permukaan	1,23	ta	1,54	2,15	1,85	3,08	2,15

Pada kedalaman 5 m kadar oksigen masih cukup tinggi, dan pada kedalaman 15 m oksigen terlarut masih didapatkan meskipun dalam kadar lebih rendah. Kondisi tersebut menunjukan adanya peranan dari proses pergerakan massa air yang memungkinkan oksigen terlarut tersebar hingga kedalaman 5 m bahkan hingga kedalaman 15 m.

Kadar oksigen terlarut yang terukur masih cukup tinggi, tampaknya ditunjang oleh kondisi perairan Waduk Cirata yang cukup terbuka, baik dalam mendukung proses perkembangan autotrofik maupun terhadap proses-proses agitasi air.

3.2. Pembebanan Organik

Kadar organik terlarut (DOM) tampak lebih dominan dibanding organik partikulat (POM) di dalam menyusun organik total (TOM), dan kadar fraksi DOM menunjukkan penurunan dari inlet menuju outlet (Tabel 2). Menurut Saunders (1972) dalam Wetzel[8], pada perairan danau proporsi fraksi organik terlarut jauh lebih tinggi dibanding partikulatnya. Proses sedimentasi dan mineralisasi diduga berperan terhadap penurunan kadar organik di Waduk Cirata

Kondisi air tergenang dari perairan waduk lebih memberikan kesempatan kedua proses tersebut berlangsung. Komponen organik terlarut lebih mudah untuk mengalami mineralisasi, sementara komponen partikulat akan mengalami sedimentasi.

Peningkatan komponen partikulat pada beberapa stasiun (I, II, IV), diduga sebagai kontribusi bahan organik yang bersumber dari limbah KJA. Dari data di atas menunjukkan adanya beban organik allochtonus yang bersumber dari S. Citarum (inlet Cirata). Kadar TOM di inlet adalah 21,488 mg.l^{-1} (0,021488 kg.m^{-3}), sementara itu pada outlet dilepaskan 15,168 mg.l^{-1} (0,015168 kg.m^{-3}). Berdasarkan selisih antara beban organik di inlet dan yang dilepaskan di outlet, maka akumulasi TOM di waduk adalah 6,320 mg.l^{-1} (0,00632 kg.m^{-3}), atau 29,4% dari beban masuk

Debit rataan S. Citarum pada bulan Agustus (periode tahun 1996, 1997,1998, dan 1999)[9] adalah 50,975 m^{3}.dt^{-1}, yang dengan demikian pembebanan bahan organik

allochtonus Waduk Cirata pada bulan Agustus diperkirakan mencapai 0,322 kg.dt^{-1}.

Sementara itu Lukman[10)] menunjukan bahwa pembebanan organik allochtonus pada bulan Maret 2000 lebih kecil, yaitu 499,13 gr.dt^{-1} (0,4991 kg.dt^{-1}), hal ini berdasarkan pada nilai TOM yang tercatat hanya 10,11 mg.l^{-1}. Jika diasumsikan bahan organik yang terakumulasi di waduk sebesar 29,4%-nya, maka pembebanan organik allochtonus pada bulan Maret akan mencapai 0,1468 kg.dt$^{-1.}$

Tabel 2. Kadar TOM, DOM dan POM pada Contoh Air Waduk Cirata

Stasiun	TOM (mg.l^{-1})*	DOM (mg.l^{-1})*	POM (mg.l^{-1})*
Citarum Inlet Cirata	21,488	17,694	3,794
Cirata Sta. I	20,224	14,536	5,688
Cirata Sta. II	22,752	15,168	7,584
Cirata Sta. III	13,904	13,272	0,632
Cirata Sta. IV	18,960	13,904	5,056
Cirata Sta. V	15,800	14,950	0,850
Cirata Sta. VI	13,904	12,008	1,896
Cirata Sta. VII	15,800	12,324	3,476
Citarum Outlet Cirata	15,168	13,904	1,264

