

STATUS TROFIK PERAIRAN WADUK KEDUNGOMBO, JAWA TENGAH, SEBAGAI DASAR PENGELOLAAN PERIKANANNYA

Adriani SN Krismono^{*)} dan Endi Setiadi Kartamihardja^{*)}

ABSTRAK

Pelitian ini bertujuan mendapatkan informasi tentang status trofik perairan sebagai dasar teknik pengelolaan perikanan di Waduk Kedungombo. Penelitian dilakukan di empat stasiun yaitu Kemukus, Boyolayar, Wonoharjo dan Nglanji, pada bulan Juli, September dan November 1994, Januari dan Maret 1995. Metode yang digunakan adalah metode survei dengan pengambilan contoh strata. Status trofik ditentukan dengan metode Ryding dan Rast. Perairan Waduk Kedungombo memiliki status trofik meso-eutrofik dan Nglanji merupakan ekosistem yang lebih sesuai untuk reservat sumber daya ikan.

ABSTRACT: *The Trophic Status of Kedungombo Reservoir, Central Java as The Basis for its Fisheries Management, by: Adriani SN Krismono and Endi Setiadi Kartamihardja.*

The aim of the research was to investigate trophic status of the Kedungombo reservoir as a basis information for its fisheries management. The research was conducted at four stations i.e.: Kemukus, Boyolayar, Wonoharjo and Nglanji on July, September and November 1994, January and March 1995. The survey were conducted using stratified sampling methods. The trophic status of the reservoir was identified using Ryding and Rast method. The result showed that the Kedungombo reservoir can be classified into meso-eutrophic lake and Nglanji was the most suitable ecosystem for fish conservation area.

KEYWORDS: *Trophic, meso-trophic, fish conservation*

PENDAHULUAN

Perairan Waduk Kedungombo selesai dibangun tahun 1990, ditinjau dari umurnya masih relatif muda sehingga termasuk perairan yang belum stabil. Pada awal penggenangan umumnya kesuburan tinggi kemudian sesuai dengan bertambahnya umur, perairan akan menjadi stabil dan akhirnya kesuburan meningkat.

Waduk yang masih relatif muda seperti halnya Kedungombo yang baru selesai dibangun tahun 1990 umumnya belum stabil, meskipun di beberapa tempat kadang-kadang ditemui perairan yang cukup subur. Dengan bertambahnya umur, kesuburan perairan baru akan lebih stabil dan pada umumnya cenderung meningkat.

^{*)} Peneliti pada Instalasi Penelitian Perikanan Air Tawar Jatiluhur

Waduk Kedungombo merupakan waduk serbaguna yang berfungsi untuk irigasi, pembangkit tenaga listrik, pengendali banjir, perikanan dan pariwisata. Meskipun perikanan hanya merupakan fungsi sekunder dari pembangunan waduk ini, kegiatan tersebut dapat memegang peranan penting karena dapat menggantikan produktivitas lahan yang digenangi. Oleh karena itu, sumber daya perikanan waduk ini perlu dijaga kelestariannya dengan menerapkan pola pengelolaan yang sesuai.

Pengelolaan dan pengembangan perikanan harus mempertimbangkan dan memperhitungkan aspek-aspek sumber daya, IPTEK, sosial-ekonomi dan kelembagaan. Namun demikian pola pemanfaatan sumber daya perikanan di beberapa danau, waduk dan sungai umumnya masih belum didasarkan pada aspek-aspek tersebut di atas. Pola pengelolaan perikanan di suatu perairan waduk dapat dilakukan melalui 3 komponen utama, yaitu: manipulasi habitat, manipulasi populasi dan regulasi atau pengaturan perikanan (Kartamihardja *et al.*, 1992). Manipulasi habitat meliputi semua kegiatan yang ditujukan untuk memperbaiki ataupun membuat habitat perairan sedemikian rupa sehingga sesuai dengan habitat yang diperlukan oleh jenis ikan yang akan dikembangkan. Kegiatan tersebut misalnya penyediaan atau pembuatan tempat pemijahan dan daerah perlindungan (reservat) ikan termasuk upaya pengaturan tataruang perairan untuk perikanan.

