



**POTENSI BEBAN PENCEMARAN FOSFOR DI WADUK IR. H. DJUANDA,  
PURWAKARTA, JAWA BARAT**

**POTENTIAL OF PHOSPHORUS LOADS IN IR. H. DJUANDA RESERVOIR  
AT PURWAKARTA REGENCY, WEST JAVA**

**Lismining Pujiyanti Astuti\*<sup>1</sup> dan Didik Wahyu Hendro Tjahjo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Jl. Cilalawi No.1 Jatiluhur, Purwakarta, Jawa Barat-41152, Indonesia  
Teregistrasi I tanggal: 02 September 2019; Diterima setelah perbaikan tanggal: 05 Oktober 2020;  
Disetujui terbit tanggal: 02 November 2020

**ABSTRAK**

Beban pencemaran waduk Ir. H. Djuanda berasal dari dalam (*internal sources*) dan luar (*external source*) waduk. Pencemaran yang berasal dari dalam waduk salah satunya adalah kegiatan budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA), sementara yang berasal dari luar antara lain beban dari pemanfaatan daerah tangkapan air yang masuk melalui aliran sungai yang bermuara di Waduk Ir. H. Djuanda. Fosfor (P) merupakan unsur makro bagi plankton dan tumbuhan akuatik, yang apabila kandungannya berlebih dapat menyebabkan eutrofikasi dan pencemaran air. Beban fosfor yang berlebih dapat menyebabkan ledakan pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan air. Tujuan penelitian untuk mengkaji potensi beban pencemaran fosfor di Waduk Ir. H. Djuanda. Penelitian dilakukan pada bulan Februari dan September 2017. Contoh air diambil dari sungai-sungai yang bermuara ke waduk. Data sekunder diperoleh dari Perum Jasa Tirta II dan Dinas Perikanan dan Peternakan kabupaten Purwakarta. Contoh ikan budidaya untuk analisis fosfor adalah ikan mas dan contoh pakan adalah pelet yang digunakan oleh pembudidaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban pencemaran fosfor di Waduk Ir. Djuanda dari masukan sungai mencapai 11.091,5 ton/tahun (82%) yaitu jauh lebih tinggi dibandingkan beban dari kegiatan KJA sebesar 2.382,9 ton/tahun (18%); beban pencemaran fosfor dari kedua sumber diperkirakan mencapai 13.474,4 ton/tahun.

**Kata Kunci: Beban fosfor; pencemaran; sungai; KJA; Waduk Ir. H. Djuanda**

**ABSTRACT**

*Pollution load of Ir. H. Djuanda reservoir originated from internal and external sources. Internal source pollution for example is fish farming activities in Floatingnet Cage Culture (FCC), while external source is river input from catchment area into Ir. H. Djuanda reservoir. Phosphorus considered a macro nutrient for phytoplankton and aquatic plants, its excessive amount may cause eutrophication and water pollution, i.e., blooming in the growth of phytoplankton and aquatic plants. The aim of this study was to assess potential of phosphorus loading in the Ir. H. Djuanda reservoir. The study was conducted with stratified surveys. Water sampling was conducted at the input of tributaries into reservoirs. Secondary data was collected from Perum Jasa Tirta II as Reservoir Administrator and Fisheries and Animal Husbandry Services of Purwakarta Regency. Carp as fish samples and fish food used were collected from cultivated cages. The results showed that phosphorus load at the Ir. H. Djuanda reservoir were mostly came from rivers, 11,091.51 tons/year (82%) which is much higher than that from FCC activities i.e., 2,382.9 tons/year (18%). The total phosphorus load from both sources reached 13,474.4 ton/year.*

**Keywords: Phosphorus load; pollution; inlet rivers; FCC; Ir. H. Djuanda Reservoir**

## PENDAHULUAN

Beban internal waduk umumnya berasal dari kegiatan budidaya ikan di waduk/danau seperti karamba jaring apung (KJA) serta dekomposisi bahan organik dan batuan penyusun di dasar waduk/danau. Sementara beban masukan eksternal antara lain beban pencemaran dari sungai yang bermuara di waduk/danau tersebut, erosi lahan dan tata guna lahan sekitar perairan, limbah pertanian, peternakan dan domestik serta kegiatan pariwisata. Untuk menjaga mutu kualitas air dalam status Baik sesuai dengan peraturan perundangan Republik Indonesia yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air untuk berbagai penggunaan, maka perlu menekan masukan beban pencemaran tersebut.

