

KUMPULAN MAKALAH YANG TIDAK DIPUBLIKASIKAN
DARI TAHUN 2004 sampai dengan 2005.

OLEH :

MAJARIANA KRISANTI, S.Pi., M.Si

- **Permasalahan dan Strategi Pengelolaan Perairan Waduk
: Contoh Kasus Waduk Jatiluhur dan Waduk Cirata,
Jawa Barat.**

Makalah tahun 2004.

- **Karakteristik Biota Indikator Kualitas Air Sungai.**

Makalah tahun 2004.

- **Daya Dukung Lingkungan Perairan Teluk Ekas untuk
Pengembangan Kegiatan Budidaya Ikan Kerapu dalam
Karamba Apung.**

Makalah tahun 2005. (*Lap. Penelitian*).



BAGIAN PRODUKTIVITAS DAN LINGKUNGAN PERAIRAN

DEPARTEMEN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

2006

**PERMASALAHAN DAN STRATEGI PENGELOLAAN
PERAIRAN WADUK : CONTOH KASUS WADUK JATILUHUR
DAN WADUK CIRATA, JAWA BARAT**

Majariana Krisanti



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

2004

I. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk yang tinggi seperti yang banyak terjadi di negara berkembang seperti Indonesia menghabiskan surplus sumberdaya alam yang diperuntukkan bagi pembangunan ekonomi dan sosial. Tumbuhnya kemiskinan akibat pertumbuhan penduduk menghancurkan lingkungan demi kelangsungan hidupnya (WCD, 1987). Padahal lingkungan merupakan bagian kehidupan yang perlu mendapat perhatian dan penanganan yang sangat serius. Salah satu contoh akibat dari terjadinya kerusakan lingkungan adalah rusaknya daerah tangkapan air. Dalam beberapa tahun terakhir, daerah tangkapan air terutama yang ada di lokasi yang padat penduduknya mengalami kerusakan, bahkan kerusakan tersebut dari tahun ke tahun cenderung semakin parah. Kerusakan daerah tangkapan air ini pada umumnya merupakan akibat dari penebangan hutan yang tidak terkendali dan penggunaan lahan di kawasan lindung yang mengabaikan prinsip-prinsip konservasi. Kerusakan hutan tersebut mengakibatkan pada musim hujan air yang meresap dan tersimpan di dalam tanah sebagai aliran air bawah tanah menjadi sangat minim, sementara air yang melimpah dan terbuang ke sungai atau ke laut menjadi sangat banyak. Bahkan tidak hanya sampai di situ, air yang terbuang tersebut seringkali berakibat pada terjadinya banjir, sementara segera setelah musim hujan berakhir aliran sungai menyusut sangat cepat. Dengan berpedoman pada hal tersebut, maka selain mengadakan penghijauan atau penghutan kembali, diperlukan wadah yang mampu menampung air limpasan pada musim hujan sekaligus persediaan air pada musim kemarau. Wadah yang mampu menampung air dan sebagai tempat persediaan air pada musim kemarau tersebut bisa beraneka ragam seperti danau, rawa, waduk, atau kolam, namun wadah yang sengaja dibuat manusia untuk sebagai persediaan air biasanya dalam bentuk waduk.

Waduk adalah tempat menampung air yang umumnya dibentuk dari sungai atau rawa dengan tujuan tertentu. Waduk merupakan perairan umum, sehingga setiap orang bisa memanfaatkannya. Hal ini berarti bahwa waduk memberikan peluang yang cukup besar untuk memperoleh pendapatan. Waduk dibangun dengan berbagai fungsi, diantaranya sebagai daerah tangkapan air yang akan dipergunakan untuk kegiatan pertanian, pengendali banjir, pembangkit listrik tenaga air, sarana olahraga air, budidaya perikanan dan untuk pariwisata. Sebagai contoh Waduk Saguling, Waduk Cirata maupun Waduk Juanda yang merupakan waduk serbaguna, walaupun pada awalnya dibangun dengan tujuan utama sebagai pembangkit listrik tenaga air, namun juga dimanfaatkan untuk fungsi lainnya, baik untuk kegiatan perikanan umum maupun kegiatan perikanan budidaya.

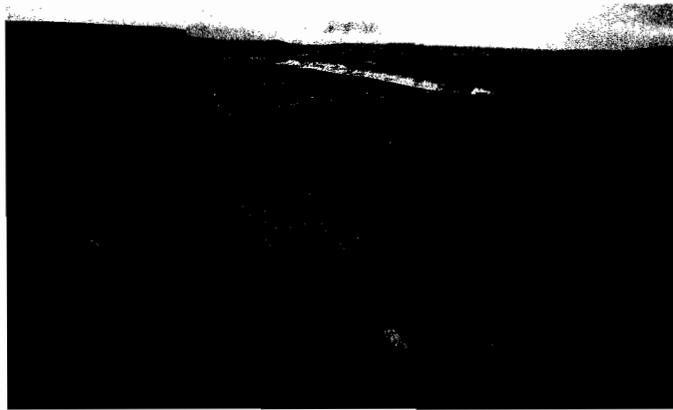
Indonesia mempunyai sekitar 840 danau dan 162 waduk buatan besar dan kecil untuk kepentingan irigasi pertanian, bahan baku air bersih, dan PLTA (Depkimpraswil, 2003). Sekitar 500 danau dan waduk di Indonesia mulai terancam kerusakan akibat pengelolaan dan pemanfaatannya tidak optimal, mulai dari hulu hingga hilir. Oleh karenanya diharapkan semua pihak segera membuat langkah pelestarian dan penanganan secara nyata. Beberapa waduk dan danau mengalami pendangkalan akibat tingginya sedimentasi diantaranya Waduk Saguling, Cirata, dan Jatiluhur (Jawa Barat), Bendungan Wonogiri (Jawa Tengah), serta Danau Tempe (Sulawesi Selatan). Sedangkan danau yang mengalami kerusakan ekosistem antara lain Danau Limboto di Gorontalo, Danau Tondano (Sulawesi Utara), Danau Maninjau dan Danau Singkarak (Sumbar). Kerusakan danau lebih diakibatkan oleh tekanan peruntukan dan perubahan fungsi lahan serta terjadinya pencemaran, seperti akibat dibukanya lahan baru di hulu untuk pertanian mengakibatkan terjadi peningkatan kesuburan.