*)angka permanganat

Pembebanan organik allochtonus tampaknya bervariasi dari bulan ke bulan, namun jika dari kedua data tersebut diambil rataannya maka perkiraan beban organik allochtonus adalah 0,234 kg.dt^{-1}. Dengan demikian maka pembebanan organik allochtonus per tahunnya diperkirakan mencapai 7.393 ton. Pembebanan bahan organik allochtonus akan lebih besar dari angka ini, jika dihitung pula sumber-sumber organik dari inlet lainnya. Pembebanan organik di Waduk Cirata selain dari sumber allochtonus, juga bersumber dari autochtonus, yang terutama adalah limbah proses produksi ikan pada sistem KJA. Untuk mengetahui tingkat pembebanan organik dari KJA ini maka dirunut kembali berdasarkan data-data produksi ikan yang dihasilkan dari sistem KJA ini (Tabel 3)

.

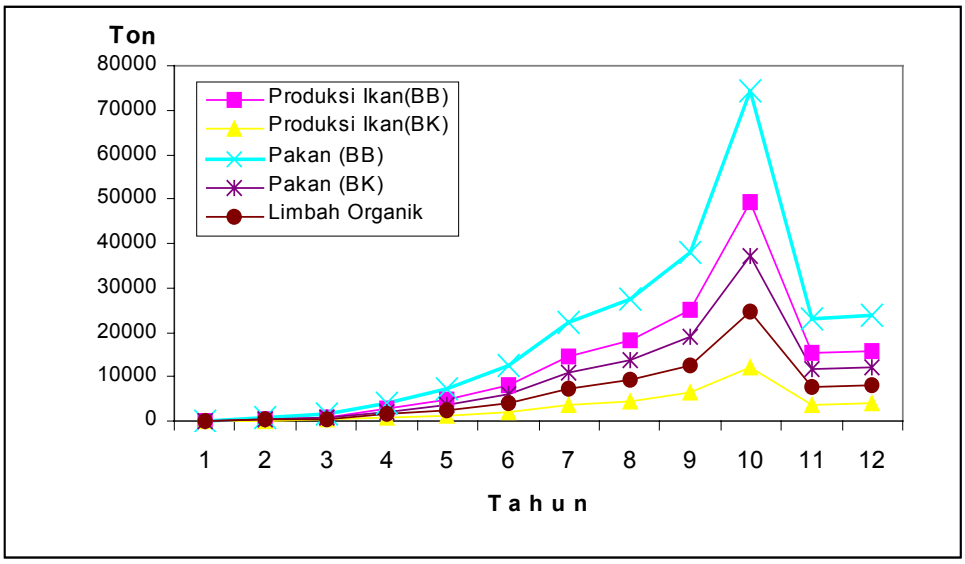
Tabel 3. Data Produksi Ikan, Jumlah Pakan yang Diberikan dan Perkiraan Limbah Organik dari Sistem Budidaya KJA di Waduk Cirata

Tahun	Produksi Ikan (ton)		Pakan (ton)		Limbah Organik (ton)	
	BB [1]	BK[2]	BB[3]	BK[4]	Per tahun[5]	Per hari
1988	32	8,00	48,32	24,16	16,16	0,04427
1989	572	143,00	863,72	431,86	288,86	0,79140
1990	997	249,25	1505,47	752,73	503,48	1,37941
1991	2803	700,75	4232,53	2116,26	1415,51	3,87812
1992	4850	1212,50	7323,50	3661,75	2449,25	6,71027
1993	8195	2048,75	12374,45	6187,22	4138,47	11,33829
1994	14708	3677,00	22209,08	11104,54	7427,54	20,34942
1995	18254	4563,50	27563,54	13781,77	9218,27	25,25553
1996	25114	6278,50	37922,14	18961,07	12682,57	34,74677
1997	49171	12292,75	74248,21	37124,10	24831,35	68,03111
1998	15265	3816,25	23050,15	11525,07	7708,82	21,12007
1999	15830	3957,50	23903,30	11951,65	7994,15	21,90178
	Keterangan:		Akumulasi Limbah			78674,45
	BB: Berat Basah		Limbah rataan/tahun			6556,20
	BK: Berat Kering		Limbah rataan/hari			17,96