Fosfor merupakan nutrisi yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangan plankton dan tumbuhan air lainnya. Sumber fosfor di perairan antara lain dari *catchment area*, kegiatan antropogenik dan pelepasan fosfor dari sedimen ke kolom air. Eutrofikasi adalah pengayaan nutrisi, terutama oleh unsur fosfor dan nitrogen. Perairan yang mengalami eutrofikasi akan memiliki konsentrasi oksigen terlarut rendah dan produksi biomassa fitoplankton tinggi yang dapat berbahaya bagi organisme perairan, sehingga menurunkan nilai guna suatu perairan (Henderson-Sellers & Markland, 1987; Abu Kaff, 2012, BoQiang *et al.*, 2013). Hal ini terjadi karena buangan pencemar organik ke perairan yang mengakibatkan gangguan pada keseimbangan komunitas organisme yang ada (Abu Kaff, 2012).

Masukan beban pencemaran fosfor tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas air di waduk. Penurunan kualitas air waduk Ir. H. Djuanda terjadi seiring dengan peningkatan jumlah KJA dan masukan dari Waduk Cirata.

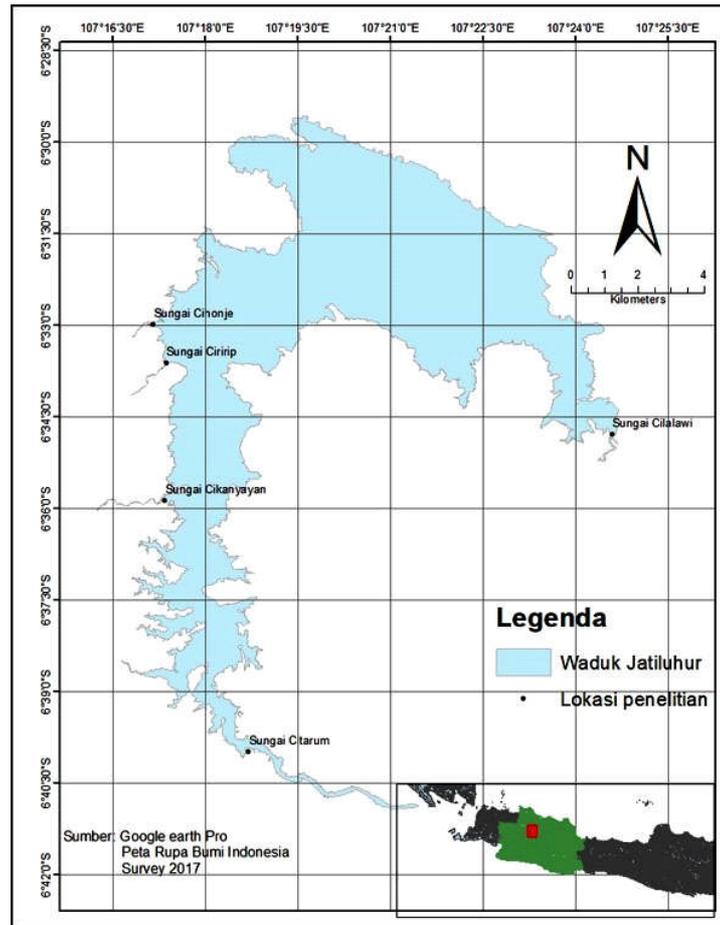
Tabel 1. Variabel yang diamati dan metode analisisnya  
Table 1. The observed variables and method of analysis

No	Variabel (Variable)	Satuan (Units)	Metode/Alat (Method/Equipment)	Keterangan (Explanation)
1	P-PO <sub>4</sub>	mg/L	SNI 06-6989.31-2005	Eksitu
2	P Total	mg/L	Asam askorbat/spectrofotometri	Eksitu
3	Oksigen terlarut	mg/l	Winkler/titrimetri	Insitu
4	BOD <sub>5</sub> hari	mg/l	SNI.06-6989-72-2009	Eksitu
5	P pada ikan dan pakan	%	AOAC.986.24 (50.1.12.2005)	Eksitu