Di Indonesia masih dimungkinkan untuk dibangun bendungan-bendungan besar yang dapat menampung jutaan m³ air dan dikelola untuk kepentingan masyarakat, rencana ini ditentang oleh negara-negara yang tergabung dalam World Commission on Dams (*WCD*) dengan alasan dampak yang akan dihasilkan besar. Dalam sejarah perkembangan bendungan dapat dicatat beberapa peristiwa kegagalan sistem keamanan bendungan yang mengakibatkan malapetaka bagi masyarakatnya. Seperti kegagalan bendungan Malpaset (Perancis), Vajont (Italia), Sempor (Indonesia) dan Teton (Amerika). Tetapi kebanyakan negara tropis bersikukuh membangun karena dengan adanya bendungan dapat meningkatkan perekonomian masyarakatnya (w.w.w.properti_net).

II. WADUK

2.1. Definisi Perairan Waduk.

Kebutuhan manusia akan pasokan sumber air yang meningkat dari waktu ke waktu telah mendorong manusia untuk membendung sungai menciptakan waduk. Pada dasarnya bentuk perairan waduk mirip dengan danau, sehingga waduk seringkali menjadi nama lain untuk danau buatan manusia (*man made lake*). Yuningsih dan Soewarno (1995) menyatakan bahwa waduk sebagai tempat menampung air dengan cara membendung alur sungai, Suwignyo (1981) juga menegaskan bahwa waduk sebagai badan air buatan manusia dengan membendung sungai atau mengalihkan air dari sungai dan mengurungnya ke lembah buatan. Sehingga dapat didefinisikan bahwa perairan waduk sebenarnya sebuah danau yang terbentuk sebagai akibat adanya aktivitas manusia membendung aliran sungai dengan jalan membuat dam yang menghalangi aliran air sungai (Gambar 1).



Gambar 1. Pembendungan aliran sungai membentuk waduk

Waduk sebenarnya juga sebuah danau dalam pengertian benda tersebut merupakan suatu volume massa air yang mempunyai komposisi khusus yang berisi berbagai bentuk kehidupan. Danau alami adalah suatu bentuk perairan akibat adanya air yang mengisi cekungan-cekungan alamiah, sedangkan waduk terbentuk sebagai akibat adanya massa air yang mengisi lembah sungai yang alirannya sudah dibendung oleh sebuah dinding. Perbedaan danau alami dan waduk dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan letaknya terhadap sungai, waduk (*reservoir*) dapat dibagi menjadi (1) waduk tipe A yaitu tipe **waduk bendungan** (*DAM reservoir, mainstream reservoirs*) yang terbentuk akibat dibuatnya dinding yang memintas aliran sungai dan (2) waduk tipe B atau waduk tendon yang terletak di sisi sungai (*impoundments*) yang terbentuk sebagai akibat adanya dinding melingkar sebagai penampung air.

Tabel 1. Perbedaan Danau dan Waduk

Karakteristik	Danau	Waduk Bendungan
	Perbedaan Kualitatif (absolut)	
Proses pembentukan	Alamiah	Oleh manusia
Usia geologis	Tua (=Pleistosen)	Relatif muda (=40 tahun)
Proses penuaan	Lambat	Cepat
Terbentuk sebagai akibat pengisian	Cekungan	Lembah-lembah sungai
Posisi di daerah aliran sungai	Sentral (di tengah)	Marjinal (di pinggiran)
Bentuk	Teratur	Dendritik
Kedalaman maksimum	Dekat bagian tengah	Di dekat bendungan (posisi ekstrim)
Sedimen dasar	Autohtonous	Alochtonous
Gradien longitudinal	Dipicu oleh angin	Dipicu oleh aliran sungai
Kedalaman saluran air keluar (outlet)	Kurang terbentuk Permukaan	Lebih jelas gradiennya Di tempat dalam

2.2. Fungsi Waduk

Waduk dibuat untuk dapat berfungsi sebagai sumberdaya untuk irigasi pertanian, pengendalian banjir, transportasi air, wisata air, penggelontoran limbah domestik, pembangkit listrik tenaga air, air baku untuk keperluan domestik dan industri serta sebagai sumberdaya untuk perikanan penangkapan atau perikanan budidaya. Hal ini sesuai dengan pendapat Straskraba dan Tundisi (1999) yang menyatakan bahwa waduk dibuat dan diciptakan oleh manusia untuk tujuan tertentu, sehingga waduk seringkali menjadi nama lain untuk danau buatan manusia. Sebagai perairan buatan, waduk memiliki tujuan tertentu sehingga aspek pengelolaannya menjadi berbeda. Waduk memberikan keuntungan dan kontribusi yang sangat besar untuk manusia karena bisa dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik, irigasi, ekoturisme, pertanian irigasi, pariwisata dan air minum (Soemanto, 2001). Namun peruntukan yang paling banyak adalah sebagai sumber pembangkit tenaga listrik karena menurut UU. No. 15 Tahun 1985 tentang ketenagalistrikan “Penyelenggaraan usaha penyediaan listrik dalam jumlah yang cukup, mutu dan kendalanya dengan harga yang terjangkau masyarakat merupakan masalah utama yang perlu diperhatikan”.

Pada prinsipnya walaupun tujuan utama waduk diperuntukan sebagai pembangkit tenaga listrik, namun peruntukannya terlepas dari kerangka dasar kebijakan pemerintah dalam memenuhi kebutuhan masyarakat sehari-hari, karena itu maka tujuan dibuatnya waduk adalah :

1. Pemenuhan kebutuhan berbagai kebutuhan air baku, diantaranya untuk memenuhi keperluan sehari-hari yakni untuk kebutuhan *Domestic, Municipal and Industry* (DMI) atau rumah tangga, kota dan industri (RKI);

2. Pengendali banjir;
3. Irigasi teknis, dalam upaya mendukung pencapaian swasembada beras menuju swasembada pangan;
4. Konservasi air;
5. Pembangkit tenaga listrik.
6. Aktivitas perikanan
7. Pariwisata dan olahraga

2.3. Tipe Waduk

Berdasarkan peruntukannya, waduk dibagi menjadi dua tipe yakni waduk serbaguna dan waduk tunggal guna misalnya untuk pembangkit tenaga listrik. Pada tahap pertama air waduk dipergunakan untuk menggerakkan turbin guna membangkitkan tenaga listrik, dan pada tahap berikutnya air dialirkan ke sungai kembali.