Keterangan: (1) Adiwilaga [1)] dan Husen[7).]; (2) 25% BB (Garno & Adibroto [2)]
(3) Rasio Konversi Pakan 1,51 (Garno & Adibroto[2)]);. (4) 90% BB (Garno & Adibroto[2)]) dan (5) BK Pakan – BK Ikan

Beban organik dari limbah budidaya sistem KJA sejak tahun pertama penerapannya (1988) di Waduk Cirata sampai tahun 1999 telah terakumulasi sebanyak 78.674,45 ton, dengan beban rataan per tahun 6.556,20 ton, dan beban per hari mencapai rata-rata 17,96 ton. Pembebanan organik ini tampak berfluktuasi sejalan dengan tingkat produksi ikannya, dan tingkat tertinggi terjadi pada tahun 1997 yang mencapai 68,03 ton per hari.

Untuk gambaran lebih jelas tingkat beban limbah organik yang bersumber dari KJA, dapat dilihat pada gambar 2



Gambar-2. Produksi Ikan, Jumlah Pakan Dan Perkiraan Limbah Organik Dari KJA Di Waduk Cirata

Beban rataan bahan organik KJA per tahun Waduk Cirata masih di bawah beban organik dari KJA yang tercatat di Danau Maninjau. Menurut Syandri[11] perkiraan pakan yang tidak termanfaatkan oleh ikan pada sistem KJA di Danau Maninjau sekitar 7.875 ton per tahun. Namun demikian perbedaan tersebut memberikan dampak yang sama, yaitu adanya kematian ikan secara massal di kedua perairan tersebut.

Perlu diperhatikan bahwa luas Waduk Cirata 6.200 ha dan volume 2.165 x 10^6 m^3, dengan waktu tinggal air (*water retention time*), berdasarkan debit air yang masuk sebesar 2.534x 10^6 m^3 per tahun[9], hanya 10 bulan, sedangkan Danau Maninjau memiliki luas 9.737 ha, volume 10.226 x 10^6 m^3, dan waktu tinggal air 25,05 tahun (Fakhrudin *et al*, 2001). Dengan demikian pembebanan organik akan lebih besar dampaknya di D. Maninjau dibandingkan dengan di Cirata, karena proses sedimentasi akan lebih tinggi.

3.3. Distribusi Bahan Organik

Bahan organik pada kolom air sebagaimana telah disebutkan sebelumnya terdiri dari fraksi partikulat dan terlarut. Kadar organik total pada kolom air berkisar antara 13,904 – 22,752 $mg.l^{-1}$, atau kadar rataannya 17,335 $mg.l^{-1}$. Kadar organik tersebut berada di atas kadar perairan sungai alami. Sungai-sungai alami di Australia, sebagaimana informasi Einssele (1960) *dalam* Hynes[13], memiliki kadar organik antara 1 – 10 $mg.l^{-1}$ .Kondisi perairan waduk yang tergenang memberikan peluang TOM untuk mengendap, sehingga pada dasar waduk akan terjadi akumulasi bahan organik yang cukup tinggi. Kadar organik rataan pada sedimen Waduk Cirata antara 150,47 – 188,63 mg.bk (berat kering).gr^{-1} sed. (sedimen), dengan kadar tertinggi berada di wilayah III (Tabel 4).