Untuk melakukan manipulasi habitat suatu perairan waduk diperlukan informasi tentang status trofiknya.

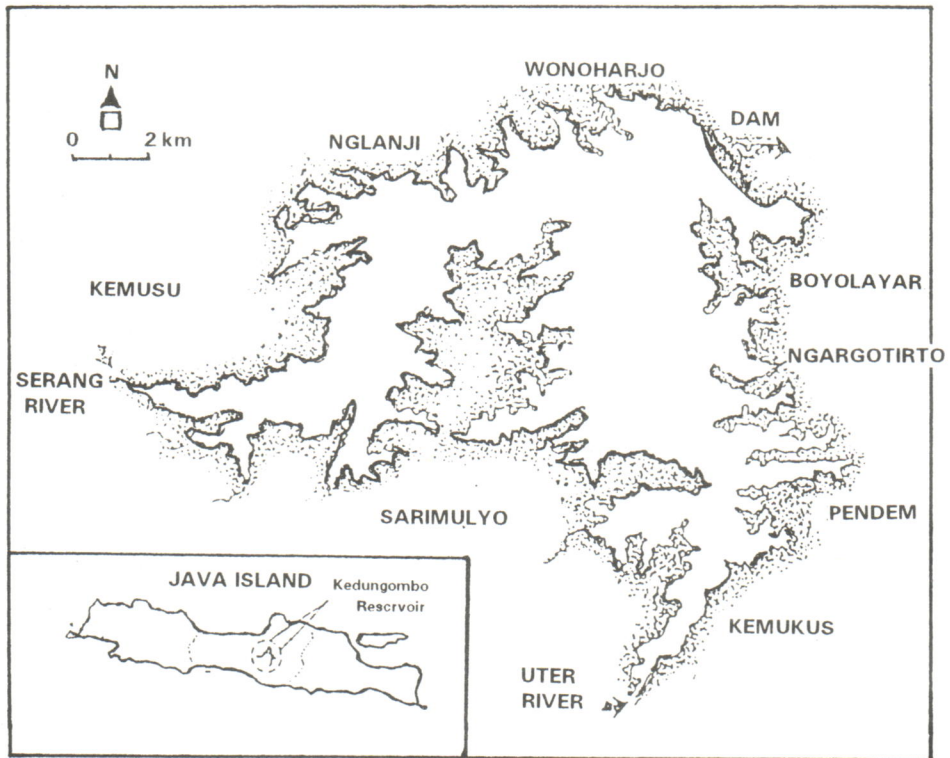
Kriteria trofik adalah menyangkut keseimbangan material dalam perairan yang tenang, dan dapat dibagi dalam kelompok sebagai berikut: keseimbangan oksigen, keseimbangan nutrien dan bioproduksi (Ryding and Rast, 1989). Lebih lanjut dikatakan bahwa variasi diurnal dari kejenuhan oksigen di daerah epilimnion merupakan faktor penting bagi kegiatan perikanan. Ketersediaan nutrien terlarut merupakan salah satu syarat untuk terjadinya produktivitas primer di suatu badan air. Pada suatu badan air yang kaya karbonat dengan fosfor yang terlarut akan membentuk endapan sehingga produksi primer dalam kolom air menurun. Dari fenomena ini, klasifikasi perairan berdasarkan konsentrasi fosfat dibedakan untuk perairan dengan alkalinitas rendah dan alkalinitas tinggi.

Empat lokasi penelitian (Kemukus, Boyolayar, Wonoharjo dan Nglanji) dipilih mewakili daerah calon reservat di Waduk Kedungombo karena di daerah tersebut hasil tangkapan ikan cukup banyak dan beragam di samping habitatnya yang cocok untuk reservat bila dibandingkan lokasi lainnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi kualitas air, status trofik dan penentuan calon reservat sumber daya ikan sebagai dasar bagi cara pengelolaan perikanan di perairan Kedungombo.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di perairan Waduk Kedungombo terhadap empat daerah yang mewakili yaitu: Kemukus, Boyolayar, Wonoharjo dan Nglanji (Figure 1) pada bulan Juli, September, November 1994, Januari dan Maret 1995.