Menurut Kartamihardja (1998) perairan waduk dan danau di Indonesia pada umumnya bersifat serbaguna yakni dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, bersifat terbuka dan tidak ada pemiliknya (milik umum/perairan umum). Selanjutnya dikatakan bahwa dari 23 waduk utama yang luasnya mencapai 53.000 ha, 20 buah diantaranya termasuk waduk serbaguna. Untuk lebih jelasnya mengenai nama waduk serbaguna beserta lokasi, luas, kedalaman, fungsi utama dan tahun dibangunnya waduk tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Air yang terdapat di waduk serbaguna pada umumnya dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan yakni untuk Domestik, Municipal dan Industry (DMI) yang kebutuhannya pada tahun 1990 mencapai 124 m³/detik, untuk irigasi mencapai 90% dari total kebutuhan air yakni kurang lebih 950 m³/detik. Menurut Anonim (2001) pada tahun 2015 total rencana kebutuhan air akan mencapai 1878 m³/detik, yang terdiri dari kebutuhan DMI 239 m³/detik dan untuk irigasi 1639 m³/detik. Selanjutnya dikatakan bahwa kemungkinan terjadinya peningkatan DMI dan irigasi di tahun 2015 ini perlu perhatian yang sangat serius, karena hal tersebut menunjukkan bahwa prioritas yang paling utama dan untuk pemenuhan kebutuhan tersebut hanya bisa diatasi dengan membangun waduk untuk menampung air. Dengan demikian, maka keberadaan waduk untuk masa kini dan masa yang akan datang perlu mendapat perhatian yang cukup serius.

Tabel 2. Beberapa Waduk Serbaguna di Indonesia (Sumber : Ilyas *et al.* , 1990)

Waduk	Luas (ha)	Kedalaman maks (m)	Kedalaman rata-rata (m)	Ketinggian (m dpl)	Fungsi utama	Tahun dibangun
Jawa Barat :						
Saguling	5.340	90	18	625	E,F,I	1985
Cirata	6.200	106	34	250	E,F,I	1987
Jatiluhur	8.300	95	37	110	E,F,I,W	1965
Jawa Tengah :						
Wonogiri	8.800	28	8	140	E,F,I	1981
Wadaslintang	1.460	85	30	115	E,F,I	1987
Kedungombo	6.100	50	16	100	E,F,I	1989
Mrica	1.500		13	231	E,F,I	1989
Sempor	1.300	45		77	E,F,I	1987
Jawa Timur :						
Karangates	1.500	70	23	270	E,F,I	1972
Selorejo	400	46	16	600	E,F,I	1970
Lahor	260	50	14	300	E,F,I	1977
Wlingi	380	28	6	163	E,F,I	1983
Bening	570	10	8	11	F,I	1983
Sengguru	290	24	7	296	F,I	1987
Nusa Tenggara :						
Batujai	890	14	2	4	F,I,W	1983
Kalimantan Selatan :						
Riam Kanan	9.200	50	18		E,F,I	1983
Lampung :						
Way Rarem	1.400	25	6	60	F,I	1982
Way Jepara	220		15		F,I	1976

Keterangan : E=Tenaga listrik; F=pengendali banjir; I=irigasi; W=air minum.
dpl=diatas permukaan laut.

2.4. Aspek legal

Peraturan-peraturan dan perundang-undangan yang mengatur keberadaan waduk sebagai wadah budidaya perikanan antara lain :

1. Undang-undang No.23 tahun 1997 (UU No. 23/1997) tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup
2. Undang-undang No.24 tahun 1992 (UU No. 24/1992) tentang Penataan Ruang
3. Undang-undang No.5 tahun 1990 (UU No. 5/1990) tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistem
4. UU. No. 15 Tahun 1985 tentang ketenagalistrikan
5. PP no.77 tahun 2001 tentang irigasi
6. Undang-undang No.9 tahun 1985 (UU No. 9/1985) tentang Perikanan

7. Peraturan Pemerintah No.15 (PP No.15/1990) tentang Usaha Perikanan
8. Perda Kabupaten Tingkat II Purwakarta No. 6 tahun 1996 tentang SIUP
9. Keputusan Bupati Kabupaten Purwakarta No. 6 tahun 2000 tentang Pemanfaatan Waduk untuk Kegiatan Perikanan
10. Keputusan Gubernur Jawa Barat No. 39 tahun 2000 tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air pada Sungai Citarum dan anak-anak sungainya di Jawa Barat
11. Tata ruang dari Divisi Waduk PJT II Jatiluhur

2.5.Dampak keberadaan waduk

Keberadaan waduk di suatu negara/wilayah diperlukan mengingat waduk mempunyai banyak fungsi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Adanya waduk ternyata memberikan dampak positif dan dampak negatif terhadap lingkungannya.

Dampak positif yang dapat diberikan oleh adanya waduk adalah tersedianya energi listrik dari pembangkit listrik tenaga air dan banjir yang biasanya datang pada musim penghujan dapat dikendalikan dengan menampung air sungai ke dalam waduk. Waduk sebagai penampung air dapat dimanfaatkan untuk pengairan dari aktivitas pertanian maupun sebagai bahan baku air minum masyarakat perkotaan di sekitar wilayah waduk. Selanjutnya keberadaan waduk, dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya perikanan, olahraga air dan pariwisata. Sehingga secara luas keberadaan waduk dapat meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat. Oleh sebab itu pemerintah Indonesia di masa mendatang tetap akan membangun waduk baru, walaupun perencanaan tersebut ditentang oleh *World Commission on Dam (WCD)* dengan alasan dampak negatif yang akan ditimbulkan sangat besar.

Selain dampak positif, terdapat juga dampak negatif dari adanya waduk, yaitu berkurangnya /hilangnya/punahnya keanekaragaman hayati perairan sungai. Penurunan kualitas air akibat aktivitas penggundulan hutan di daerah tangkapan air yang mengakibatkan pendangkalan waduk. Selain itu kegiatan usaha yang berlebihan seperti banyaknya karamba jaring apung untuk budidaya ikan, akan menyebabkan tingginya kandungan bahan organik akibat menumpuknya sisa pakan ikan yang terbuang. Kegiatan budidaya ikan yang berkembang pesat saat ini telah menurunkan kualitas perairan waduk. Jumlah jaring apung sudah melewati batas kelayakan, dan sudah tidak sesuai lagi dengan tata ruang penggunaan wilayah, sebagai contoh jumlah dan tata letak jaring apung di Waduk Cirata sudah tidak sesuai dengan peruntukkan. Selain itu, kenyataannya unit-unit jaring apung yang ada berfungsi pula sebagai tempat tinggal dan warung-warung yang

menimbulkan limbah sampah. Jaring apung yang tidak beroperasi lagi serta limbah bekas jaring apung yang rusak seperti drum bekas, bambu, plastik juga berpotensi mencemari karena dibiarkan mengapung di perairan.

Penumpukan kandungan bahan organik di dasar perairan tersebut dapat mengakibatkan kematian massal pada ikan dan organisme lainnya pada ekosistem waduk karena kekurangan oksigen. Jika suatu saat suhu udara di permukaan air lebih tinggi daripada suhu di dasar perairan maka akan terjadi proses pembalikan air (*up welling*) yang lebih dikenal dengan istilah umbalan. Fenomena ini menyebabkan ammonia di dasar perairan naik ke atas sehingga akan menurunkan kandungan oksigen disekitarnya.