Tabel 4. Kadar Organik (BO) Sedimen (mg. bk.g^{-1} sed.) di Waduk Cirata

Kedalaman Dasar (m)	Wilayah							
	I		II		III		IV	
	BO	n	BO	N	BO	n	BO	n
0 - 12,5	194,719	1	133,027	3	173,402	1	Td	
12,5 – 25,0	212,488	1	132,488	3	181,823	2	155,531	1
25,0 - 37,5	179,093	3	148,890	3	183,076	1	149,455	1
37,5 – 50,0	177,953	3	176,941	4	197,534	2	153,276	1
50,0 - 62,5	82,644	3	171,325	1	220,861	4	149,983	3
>62,5	td		td		175,067	2	144,096	5
Rataan	169,379		152,534		188,627		150,468	

td : tidak ada data., n : jumlah contoh

Kadar organik sedimen tersebut tampak lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar organik sedimen di Sungai Citarum (inlet waduk) yang terukur oleh Lukman[10)], berkisar antara 83,31 – 118,62 mg.bk (berat kering).gr^{-1}sed. Berkenaan dengan hal ini Lukman[10)] mengungkapkan bahwa penurunan arus memberikan peluang TOM untuk mengendap, dan membentuk hubungan linier dengan koefisien determinasi cukup tinggi

Kadar organik sedimen dari wilayah II dan IV tampak lebih rendah dibanding wilayah I dan III. Di wilayah II sebagian diantaranya merupakan perairan terbuka karena cukup dangkal (<25 m), sedangkan wilayah IV merupakan perairan yang bebas dari kegiatan KJA karena cukup dalam (>50 m) serta merupakan wilayah terlarang untuk pengembangan KJA.

Pada tabel 5 dapat dilihat kadar organik sedimen dari beberapa perairan. Tampak bahwa bahan organik sedimen Waduk Cirata memiliki kadar yang umumya jauh lebih tinggi, bahkan terhadap perairan yang telah mengalami pencemaran yaitu Sungai Mahakam (di wilayah Samarinda), S. Bengkalis (terdapat pengembangan KJA) (Tabel 5). Kadar organik sedimen Waduk Cirata tampak mendekati kadar organik sedimen wilayah profundal D. Lindu, yang telah berabad-abad mengalami akumulasi bahan organik

Tingginya akumulasi bahan organik pada sedimen akan meningkatkan penyerapan oksigen di hipolimnion. Menurut Cornett dan Rigler[1,7)] 85% konsumsi oksigen di lapisan hipolimnion danau terjadi pada sedimen. Dengan bertambahnya beban organik, dapat diduga penyerapan oksigen oleh sedimen akan lebih dari 85%, sehingga muncul kondisi anoksik

Tabel 5. Kadar Organik Sedimen dari Beberapa Perairan

Lokasi	Keterangan	Kadar Organik (mg.bk.g-1 sed.)	Sumber
Danau Poso	Littoral; Oligotrof	0,09 – 30,82	Lukman[14)]
S. Mahakam	Pertengahan– Muara	17,64 – 51,03	Lukman dkk. [15)]
Danau Lindu	Litoral –Profundal	8,02 - 175,94	Lukman[18)]
S.Bantan Tengah	Muara (Bengkalis)	3,1 - 31,0	Efriyeldi[16)]