● : Kemukus, Boyolayar, Wonoharjo and Nglanji → research sites

Figure 1. Map of Kedungombo reservoir

Metode yang digunakan untuk pengambilan contoh adalah metode survei dengan pengambilan contoh strata (Nielsen and Johnson, 1985). Contoh air diambil pada kedalaman air 0, 2, 4, 8, 15 dan 20 m. Kolom air dibedakan atas daerah permukaan (0-2 m), tengah (4-8 m) dan dasar (15-20 m), tergantung dari kedalaman perairan. Pengambilan contoh dilakukan pada waktu yang sama yaitu pukul 09.00-10.00.

Kriteria yang dipakai untuk menentukan status trofik perairan Waduk Kedungombo adalah mengikuti metode Ryding dan Rast (1989), di mana status trofik suatu perairan dibagi menjadi 5 kelas yaitu: oligotrofik, mesotrofik, eutrofik, politrofik dan hipertrofik. Beberapa parameter yang diukur untuk menentukan kriteria trofik tersebut tertera pada *Table 1*.

Table 1. Parameters measured to identify main and supporting trophic criteria in Kedungombo reservoir

<i>No</i>	<i>Parameter</i>	<i>Unit</i>	<i>Method</i>
Main criteria:			
1.	<i>Dissolved oxygen</i>	mg/l; %	<i>Oxymeter/insitu</i>
2.	<i>Orthophosphate</i>	mg/l	<i>Spectrophotometer/lab</i>
3.	<i>Inorganic nitrogen</i>	mg/l	<i>Spectrophotometer/lab</i>
4.	<i>Primary production</i>	mg/m ² /day	<i>Oxymeter/ dark-light botol,insitu</i>
5.	<i>Transparency</i>	cm	<i>Secchi disk/insitu</i>
Supporting criteria:			
6.	<i>Temperature</i>	°C	<i>Thermometer /insitu</i>
7.	<i>pH</i>	unit	<i>Titration using indicator universal pH 4-7/insitu</i>
8.	<i>Total Alkalinity</i>	mgCaCO ₃ /l eqv	<i>Titration using HCl/insitu</i>
9.	<i>Calcium</i>	mg/l	<i>Titration using NaEDTA/lab</i>
10.	<i>Carbon dyoxide</i>	mg/l	<i>Titration using Na₂CO₃/insitu</i>
11.	<i>BOD-5day</i>	mg/l	<i>Oxymeter/insitu/ lab</i>
12.	<i>Sulphate</i>	mg/l	<i>Spectrophotometer/lab</i>
13.	<i>Organic matter</i>	mg/l	<i>Titration using KMnO₄/lab</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status trofik perairan Waduk Kedungombo dapat dilihat pada *Table 2*.

Selain parameter penentu status trofik telah pula dilakukan pengukuran beberapa parameter fisika-kimiawi air lainnya yang mendukung kualitas perairan Waduk Kedungombo bagi perikanan (*Table 3*).

Stasiun Wonoharjo dan Nglanji memiliki kualitas air relatif lebih baik dari pada stasiun lainnya. Hal itu dapat dilihat terutama dari kandungan oksigen terlarut yang cukup tinggi. Namun demikian daerah Nglanji memiliki kualitas air lebih baik dibandingkan dengan daerah Wonoharjo. Kandungan oksigen pada dasar perairan di daerah Nglanji cukup tinggi (8,6 mg/l) sedangkan di Wonoharjo pada kedalaman yang sama 6,2 mg/l.