II. WADUK SEBAGAI WADAH BUDIDAYA IKAN

Waduk merupakan perairan umum, sehingga setiap orang bisa memanfaatkannya. Hal ini berarti bahwa waduk memberikan peluang yang cukup besar untuk melakukan usaha, memberikan peluang kesempatan kerja sekaligus memberikan peluang untuk memperoleh pendapatan. Untuk lebih meningkatkan pemanfaatan sumberdaya perairan waduk tersebut, maka penggunaan waduk sebagai lokasi budidaya ikan merupakan alternatif yang tepat. Sejak tahun 1974 di Waduk Jatiluhur mulai dilakukan penelitian pemeliharaan ikan dalam karamba. Dengan dasar hasil penelitian tersebut dilakukan budidaya dalam keramba jaring apung (KJA), yang dimulai di Waduk Saguling untuk kemudian berkembang ke Danau Toba, Waduk Cirata, Waduk Wonogiri, dan Waduk Kedung Ombo. Namun budidaya ikan dalam karamba secara intensif baru mulai dilakukan pada tahun 1986 (Hardjamulia dan Suwignyo, 1992), perkembangan yang paling pesat baru mulai pada tahun 1988 (Kartamiharja, 1992).

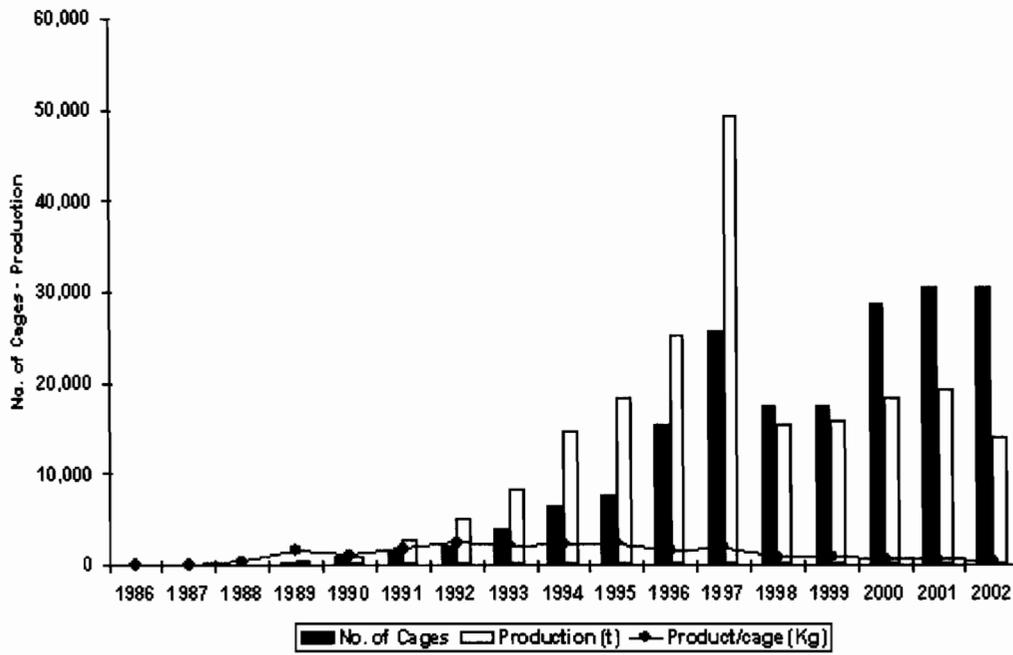
Perkembangan pesat budidaya ikan dalam KJA (Gambar 2) ini pada dasarnya merupakan hasil penelaahan, bahwa dilihat dari produksi yang dihasilkan, luas perairan yang tersedia, kelestarian sumberdaya, kemudahan melaksanakannya serta dilihat dari sudah tersedianya paket teknologi untuk melakukan budidaya di perairan umum (waduk) serta adanya informasi bahwa budidaya ikan dalam KJA memberikan hasil



Gambar 2. Budidaya ikan dalam Karamba Jaring Apung

yang menguntungkan (Hardjamulia *et al.* 1991). Kegiatan budidaya ikan dalam KJA juga tidak perlu menyediakan ongkos produksi untuk pembelian lahan. Selain itu jika dalam waduk di lokasi tersebut terjadi umbalan, maka secara teknis KJA mudah dipindahkan, serta mudahnya mengendalikan pemangsa, penggunaan pakan ikan pada budidaya KJA juga relatif dapat dioptimalkan dengan mudah serta produksinya dapat diintensifkan (Sukadi *et al.*, 1989). Dengan dasar tersebut, maka budidaya ikan dalam KJA beberapa tahun terakhir ini berkembang dengan sangat pesat, tak terkecuali di Waduk Saguling, Waduk Cirata dan Waduk Juanda/Jatiluhur. Namun demikian dari ketiga waduk tersebut, kegiatan budidaya ikan dalam KJA, paling banyak terdapat di Waduk Cirata (**Gambar 3**).

Cirata Reservoir



Gambar 3. Jumlah KJA untuk budidaya ikan di Waduk Cirata (Prihadi, 2005)

4.1. Waduk Jatiluhur

Masalah pokok dalam pengelolaan sumber daya air di Waduk Ir. H. Djuanda adalah masalah lingkungan (baik kualitas air maupun kuantitas) yang timbul karena adanya interaksi antara aktivitas ekonomi dan daya dukung lingkungan yang terbatas. Semakin besar jumlah dan intensitas eksploitasi sumber daya air tersebut, dampaknya terhadap degradasi kualitas lingkungan cenderung meningkat. Kualitas lingkungan perairan waduk sangat dipengaruhi oleh umur waduk, fungsi waduk (waduk multiguna atau tunggal guna), tipe waduk, pola penggunaan air, sumber utama faktor kesuburan dan musim.

Setiap tahun di perairan Waduk Ir. H. Djuanda, pada bulan-bulan Oktober, November, Desember dan Januari adalah musim peralihan atau pancaroba yang antara lain ditandai dengan hujan yang terus-menerus dengan curah hujan tinggi, terbatasnya sinar matahari, angin kencang, ombak besar, berubahnya kecepatan dan pola arus air waduk (terjadi umbalan atau arus balik) serta munculnya *Mycrocistis*. Siklus ini dari tahun ke tahun selalu sama sejak tahun 1978 sampai sekarang. Musim pancaroba tersebut telah terbukti berdampak negatif terhadap budi daya ikan dengan KJA. Pengembangan paket teknologi KJA di waduk Ir. H. Djuanda telah menimbulkan berbagai permasalahan yang dapat mengganggu kelestarian sumber daya air waduk dan usaha perikanan itu sendiri. Kegiatan budidaya ikan yang berkembang pesat saat ini telah menurunkan kualitas perairan waduk. Selain itu, pada kenyataannya unit-unit jaring apung yang ada berfungsi pula sebagai tempat tinggal dan warung-warung yang menimbulkan limbah sampah. Jaring apung yang tidak beroperasi lagi serta limbah bekas jaring apung yang rusak seperti drum bekas, bambu, plastik juga dibiarkan mengapung di perairan.