Selain bersumber dari Waduk Cirata dalam aliran Sungai Citarum, fosfor dapat juga berasal dari masukan sungai-sungai yang bermuara di Waduk Djuanda seperti Sungai Cikanyayan, Sungai Cilalawi, Sungai Ciririp dan Sungai Cihonje. Masukan air dari Waduk Cirata yang padat KJA akan mempengaruhi kualitas air di Waduk Djuanda. Limbah pakan yang terdapat di Waduk Cirata pada tahun 1996 dengan 24.320 petak KJA adalah 814 ton fosfat dan 3920,7 ton N; tahun 1999 dengan 27.786 petak mencapai total 198.376 ton (8667 ton N dan 1.239 ton P) dan tahun 2003 terdapat 38.276 petak dengan limbah mencapai total 279121 ton (Krismono *et al.*, 2001; Prihadi, 2004). Penurunan kualitas air ditandai dengan kecerahan menurun, lapisan oksik menipis dan lapisan hipoksik menebal, nutrisi dalam bentuk nitrogen (N) dan fosfor (P) meningkat yang ditandai *blooming* fitoplankton dan meningkatnya populasi tumbuhan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji potensi beban pencemaran fosfor dari sumber eksternal (sungai) maupun internal (KJA).

## BAHANNAN METODE

Penelitian dilakukan di Waduk Ir. H. Djuanda pada bulan Februari 2017 (mewakili musim penghujan) dan bulan Agustus 2017 (mewakili musim kemarau). Sampel air diambil di 5 stasiun sungai yang merupakan inlet (Gambar 1), yaitu Sungai Citarum (Parung Kalong), Sungai Cikanyayan, Sungai Ciririp, sungai Cihonje dan sungai Cilalawi. Pengambilan sampel air di sungai dilakukan di tepi dan di bagian tengah sungai. Kedalaman sungai bervariasi antara 0,14 – 10 m. Variabel kualitas air yang diamati disajikan pada Tabel 1. Data sekunder produksi ikan budidaya dalam KJA diperoleh dari Dinas Perikanan dan Peternakan (Diskanak) Kab. Purwakarta, data debit air masuk dan curah hujan diperoleh dari Perum Jasa Tirta II sedangkan data rasio konversi pakan diperoleh berdasarkan hasil wawancara dengan pembudidaya.



Gambar 1. Stasiun pengamatan di Waduk Ir. H. Djuanda.  
 Figure 1. Sampling stations at Ir. H. Djuanda Reservoir.

**Analisis Data**

**Beban Pencemar dari Sungai Inlet**

Beban pencemar dari sungai inlet dihitung menggunakan pendekatan *Rapid Assessment* (Olem & Novotny, 1994);

$$BP = Q \times C \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- BP = Beban Pencemaran (ton/bulan)
- Q = Debit sungai (m<sup>3</sup>/dtk)
- C = Konsentrasi bahan pencemar (mg/L).

Kemudian, untuk mendapatkan jumlah beban nutrisi dalam satuan ton per bulan, maka rumus di atas (1) dikalikan dengan:

$$10^{-6} \times 3600 \times 24 \times 30 = \left[ \frac{2.592.000}{1.000.000} \right]$$

Sehingga menjadi:

$$L = \left[ \frac{2.592.000}{1.000.000} \right] \times Q \times C \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- L = beban masukan nutrisi tiap bulan (ton/bulan)
- 2.592.000 = faktor konversi (bulan ke detik)
- 1.000.000 = zfaktor konversi (ton ke gram)
- C = konsentrasi bahan pencemar (mg/L)

**Beban Pencemar Dari Kegiatan KJA**

Cemaran fosfor dari kegiatan KJA dihitung dengan mempertimbangkan jumlah pakan, feses dan FCR (*food conversion ratio*) menggunakan persamaan dari Barg (1992):

$$\text{Beban P: } Kg P = (A \times C_d) - (B \times C_f) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- A = berat basah pelet yang digunakan per tahun (ton)
- B = berat basah produksi ikan per tahun (ton)
- C<sub>d</sub> = kandungan P pada pellet (% berat basah)
- C<sub>f</sub> = kandungan P pada ikan (% berat basah)