Table 2. Characteristics and trophic status of 4 research site at the Kedungombo reservoir

No	Criteria	Station :			
		Kemukus	Boyolayar	Wonobarjo	Nglanji
1.	(Oxygen stability):				
-	Average oxygen saturity of the surface (%)	94.2	85.13	111.25	124,83
-	Concentration of oxygen at the bottom (mg/l)	6.3	6.4	6.2	8.6
2.	(Nutrient stability):				
	rainy season :				
-	Orthophosphate (mg/l)	0.031	0.043	0.245	0,203
-	Inorganic nitrogen (mg/l)	0.500	0.866	0.789	0.768
	dry season :				
-	Orthophosphate (mg/l)	0.285	0.392	0.525	0.212
-	Inorganic nitrogen (mg/l)	1.013	1.118	0.831	1.069
3.	Bioproduction :				
	Primary production of phytoplankton :				
-	Annual primary production (gC/m ² /year)	-	221.00	461.17	205,50
-	Ratio of primary production (in 1 m colom) of max. production and total primary production (mgC/m ² /day)	-	51.64	44.82	20.56
-	Transparency (m)	1.60	2.50	1.80	1.60
TROPIC STATUS		meso- eutrofik	meso- eutrofik	meso- eutrofik	meso- eutrofik

Note: the dept of the bottom was: 8-20 m

Kejenuhan oksigen di daerah permukaan mendukung kehidupan ikan. Karena pengukuran oksigen dilakukan pada waktu siang hari maka didapatkan hasil pengukuran oksigen lewat jenuh (supersaturasi) di stasiun/daerah Wonoharjo dan Nglanji. Intensitas cahaya maksimum pada siang hari menyebabkan proses fotosintesis maksimum yang menghasilkan konsentrasi O₂ tinggi. Kandungan O₂ yang tinggi tidak hanya pada permukaan namun juga sampai pada daerah dasar. Hal ini menandakan bahwa perairan Waduk Kedungombo tidak mengalami stratifikasi oksigen. Dari Table 3 diketahui bahwa kualitas air di Nglanji dan Wonoharjo lebih baik dibandingkan Kemukus dan Boyolayar. Nutrien (N,P) merupakan nutrien yang mendukung produktivitas primer perairan, karena kedua nutrien diabsorpsi oleh fitoplankton untuk kehidupannya. Konsentrasi nutrien berbeda baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Pada musim kemarau umumnya air mulai surut sehingga konsentrasi nutrien mengalami pemekatan sehingga terlihat hasil pengukuran konsentrasi nutrien tinggi. Sebaliknya pada musim hujan ketinggian air mulai meningkat hal ini menyebabkan pengenceran sehingga mengakibatkan penurunan konsentrasi nutrien. Beberapa jenis plankton yang ditemukan adalah dari kelompok Cyanophyceae, Chlorophyceae, Baccillariophyceae, Protozoa dan Rotifera (Table 4).