Apabila terjadi kematian massal ikan pun para pemilik jaring apung selalu membuang bangkai ikan ke perairan bebas sehingga menambah pencemaran lingkungan perairan waduk. Hal-hal di atas selain berakibat langsung kepada petani jaring apung, juga terhadap Waduk Ir. H. Djuanda yang menyebabkan semakin meningkatnya beban pencemaran dan menurunnya kualitas air.

Dari hasil pemeriksaan kualitas air setiap bulannya yang dilakukan oleh Loka Riset Pemacuan Stok Ikan Jatiluhur, terjadi penurunan kualitas air di sekitar KJA, seperti terlihat pada *trend* penurunan kualitas air untuk kandungan BOD₅, SO₄, dan H₂S pada titik-titik pemantauan. Adanya gas H₂S ini telah menyebabkan bau busuk seperti telur busuk terutama pada saat dibukanya *hollow jet*. Hal ini berpengaruh buruk pada estetika, usaha kepariwisataan, dan penduduk sekitar.

Beberapa kali terjadi kematian masal di waduk Ir. H. Djuanda yang antara lain disebabkan oleh umbalan, virus herpes, turunnya elevasi air waduk, cuaca, dan penurunan kualitas air waduk akibat pencemaran. Umbalan terjadi apabila cuaca mendung, hujan Turun dalam kurun waktu cukup lama yaitu lebih dari dua hari. Akibatnya terjadi pendinginan evaporatif pada permukaan air yang menyebabkan suhu air di permukaan lebih rendah daripada suhu air di bawahnya. Karena perbedaan berat jenis air ini, air lapisan permukaan akan turun ke lapisan air di bawahnya dan air dari bawah terdorong menuju ke permukaan. Masa air dari lapisan bawah yang naik ke atas membawa sisa-sisa pakan, bangkai ikan, dan zat organik lain yang berisi material kimiawi seperti H_2S , CO_2 dan NH_3 yang bersifat toksik (racun) bagi ikan-ikan dalam KJA dan organisme lainnya. Kandungan oksigen terlarut pada lapisan bawah sangat kecil atau bahkan nol, sehingga setelah terjadi umbalan, ikan dalam KJA akan mengalami kematian massal.

4. 2. Waduk Cirata

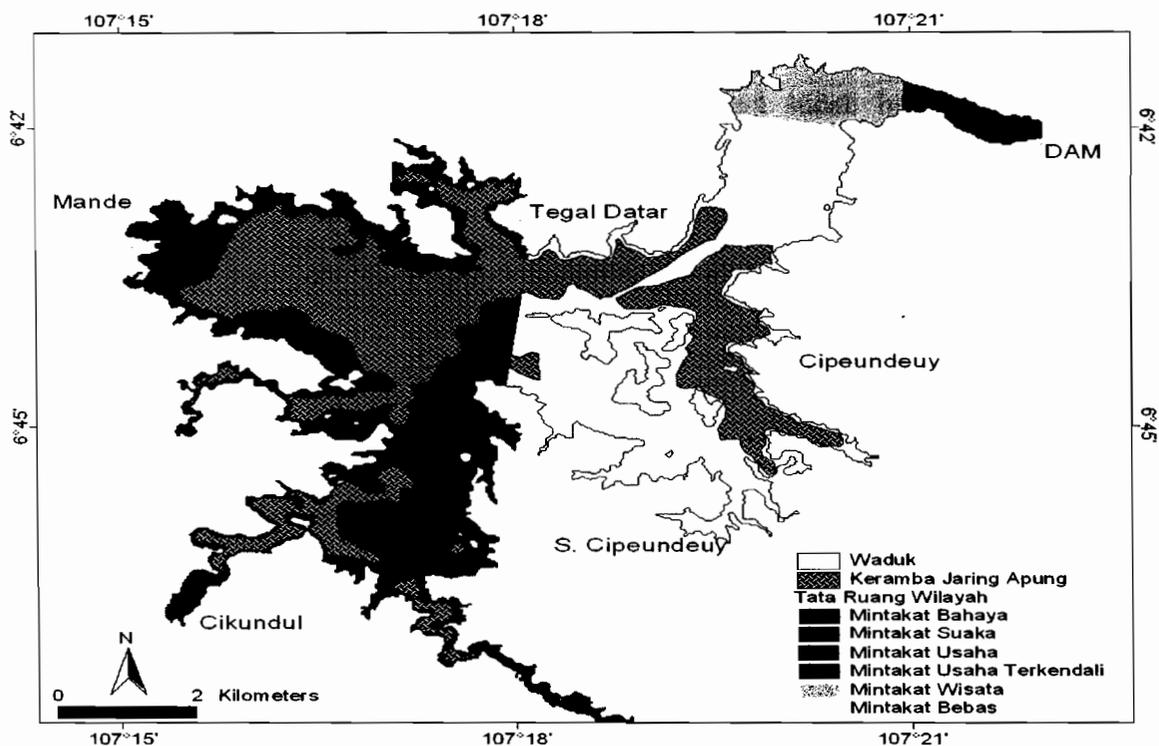
Menurut Badan Pengelola Waduk Cirata (BPWC), Waduk Cirata mengalami kerusakan yang cukup parah. Bahkan diindikasikan kandungan logam berat di waduk terbesar di Asia Tenggara ini sudah tinggi dan melebihi baku mutu air. Seperti kadar BOD, berdasarkan baku mutu seharusnya 2 ppm, di Waduk Cirata telah mencapai 4,160 ppm. Besi (Fe) 0,425 ppm seharusnya 0,3 ppm, lalu mangan (Mn) 0,189 ppm seharusnya 0,1 ppm. Kemudian Seng (Zn) 0,173 ppm seharusnya 0,05 ppm. Terbukti, berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukannya, di dalam tubuh ikan-ikan Waduk Cirata, logam berat yang hinggap di tubuh ikan itu adalah besi (Fe) 0,6 ppm, seng (Zn) 22,45 ppm, crom (Cr) 0,1 ppm, air raksa (Hg) 179,13 ppm. Selain pada ikan, efek dari pencemaran itu juga dirasakan oleh pembangkit, terutama pada turbin, beberapa peralatannya mengalami korosif.