**HASIL DAN BAHASAN**

**Hasil**

**Beban Fosfor Masukan dari Sungai Inlet**

Terdapat lima sungai besar yang bermuara ke Waduk Ir. H. Djuanda yaitu sungai Citarum (sungai inlet utama), Sungai Cilalawi, Sungai Cikanyayan, Sungai Ciririp dan Sungai Cihonje. Pengamatan oksigen terlarut, orthofosfat dan fosfor yang berasal dari 6 sungai tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi oksigen terlarut yang berasal dari Sungai Citarum cenderung

sangat rendah yaitu 1.02 mg/L sementara dari sungai inlet lainnya masih tinggi, bahkan mencapai 9,43 mg/L di Sungai Cilalawi. Konsentrasi oksigen di Sungai Citarum pada permukaan di bulan Februari kurang dari 2 mg/L. Bahkan di bulan agustus konsentrasi oksigen permukaan kurang dari 1 mg/L. Konsentrasi fosfor total dari semua sungai inlet lebih tinggi di bulan Agustus dibandingkan bulan Februari. Hal ini diduga berkaitan dengan musim yaitu bulan Agustus merupakan musim kemarau sehingga konsentrasi fosfor lebih pekat dibandingkan bulan Februari yang merupakan musim penghujan sehingga diduga terjadi pengenceran nutrisi.

Tabel 2. Konsentrasi Oksigen terlarut, orthofosfat dan fosfor total dari inlet sungai Waduk Ir. H. Djuanda tahun 2017

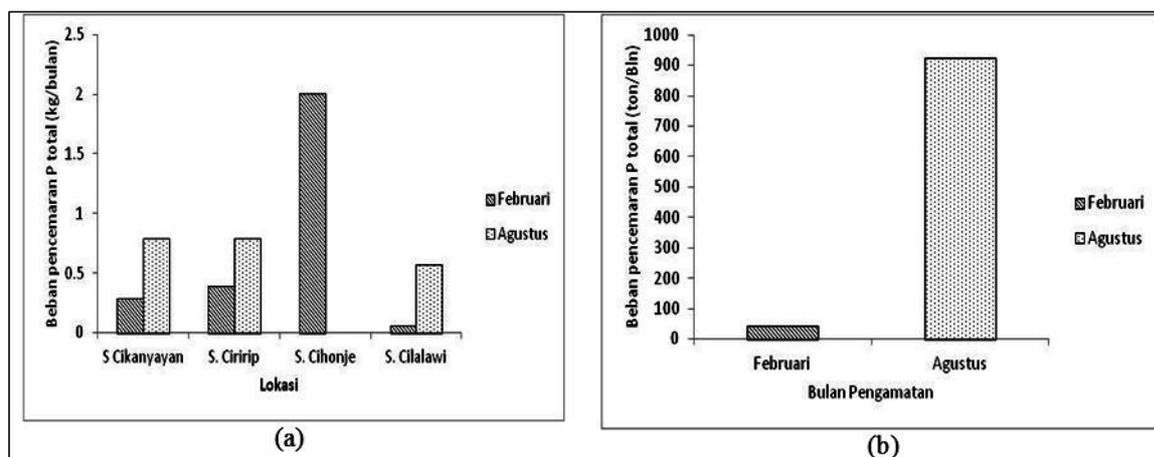
Table 2. Dissolved oxygen concentration, orthophosphate and total phosphorus from river inlet into Ir. H. Djuanda Reservoir

Variable	S.Citarum		S.Cikanyayan		S.Ciririp		S. Cihonje		S.Cilalawi	
	Feb	Agt	Feb	Agt	Feb	Agt	Feb	Agt	Feb	Agt
Oksigen terlarut (mg/L)	1,02	0,1	6,70	4,44	7,64	7,73	7,25	-	8,67	9,43
Orthofosfat (mg/L)	0,06	0,081	td	0,02	0,031	0,011	0,024	-	0,015	Td
Fosfor total (mg/L)	0,08	2,723	0,09	0,97	0,03	0,97	0,11	-	0,05	1,09

Keterangan: Feb = Februari 2017 ; Agt = Agustus 2017; td = tidak terdeteksi

Beban pencemaran fosfor ke waduk dapat berasal dari sungai-sungai sekitar yang bermuara ke waduk tersebut. Sumber fosfor sungai Citarum diduga sebagian berasal dari waduk Cirata, untuk Sungai Cikanyayan berasal dari lahan pertanian dan permukiman, di Sungai Ciririp berasal

dari lahan permukiman dan pertanian, sedangkan di Sungai Cihonje berasal dari lahan hutan dan pertanian dan Sungai Cilalawi berasal dari lahan pertanian dan permukiman. Kondisi Sungai Cihonje pada musim kemarau di bulan Agustus mengalami kekeringan (Gambar 3).