Table 3. The average of physico-chemical characteristics of Kedungombo waters

Z (m)	T (°C)	Cond.	pH (unit)	Alk (mg CaCO ₃ /l)	CO ₂ (mg/l)	O ₂ (mg/l)	BOD (mg/l)	Fe (mg/l)	N _{total} (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Org. (mg/l)	Ca (mg/l)	Trans. (m)
Kemakmas														
0	28.0	400	7.7	29.4	3.94	7.3	6.0	0.056	1.566	0.000	0.454	39	32	1.60
2	26.8	300	7.7	39.4	3.94	6.5	-	0.099	1.104	0.087	0.299	46	46	-
4	26.8	300	7.7	31.5	3.94	6.3	3.5	0.070	1.869	0.117	0.196	42	28	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bojoleyer														
0	27.4	130	7.8	37.8	3.94	6.7	5.6	0.493	1.787	0.000	0.583	35	46	2.50
2	27.8	150	7.7	35.7	3.94	6.5	-	0.391	1.630	0.000	0.557	36	58	-
4	26.5	200	7.7	31.5	3.94	6.6	-	0.245	1.766	0.000	0.428	37	28	-
8	26.6	240	7.6	37.8	1.97	6.2	3.4	0.099	2.163	0.026	0.415	43	54	-
15	26.6	240	7.6	39.9	1.97	6.4	3.8	0.056	2.577	0.011	0.196	41	24	-
Wonorejo														
0	29.0	170	7.8	50.0	1.31	8.5	1.8	0.493	1.662	0.000	0.841	42	34	1.80
2	29.0	145	7.8	49.0	0.00	7.7	-	0.318	1.220	0.056	0.815	43	34	-
4	28.6	145	7.9	47.0	1.31	7.9	-	0.522	1.394	0.041	0.866	40	44	-
8	28.2	150	7.7	45.5	1.97	6.8	0.4	0.464	1.448	0.072	0.944	41	46	-
15	26.6	220	7.6	58.8	3.94	6.2	-	0.347	1.818	0.102	0.970	39	44	-
20	26.6	200	7.6	46.2	3.94	6.2	2.5	0.435	2.178	0.117	0.789	41	44	-
Nglesaji														
0	30.5	337	7.8	48.3	0.00	9.4	3.0	0.158	1.953	0.102	0.686	39	42	1.60
2	29.5	325	7.8	51.0	0.00	8.6	-	0.099	2.750	0.102	0.402	38	30	-
4	29.8	371	7.7	51.4	1.30	9.7	-	0.143	2.437	0.041	0.428	40	40	-
8	28.8	585	7.7	49.0	1.30	8.6	2.0	0.000	0.209	0.000	0.145	36	24	-

Remarks: Z: Depth
 Org.: Organic matter
 Cond.: Conductivity
 T: Temperature
 Trans.: Transparency
 Alk.: Total alkalinity
 BOD: Biological Oxygen Demand

Table 4. Planktons observed at research sites at Kedungombo reservoir

No	Family	Species
1.	Cyanophyceae	<i>Anabaena spp.</i> , <i>Microcystis spp.</i> , <i>Oscillatoria spp.</i> ,
2.	Chlorophyceae	<i>Chlorella spp.</i> , <i>Cladophora spp.</i> , <i>Cosmarium spp.</i> , <i>Desmidium spp.</i> , <i>Eudorina spp.</i> , <i>Palmella spp.</i> , <i>Pediastrum spp.</i> , <i>Pinularia spp.</i> , <i>Protococcus spp.</i> , <i>Scenedesmus spp.</i> , <i>Spirogyra spp.</i> , <i>Sorastrum spp.</i> , <i>Staurastrum spp.</i> , <i>Ulothrix spp.</i> , <i>Zygnema spp.</i>
3.	Baccillariophyceae	<i>Diatoma spp.</i> , <i>Fragilaria spp.</i> , <i>Navicula spp.</i> , <i>Surirella spp.</i> , <i>Synedra spp.</i>
4.	Protozoa	<i>Ceratium spp.</i> , <i>Nassula spp.</i> , <i>Monolaria spp.</i> , <i>Mytika spp.</i> , <i>Peridinium spp.</i>
5.	Rotifera	<i>Keratella spp.</i>
6.	Copepoda	<i>Cyclops spp.</i>

Kelompok Chlorophyceae paling sering ditemukan terutama di daerah Nglanji.

Berdasarkan beberapa parameter yang diukur (Table 2) status trofik perairan Waduk Kedungombo termasuk perairan dengan meso-eutrofik. Konsentrasi bahan organik di Waduk Kedungombo termasuk tinggi (35-46 mg/l) karena menurut Stumn dan Morgan (1970), konsentrasi bahan organik di perairan pada umumnya berkisar antara 0,1-10 mg/l. Hal ini diduga berhubungan dengan umur waduk yang masih relatif muda (± 5 tahun).