Massa air dari lapisan bawah perairan biasanya memiliki kadar oksigen terlarut yang rendah dan kadar polutan (seperti amonia) yang tinggi. Hal inilah yang sering menyebabkan ikan mati secara mendadak dan massal di Cirata. Karena umbalan terjadi secara alamiah dan tidak selalu merugikan, maka faktor alam ini tidak bisa diultimum sebagai penyebab kematian ikan secara massal dan mendadak tersebut. Bila kita bandingkan kondisi budidaya jaring apung di Cirata dengan yang di **Danau Kasumigaura-Jepang**, maka ditemukan banyak hal yang sangat berbeda, seperti rasio jumlah unit jaring apung dengan luasan perairan dan tingkat kepadatan ikan dalam jaring apung. Dari segi luasan, Danau Kasumigaura memiliki luas 22.000 ha, yaitu sekitar 2,8

kali luas Waduk Cirata (± 7.900 ha). Tetapi, jumlah jaring apung dan tingkat produksi ikan di Cirata jauh lebih banyak. Berdasarkan SK Gubernur Jawa Barat no. 41 tahun 2002 jumlah jaring apung di Waduk Cirata dibatasi sebanyak 12.000 unit. Namun demikian, sampai pertengahan tahun 2004 jumlah tersebut telah meningkat lebih dari 3 kali lipat, yaitu 39.000 unit (Kompas, 26 Juni 2004). Bila pembatasan jumlah unit jaring apung di Cirata tersebut didasarkan pada daya dukung (*carrying capacity*) perairan, maka diduga bahwa sudah terjadi kelebihan muatan di Cirata. Selanjutnya, dari data tingkat produksi ikan di Cirata yang mencapai sekitar 78.000 ton per tahun (Kompas, 26 Juni 2004), selain jumlah karamba yang sudah berlebihan, penempatan karamba tersebut sudah tidak sesuai dengan tata ruang peruntukkan Waduk Cirata (Gambar 5). Sebagai pembandingan dengan tingkat produksi ikan di Danau Kasumigaura sekitar 5.000 ton per tahun, juga menunjukkan bahwa muatan Waduk Cirata sudah sangat tinggi. Karena tingkat kepadatan ikan tinggi, maka dibutuhkan pakan dalam jumlah yang banyak untuk mencapai ukuran panen seperti yang diharapkan dalam jangka waktu tertentu. Bila cara pemberian pakan juga tidak baik, maka jumlah pakan yang tidak dimakan oleh ikan menjadi banyak. Selain itu, bila kualitas pakan yang digunakan kurang bagus, maka banyak unsur nutrisi dari pakan yang hilang sebelum sempat dimakan oleh ikan, atau jumlah unsur nitrogen dan fosfor yang terbuang ke perairan lebih banyak. Telah diketahui bahwa nitrogen dalam bentuk senyawa ammonia merupakan racun yang sangat berbahaya bila melebihi batas tertentu. Sedangkan unsur fosfor dapat menyebabkan populasi mikroorganisme menjadi sangat tinggi (*blooming*). Selanjutnya, pakan yang tidak sempat dimakan oleh ikan dan jatuh ke dasar perairan akan didekomposisi oleh mikroba, dimana dalam proses dekomposisi ini membutuhkan oksigen. Bila pakan atau bahan pakan yang jatuh ke dasar perairan banyak, maka dibutuhkan oksigen yang banyak juga untuk dekomposisinya. Hal ini bisa menjadi salah satu penyebab rendahnya kadar oksigen terlarut pada massa air lapisan bawah.

Waduk Cirata merupakan waduk yang sudah sangat jenuh dengan KJA, sehingga limbah yang berasal dari KJA ini akan sangat mempengaruhi lingkungan perairan (kualitas air) Waduk Cirata atau dengan kata lain kualitas lingkungan (air) Waduk Cirata lebih banyak dipengaruhi oleh limbah yang berasal dari kegiatan budidaya ikan dalam KJA dibanding oleh limbah lainnya, oleh karena itu dilihat dari segi kajian limbah sisa pakan dari KJA, maka Waduk Cirata merupakan waduk yang paling menarik untuk diteliti, terutama dalam hal kajian lingkungannya (kualitas air).

Budidaya ikan dalam keramba jaring apung di waduk Cirata ini telah memberikan keuntungan yang cukup besar, terbukti dari jumlah KJA di Waduk Cirata dari waktu ke waktu makin meningkat, terutama setelah terjadinya krisis moneter. Dilihat dari pakan yang diberikan pada ikan budidaya, maka kegiatan budidaya pada KJA yang ada di waduk Cirata termasuk ke dalam sistem budidaya KJA intensif. Hal ini terlihat dari pemberian pakan dengan frekuensi pemberian rata-rata tiga kali sehari bahkan lebih dan penggunaan pakan komersial (pelet) yang mengandung protein tinggi (lebih dari 20%) serta mengandung nutrisi lainnya yang cukup lengkap. Namun pemberian pakan tambahan pada budidaya KJA intensif ini memungkinkan terakumulasinya limbah organik baik yang berasal dari sisa pakan yang tidak termakan oleh ikan maupun dari kotoran ikannya itu sendiri. Melimpahnya limbah organik yang berasal dari sisa pakan ini mengakibatkan Waduk Cirata menghadapi masalah yang cukup serius antara lain proses sedimentasi yang tinggi dan penurunan kualitas air.



Gambar 5. Sebaran KJA dan tata ruang wilayah di Waduk Cirata (Prihadi, 2005)

Penurunan kualitas air ini, diduga terjadi karena melimpahnya limbah organik sisa pakan yang terdapat di Waduk Cirata, sehingga beban Waduk Cirata untuk menguraikan (mendekomposisi) bahan-bahan organik tersebut menjadi berat, karena untuk penguraian bahan organik ini diperlukan oksigen. Jika dalam perairan kandungan oksigennya sangat

rendah atau bahkan tidak ada oksigen, maka penguraian tersebut selain akan mengganggu kehidupan yang ada di dalamnya juga akan berakibat pada terbentuknya gas-gas beracun di perairan. Dengan adanya gas-gas beracun ini, ada atau tidak ada oksigen di perairan, akan menimbulkan akibat buruk pada kehidupan dalam perairan Waduk Cirata tersebut. Disamping hal tersebut, dari penguraian bahan-bahan organik ini akan dihasilkan unsur hara baik senyawa nitrogen (N) maupun senyawa fosfor (P) yang sangat diperlukan oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya. Dengan demikian, maka bahan organik terutama yang berasal dari sisa pakan ikan akan berperan menjadi pupuk yang dapat menyuburkan perairan Waduk Cirata.