Akumulasi bahan organik pada sedimen sering diikuti oleh proses penyuburan perairan, terutama dengan meningkatnya kadar ortofosfat. Menurut hasil pengamatan Kelly (1992), sedimen di bawah KJA menghasilkan DRP (*dissolved reactive phosphorus*; fosfor terlarut reaktif) yang jauh lebih besar dari lokasi kontrol. Ternyata bahwa pelepasan DRP dihasilkan pada kondisi aerobik, yang menunjukkan kondisi lingkungan sedimen yang labil. Dengan demikian pada kondisi anoksik potensi DRP yang akan dilepaskan pada laju yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adiwilaga, E. M. 1999. "Pengelolaan Perikanan di Waduk Saguling dan Cirata (Suatu Tinjauan Ekologi). Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk". PPLH-LP-IPB – Ditjen Bangda Depdagri, Ditjen Pengairan, Kantor Meneg. LH. XIX:1-8
2. Garno, Y. S., dan T. A. Adibroto. 1999. "Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk". PPLH-LP , IPB – Ditjen Bangda Depdagri, Ditjen Pengairan, Kantor Meneg. LH. XVII:1-10
3. Krismono, A., S. Nuroniah, Krismono, C. Umar, K. Purnomo, dan A. Sarnita. 1992. "Dampak Budidaya Ikan dalam Karamba Jaring Apung terhadap Kualitas Air di Perairan Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan Air Tawar 1991/1992". Balitkanwar, Bogor. Hal. 285 294
4. Kelly, L. A. 1992. "Dissolved Reactive Phosphorus Release from Sediments beneath a Freshwater Cage Aquaculture Development in West Scotland. Hydrobiologia". 235/236: 569 - 572
5. Buchanan, J. B., and J. M. Kain. 1984. "Measurement of the Physical and Chemical Environment". *In*: Holme, N. N., and A. D. Mc Intire (Ed.). Methods for the Study of Marine Benthos. IBP Handbook No. 16. International Biological Programme. Blackwell Sci. Publ., Oxford. p. 31 – 58
6. Greenberg, A. E., L. S. Clesceri, and A. D. Eaton (Ed.). 1992. "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 18th edition". APHA-AWWA-WEF
7. Husen, M. 2000. "Kelestarian Danau dan Waduk di DAS Citarum, Potensi dan Ancaman. Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk, Univ. Padjadjaran". Hal. 3:61 – 74
8. Wetzel, R. G. 1983. "Limnology". Second Edition. W. B. Saunders College Publ. Philadelphia. 743 pp.
9. Anonim. 2000. "Realisasi Air Masuk, Air Keluar dan DMA Waduk PLTA Saguling". PT. PLN Pembangkit Tenaga Listrik Jawa – Bali, Unit Pembangkitan Saguling.
10. Lukman, 2001. "Hubungan antara Kecepatan Aliran dan Karakteristik Organik Sedimen dengan Populasi Tubificidae di Inlet Waduk Cirata". Tesis. Program Pascasarjana IPB. 49 hal.
11. Syandri, H. 2000. "Karamba Jaring Apung dan Permasalahannya di Danau Maninjau". Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk, Univ. Padjadjaran. Hal. 2: 16 – 31
12. Fakhrudin, M., H. Wibowo, L. Subehi, dan I. Ridwansyah. 2001. "Karakterisasi Hidrologi Danau Maninjau Sumatera Barat". Laporan Intern. Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. 11 hal.
13. Hynes, H.B.N. 1972. "The Ecology of Running Waters". Liverpool Univ. Press., Liverpool. 555 pp.
14. Lukman. 2000. "Karakteristik Bioekologi *Corbicula matanensis* di Danau Poso Bagian Utara". Limnotek. Vol. 7(1): 1 – 10.
15. Lukman, Nofdianto, dan M. Badjoeri. 1996. "Evaluasi beberapa Parameter Kualitas Air di Sungai Mahakam dan Danau Semayang pada Bulan Agustus 1996". *Dalam*: Pendayagunaan dan Rehabilitiasi Lingkungan Perairan Danau Semayang, Kalimantan Timur. PEP-LIPI, Jakarta. Hal. 19 - 24
16. Efriyeldi. 1999. "Sebaran Spasial Karakteristik Sedimen dan Kualitas Air Muara Sungai Bantan Tengah, Bengkalis Kaitannya dengan Budidaya Keramba Jaring Apung". Jur.Natur Indonesia II (1): 85 – 92
17. Cornett, R. J., and F. H. Rigler. 1987. "Decomposition of Seston in the Hypolimnion". Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 146 151.
18. Lukman, 2001. "Karakteristik Limnologis Danau Lindu". Laporan Survey. Bapeda Tk. I Sulawesi Tengah

.