Pada saat ini, proses perombakan bahan organik menjadi unsur N dan P di perairan diduga masih berlangsung yang berakibat tingginya angka produktivitas primer dan kecerahan. Penumpukan bahan organik di perairan tersebut terutama berasal dari hewan dan tanaman yang terendam pada awal penggenangan. Namun demikian bila dilihat dari konsentrasi oksigen, bahan organik yang tersedia di perairan tidak banyak mempengaruhi konsentrasi oksigen sehingga konsentrasi tersebut masih cukup tinggi. Bila dilihat dari konsentrasi oksigen dan klasifikasi kesuburan berdasarkan Ryding dan Rast (1989) maka perairan Waduk Kedungombo dapat digolongkan dalam perairan mesotrofik.

Pada penelitian tahun 1993/1994, daerah Kemukus, Boyolayar, Nglanji dan Wonohardjo telah direkomendasikan untuk menjadi daerah reservat/konservasi produksi bagi berbagai jenis ikan (Kartamihardja *et al.*, 1994). Suatu daerah dapat dijadikan reservat apabila daerah tersebut mampu menjadi sumber peremajaan ikan sehingga sumber daya perikanan yang dieksploitasi mencapai keseimbangan antara peremajaan dan laju tangkapnya.

Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa ditinjau dari status trofiknya, keempat daerah tersebut memenuhi persyaratan sebagai daerah reservat, karena kesuburan perairan diperkirakan mampu menjadi sumber peremajaan ikan. Namun bila dilihat dari sifat fisika kimia airnya (*Table 3*) maka daerah reservat yang paling sesuai sebenarnya hanya Nglanji dan Wonoharjo, karena kedua daerah tersebut memiliki kualitas air lebih baik dibandingkan Kemukus dan Boyolayar.

Daerah reservat dengan status trofik meso-eutrofik berarti bahwa daerah perairan tersebut memiliki kondisi perairan yang baik, konsentrasi oksigen mendukung kehidupan ikan, pakan (plankton) cukup tersedia sehingga mendukung ikan untuk tumbuh menjadi dewasa dan mampu menghasilkan anak-anaknya. Tumbuhan air pada daerah tepi perairan merupakan daerah pemijahan ikan. Tumbuhan air di Waduk Kedungombo hanya terdiri dari beberapa jenis seperti *Hydrilla verticillata*, *Myriophyllum* sp., *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes* dan *Monochoria* sp. Tumbuhan air ini mempunyai kelimpahan relatif sedikit terutama di tepi perairan dan daerah pemasukan air.

Beberapa kriteria lainnya yang dipakai untuk menentukan suatu daerah layak menjadi daerah reservat antara lain luas perairan, keragaman jenis ikan, kelimpahan relatif ikan, fungsi sebagai daerah pemijahan, kualitas fisika-kimiawi perairan, kualitas biologis perairan dan perkiraan faktor keamanan. Dari kriteria tersebut kedua lokasi (Nglanji dan Wonoharjo) memiliki skor yang tinggi (*Table 5*). Luas kedua lokasi ideal karena lebih dari 10 ha dan luas pada waktu air waduk surut lebih besar dari 60%. Di kedua lokasi ini kedalaman air pada waktu surut 3-5m. Hal ini sesuai dengan pernyataan May dan Diamond (1981) bahwa pada umumnya lokasi reservat yang luas lebih baik dibandingkan yang sempit. Lokasi yang luas merupakan lokasi yang ideal bagi komunitas ikan dengan keragaman dan kelimpahan relatif tinggi untuk melakukan aktivitasnya sebagai daerah asuhan.

Selanjutnya bila ditinjau dari faktor daerah pemijahan dan keamanan maka daerah yang sangat cocok untuk reservat adalah Nglanji, karena pantai lebih berlekuk, tidak ada aktivitas pemancingan dan budidaya ikan dan daerah tersebut jauh dari penduduk. Wonoharjo merupakan daerah perairan yang bersih hampir tidak ada tanaman air di tepi perairan sebagai daerah pemijahan. Faktor keamanan di Wonoharjo kurang terjamin karena merupakan daerah budidaya ikan, lalu lintas air cukup ramai dan merupakan daerah pemancingan ikan.