Gambar 2. Beban pencemar (a) fosfor total dari sungai inlet Waduk Ir. H. Djuanda (b) beban fosfor dari Sungai Citarum.

Figure 2. Pollution loads (a) total phosphorus from tributaries into Ir. H. Djuanda Reservoir; (b) total phosphorus from Citarum River.



Gambar 3. Sungai Cihonje (a) Musim penghujan di bulan Februari, (b) musim kemarau di bulan Agustus.  
 Figure 3. Cihonje River (a) Rainy season in February; (b) Dry season in August.

Gambar 2 menunjukkan bahwa sumber terbesar fosfor adalah berasal dari Sungai Citarum yaitu berkisar 44,42 – 924,29 ton/bulan atau setara dengan 533,04 – 11.091,5 ton/tahun. Sementara potensi beban pencemaran fosfor dari empat sungai inlet lainnya cenderung rendah yaitu < 1 ton/tahun.

**Beban Fosfor Masukan dari KJA**

Kegiatan budidaya ikan dalam KJA menghasilkan produksi ikan air tawar yang cukup besar sehingga memberi dampak positif terhadap perekonomian masyarakat dan penyerapan tenaga kerja. Di Waduk Ir. H. Djuanda, sistem budidaya ikan ini dari waktu ke waktu terus meningkat bahkan telah melebihi dari yang diijinkan yaitu 2.100 petak (SK Bupati Purwakarta N0 06 Tahun 2001). Berdasarkan data Dinas Perikanan dan Peternakan (Diskanak) Kabupaten Purwakarta produksi ikan Waduk Ir. H. Djuanda tahun 2015 adalah 62.118 atau setara dengan 2,31 ton/petak/th. Hasil wawancara dengan pegawai lingkup Diskanak Kabupaten Purwakarta menyebutkan

bahwa Diskanak Kabupaten Purwakarta telah melakukan moratorium penerbitan Surat Ijin Usaha Perikanan (SIUP) KJA, namun KJA yang tidak berijin tetap dibangun sehingga banyak KJA yang belum terdaftar dan berijin. Tahun 2015, jumlah KJA yang terdaftar di Diskanak Purwakarta mencapai 26.118 petak namun hasil penelusuran dengan bantuan aplikasi *Google Earth 2017* jumlah tersebut sudah mencapai 49.394 petak pada tahun 2017. Artinya terdapat sekitar 23.276 petak atau 47% yang tidak tercatat karena tidak mempunyai SIUP.

Kegiatan budidaya ikan dalam KJA yang tidak terkontrol memberikan dampak pencemaran terhadap perairan waduk, antara lain berasal dari sisa pakan yang tak tercerna sehingga terbuang ke perairan dan dari ekskresi ikan berupa feses dan urin. Hasil analisis laboratorium pada sampel pakan terapung dan tenggelam mengandung fosfor berkisar antara 1,49 – 1,56 % dengan rerata 1,53%. Hasil analisis fosfor pada ikan mas yang dipelihara di KJA Waduk Djuanda disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan fosfor (P) pada ikan mas budidaya dalam KJA  
 Table 3. Phosphorus in carp from floating net cage culture

No (Number)	Panjang total (Total length) (cm)	Bobot (Wet Weight) (g)	P dalam tubuh ikan (P in fish tissue) (%)
1	25,4	340,97	0,395
2	28,1	417,25	0,442
3	25,8	340,72	0,549
Rerata	26,43	366,31	0,46

Berdasarkan hasil produksi ikan per petak karamba, konsentrasi fosfor pada ikan dan pada pakan, maka dapat

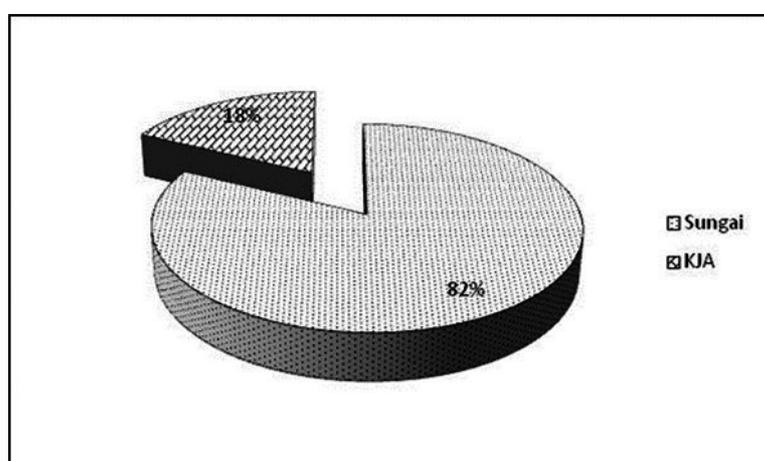
diperkirakan jumlah pakan yang digunakan dan limbah fosfor yang dihasilkan (Tabel 4).