Menurut Garno (2000) diantara kesemua penyumbang bahan organik di Waduk Cirata, penyumbang paling besar justru berasal dari kegiatan budidaya ikan dalam KJA. Selanjutnya dikatakan bahwa di Waduk Cirata, sumbangan bahan organik dari KJA mencapai 80%. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Nastiti *et al.* (2001) yang mengatakan bahwa penyumbang N dan P terbesar (mencapai 83,63 – 99,93%) di waduk berasal dari kegiatan budidaya ikan. Dengan demikian mengakibatkan perairan waduk Cirata yang banyak kegiatan budidaya KJA intensifnya sudah berada dalam keadaan hipertropik, yang berakibat pada terjadinya pertumbuhan yang tidak terkendali (*blooming*) plankton jenis tertentu. Namun akibat lain dari keadaan tersebut diduga menjadi penyebab kematian masal ikan, seperti yang sering terjadi pada ikan budidaya dalam KJA di Waduk Cirata, terutama pada awal musim hujan. Atas dasar hal tersebut, dan dalam rangka mengoptimalkan usaha budidaya ikan dalam KJA di Waduk Cirata Cirata, maka dilakukan penelitian mengenai lingkungan perairan di Waduk Cirata pada musim hujan, musim kemarau dan musim peralihan.

V. STRATEGI PENGELOLAAN WADUK

Dalam melakukan kegiatan yang bersifat multi-disiplin dalam pengelolaan dari pemanfaatan perairan Waduk Ir. H. Djuanda sebagai contoh kasus, PJT II membentuk lembaga yang disebut Kelompok Kerja Tim Penasehat Direksi Bidang Perikanan di daerah kerja PJT II sejak tahun 1996. Anggota tim ini terdiri atas : Direksi dan Staf PJT II, Ditjen Perikanan Budidaya, Dinas Perikanan Kabupaten dan Propinsi Jawa Barat, lembaga penelitian, dan pakar bidang perikanan

Tugas POKJA antara lain memberikan sumbangan pemikiran, saran, dan masukan kepada Direksi PJT II di bidang perikanan dan menyusun sistem usaha perikanan yang terintegrasi ke dalam pola tanam untuk menunjang peningkatan produksi perikanan di daerah kerja PJT II. Selain itu, upaya pengendalian KJA di waduk Ir. H. Djuanda dilakukan dengan cara :

1. Pembatasan jumlah petak KJA

Pembatasan dilakukan dengan tidak memperpanjang izin KJA yang telah ada sehingga jumlah KJA tidak melebihi 962 petak

2. Penataan ulang dan penertiban lokasi KJA

Penetapan lokasi KJA pada zona yang telah ditentukan dengan pembatasan jumlah KJA tiap zona serta penertiban lokasi KJA sesuai dengan persyaratan teknis dan operasional yang berlaku

3. Inventarisasi

Meneliti izin-izin yang ada apakah masih memenuhi persyaratan yang berlaku, baik persyaratan administrasi maupun teknis dan operasional serta kepemilikan KJA

4. Penarikan KJA yang sudah tidak digunakan atau rusak serta tidak mempunyai izin

5. AMDAL KJA

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 17 tahun 2001 tentang jenis Rencana Usaha dan atau Kegiatan yang Wajib Dilengkapi dengan AMDAL No. 2C Bidang Perikanan, usaha budidaya perikanan terapung (jaring apung dan pen sistem) di air tawar (danau) dengan luas $>2,5$ ha atau jumlah >500 petak wajib melakukan AMDAL karena alasan ilmiah khusus yaitu perubahan kualitas perairan, pengaruh perubahan arus dan penggunaan ruang perairan, serta pengaruh terhadap estetika perairan

6. Pemantauan kualitas air secara rutin pada masing-masing zona KJA untuk melihat tingkat pencemaran yang terjadi dan untuk menghindari terjadinya bahaya kematian

ikan akibat perubahan kualitas air serta mengetahui tingkat penurunan daya dukung lingkungan waduk terutama sekitar KJA.

7. Perbaiki teknologi budidaya ikan

Dengan penggunaan pakan ramah lingkungan akan dapat mengurangi dampak negatif budidaya ikan di KJA. Penggunaan pakan ramah lingkungan (*environmental-friendly diet*) telah berhasil diramu di Laboratorium Nutrisi Ikan, Tokyo University of Marine Science and Technology (TUMSAT). Pakan ini dibuat dengan menambahkan asam sitrat atau *amino acid-chelated* (asam amino yang terikat dengan mineral seperti Zn, Mn dan Cu) sehingga jumlah unsur fosfor yang dilepas ke air menjadi menurun. Dengan menggunakan pakan ikan ini, jumlah unsur fosfor yang tertahan (terakumulasi) di dalam tubuh ikan meningkat sekitar 30% untuk pakan yang ditambahkan asam sitrat atau 16.5% untuk pakan yang disuplementasi dengan *amino acid-chelated*. Namun demikian, pakan ini tidak berhasil menurunkan tingkat ekskresi nitrogen oleh ikan. Untuk mengatasi masalah polusi nitrogen yang jauh lebih berbahaya daripada fosfor, baru-baru ini Laboratorium Budidaya Ikan - TUMSAT, mengembangkan strain ikan nila ramah lingkungan melalui pendekatan genetik. Yaitu dengan cara menambah jumlah *copy gen* pengontrol hormon pertumbuhan pada ikan nila. Gen yang digunakan adalah berasal dari ikan nila itu sendiri. Dengan bertambahnya jumlah *copy gen* ini, diharapkan aktivitas pertumbuhan jaringan otot ikan meningkat. Dengan kata lain bahwa makanan yang diperoleh sebagian besar digunakan untuk pertumbuhan sel otot, bukan digunakan sebagai sumber energi. Dengan demikian nitrogen yang dikeluarkan dari tubuh ikan menjadi menurun, yaitu sekitar 30-40% lebih rendah daripada ikan biasa.