Pemantauan dan pengelolaan reservat yang telah ditentukan sangat penting artinya untuk mengetahui efektivitasnya terutama kontribusinya sebagai kawasan sumber benih ikan untuk tercapainya keseimbangan antara potensi populasi ikan dan besarnya populasi yang dieksploitasi. Oleh karena itu, dalam

penetapan reservat perlu dikoordinasikan dengan pengelola perairan waduk dan diinformasikan secara jelas kepada masyarakat nelayan atau pemanfaat perairan. Selanjutnya juga dilakukan evaluasi dan pemasangan batas yang jelas misalnya pemberian tanda seperti pelampung dan sebagainya (Mitsch dan Jorgensen, 1989).

Table 5. Scoring of fish conservation area in Kedungombo reservoir

Criteria	Recommended sites			
	Kemukus	Boyolayar	Wonoharjo	Nglanji
Surface area (A)	1	2	3	3
Diversity of fish (H)	2	2	3	3
Relative abundance of fish (KR)	2	3	3	3
Function of spawning area (R)	2	2	2	3
Water quality (FK)	2	2	3	3
Biological quality (KB)	2	3	3	3
Estimate factor of security (PA)	2	2	2	3
TOTAL	13	16	19	21

Note:

- a) A: 3 = Surface area over 10 Ha and surface area of reservoir low tide over 60%;
 2 = Surface area 5-10 Ha and low tide area 30-50%;
 1 = Surface area less than 5 Ha and low tide area less than 30%.
- b) H: 3 = high ; 2 = medium; 1 = low.
- c) KR: 3 = crowded; 2 = medium; 1 = rare.
- d) R: 3 = spawning area of dominant fish and rare fish /specific fish;
 2 = spawning area of dominant fish;
 1 = spawning area of non important fish.
- e) FK: 3 = highly suitable ; 2 = suitable; 1 = low suitable.
- f) KB: 3 = high support; 2 = support ; 1 = low support.
- g) PA: 3 = safe; 2 = low safe; 1 = not safe.

KESIMPULAN

Waduk Kedungombo (Kemukus, Boyolayar, Wonoharjo dan Nglanji) memiliki status trofik meso-eutrofik, yang berarti bahwa keempat daerah memiliki kualitas air baik bagi ikan, cadangan pakan cukup, terdapat tumbuhan air ditepian sebagai daerah pemijahan. Nglanji merupakan daerah yang paling sesuai untuk reservat bagi perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kartamihardja, E. S., M. F. Sukadi dan Sutomo. 1992. Pengkajian Sumber Daya Perikanan Untuk Optimasi Produksi Ikan Di Waduk Kedungombo. Pros. Lokakarya Penelitian Komoditas Dan Studi Khusus. Deptan bekerja sama dengan Dirjen Pendidikan Tinggi. 1 : 23-39.

- Kartamihardja, E. S., K. Purnomo., A.S Nastiti., C. Umar dan A. Azizi. 1994. Penelitian Teknologi Reservasi Di Waduk Kedungombo dan Wadaslintang. Kumpulan Hasil- hasil Penelitian Perikanan Perairan Umum (Danau dan Waduk) 1993-1994. Bagian Proyek Penelitian Perikanan Air Tawar Jatiluhur: III.1 - III.28.
- May, R. M. and J. M. Diamond. 1981. Island biogeography and the design of natural reserves. *In* R. M. May, ed. Theoretical ecology. Principles and applications. Second edition. Blackwell Scientific Publications. London. p 228-252.
- Mitsch, W. J. and S. E. Jorgensen. 1989. Introduction to ecological engineering. *In* W. J. Mitsch and S. E. Jorgensen ed. Ecological Engineering. A Wiley-Interscience Publication. New York. p 3-12.
- Nielsen, L. A. and D.L. Johnson. 1985. Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Ryding, S. O. and W. Rast. 1989. The Control of Eutrophication of Lake and Reservoirs. Man and The Biosphere Vol 1.UNESCO. Paris. 314p.
- Stumm, W. and J.J. Morgan. 1970. Aquatic Chemistry. Wiley-Interscience. New York. 583p.