Pada sistem pemeliharaan ikan nila secara tertutup (*closed ecological recirculating aquaculture system*), jumlah nitrogen yang dilepas oleh ikan ke air mencapai 60% dari total nitrogen yang diperoleh dari makanan. Bila ikan ramah lingkungan ini digunakan, maka jumlah nitrogen yang dikeluarkan dari tubuh ikan ke perairan tersebut bisa dikurangi menjadi 36% dari total nitrogen yang diperoleh dari makanan. Pertumbuhan ikan nila ini juga 2 - 3 kali lebih cepat daripada ikan nila biasa. Bobotnya bisa mencapai sekitar 1.5 kg dalam waktu 7 bulan. Penambahan jumlah *copy gen* ini juga telah meningkatkan efisiensi penggunaan pakan, sekitar 30% lebih tinggi daripada ikan biasa. Dengan karakter-karakter tersebut, maka pemeliharaan ikan ramah lingkungan ini akan baik bagi lingkungan dan juga bagi petani ikan. Meskipun belum dicoba pada ikan budidaya, bioteknologi *RNA interference* (RNAi; suatu teknik

yang ditujukan untuk memblok transkripsi/pencetakan RNA dari DNA genom) dengan target gen miostatin juga berpotensi untuk diaplikasikan dalam akuakultur dalam rangka memproduksi ikan ramah lingkungan. Gen miostatin ini berperan terbalik dengan pembentukan jaringan otot daging; pemblokannya akan meningkatkan perkembangan jaringan otot.

8. Kerjasama dengan instansi terkait

Dilakukan untuk melakukan koordinasi dalam pembatasan jumlah KJA, batasan kriteria teknis KJA, dan lain-lain.

9. Pemberian sanksi kepada para pengusaha KJA yang melanggar ketentuan/peraturan lingkungan secara konsisten, taat azas kepada peraturan perundangan dari Pemerintah Kabupaten dengan mengikutsertakan masyarakat.

Berdasarkan kriteria dan batasan yang telah ditentukan, jumlah KJA yang memenuhi syarat daya dukung lingkungan Waduk Ir. H. Djuanda dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Sementara jumlah petak KJA saat ini yang ada di Waduk Ir. H. Juanda dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Kriteria KJA yang memenuhi syarat daya dukung lingkungan Waduk Ir. H. Djuanda

Kriteria	
Ukuran petak KJA	7 x 7 m ²
Petak/Unit KJA	Maksimal 8 petak/unit KJA
Ukuran per inti KJA	Maksimal 28 x 14 m ²
Jarak antar unit KJA	Minimal 50 m
1% luas waduk efektif	± 60ha

Tabel 4. Luas dan jumlah KJA yang efektif di waduk Ir. H. Djuanda

Perhitungan	
Luas efektif per unit KJA	= (28+50) x (14+50) = 4.992 m ²
Luas efektif per petak KJA	= 4.992 m ² /8 petak = 624 m ² /petak
Jumlah petak KJA Waduk Ir.H.Djuanda	= 60 ha/624 m ² =962 petak

Tabel 5. Jumlah petak KJA yang ada di Waduk Ir. H. Djuanda

Tahun	Bulan	Jumlah Petak	Petak			Ijin Petak
			Ditanami	Tidak ditanami	Rusak	
2002	Januari	2.159	409	1,75	-	319
	Desember	2.159	565	957	653	319
2003	Januari	2.159	150	1.358	653	203
	Agustus	3.216	645	1.818	653	219
	Desember	3.216	363	2.853		363

VI. PENUTUP

Pembangunan waduk harus dikaji secara mendalam, meliputi aspek fisik, biologis, dan sosial. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Amdal) serta Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-3/ MENLH/2/2000 tentang Jenis Usaha dan/atau Kegiatan yang wajib Dilengkapi dengan Analisis Dampak Lingkungan, telah menggariskan bahwa pembangunan waduk harus dilakukan studi Amdal lebih dulu. Studi ini antara lain merupakan kajian dengan pendekatan ekosistem.

Waduk yang dibuat bagi kepentingan irigasi, tenaga listrik maupun pariwisata memang sangat diperlukan. Namun, di samping dampak positif sesuai dengan tujuan pembangunannya, perlu diwaspadai berbagai dampak negatif. Dampak negatif dapat terjadi pada perairan maupun kesehatan masyarakat. Dampak negatif pada perairan antara lain berupa gangguan kesuburan di *down stream* serta ketidakseimbangan ekosistem di dalam waduk. Sedangkan dampak negatif pada kesehatan masyarakat, berupa potensi penyebaran dan penularan beberapa penyakit, antara lain malaria, *Filariasis*, *Schistosomiasis*, dan *Leptospirosis*.

Pembangunan waduk harus dengan pendekatan ekosistem, yang antara lain melalui studi dan kajian mendalam sebelum pembangunan, baik terhadap aspek fisik, biologis maupun sosial. Studi Amdal yang dilakukan secara benar sesuai kaidah-kaidah ilmiah diharapkan dapat meminimalkan dampak negatif dan memaksimalkan dampak positif.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim (2001). *Project Budget* FY. 2001.

Garno , Y.S. 2000. Status dan karakteristik pencemaran di Waduk Kaskade Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Dit, Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan, BPPT. Jakarta. Vol.2, Mei 2001.

Hardjamulia, A. dan P. Suwignyo. 1992. The present status of the Reservoir in Indonesia *in da Silva, S. S. Reservoir Fishery Management and Development in Asia*. IDRC. Ottawa.

Ilyas *et al.* , 1990. Petunjuk Teknis Pengelolaan Perairan Umum Bagi Pembangunan Perikanan. Seri Pengembangan Hasil Penelitian Perikanan. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.

Kartamihardja, E. S., Krismono, dan K. Purnomo. 1992. Kondisi ekologis dan potensi sumberdaya perikanan perairan umum dan waduk. Makalah dalam temu Karya Ilmiah Perikanan Perairan Umum, Palembang, 12 – 13 Pebruari 1992. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Departemen Pertanian.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 17 tahun 2001

Kompas, 26 Juni 2004

Nastiti, A. S., Krismono, E. S. Kartamihardja. 2001. Dampak budidaya ikan dalam karamba jaring apung terhadap peningkatan unsur hara N dan P di perairan Waduk Saguling, Cirata, dan Jatiluhur. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Puslitbang Budidaya. Departemen Kelautan dan Perikanan. Vol 7. No. 2. hal 22 – 30.

Straskraba dan Tundisi (1999). *Guidelines of Lake Management*. Vol: 9. *Reservoir Water Quality Management*. International Lake environment Commite, Shiga-Japan.

Sukadi *et al.*, 1989. Petunjuk Teknis Budidaya Ikan Dalam Keramba Jaring Apung. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.

Suwignyo, P. 1981. Konsep pengelolaan perikanan waduk. *Proceeding Seminar Perikanan Umum* 19 – 21 Agustus 1981. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Puslitbangkan. Jakarta: 1 – 5.

w.w.w.properti_net

Yuningsih dan Soewarno (1995). Pengaruh erosi DPS serayu hulu terhadap pendangkalan PLTA. *PB Soedirman*,J, *Penelitian Perairan* 10(34) : 28-34.