Tabel 4. Produksi ikan mas dan kandungan fosfor yang berasal dari kegiatan budidaya KJA di Waduk Ir. H. Djuanda  
 Table 4. Carp produce and phosphorus loading from FCC in Ir. H. Djuanda Reservoir

Parameter (Parameters)	Satuan (Units)	Nilai (Value)
Jumlah KJA	Petak	49.394
Produksi	Ton	114.100,4
P pada ikan mas	%	0,46
P pada pakan ikan	%	1,53
Jumlah pakan	Ton	193.979,24
P dari KJA	Ton	2.382,9

Beban pencemar yang masuk ke waduk Ir. H. Djuanda menunjukkan bahwa diduga sebagian besar total fosfor berasal dari sungai inlet (*external source*) yaitu mencapai 11.091,5ton/tahun (82%), lebih tinggi dibandingkan dari

kegiatan KJA (*internal source*) sebesar 2.382,9 ton/tahun (18%; Gambar 4). Berarti beban pencemaran fosfor total yang diperkirakan masuk ke Waduk Ir. H. Djuanda mencapai 13.474,4 ton/tahun.



Gambar 4. Estimasi persentase beban pencemaran total fosfor yang masuk ke Waduk Ir. H. Djuanda.  
 Figure 4. Estimation of total phosphorus load (in percent) into Ir. H. Djuanda Reservoir.

## Bahasan

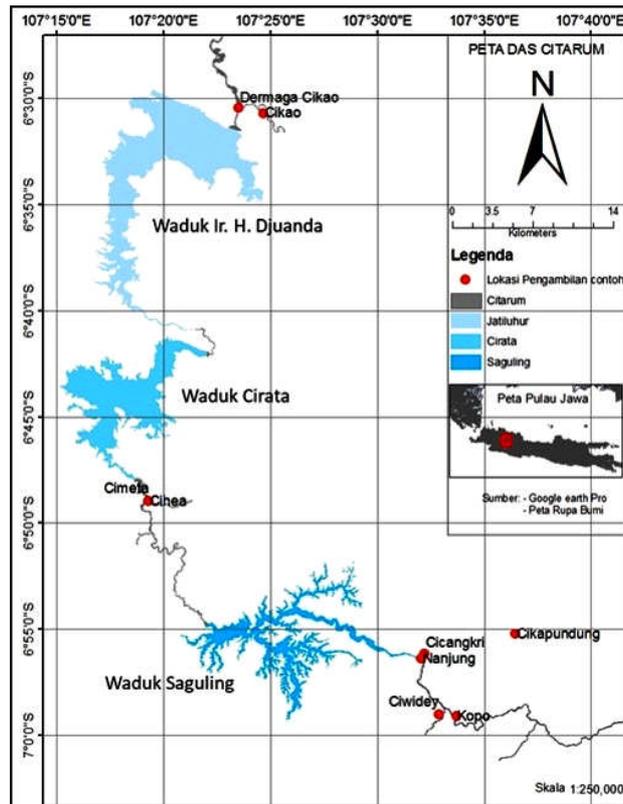
Fosfor dalam bentuk terlarut maupun partikel merupakan nutrisi esensial bagi organisme yang tinggal dan berada di perairan. Secara alami ketersediaan fosfor perairan karena adanya proses pelapukan batuan induk dan dekomposisi bahan organik. Adanya limbah rumah tangga, limbah industri dan limbah pertanian memberikan kontribusi peningkatan fosfor di permukaan perairan. Chapman (2003) menyebutkan bahwa fosfor berikatan dengan bahan organik dan mineral sedimen dasar yang dapat dimobilisasi oleh bakteri dan dilepaskan ke kolom air. Fosfor dalam bentuk ortofosfat dapat langsung diserap dan dimanfaatkan sebagai nutrisi oleh tumbuhan air dan alga (Effendi, 2003). Konsentrasi fosfat yang tinggi mengindikasikan terjadi pencemaran perairan atau terjadi eutrofikasi (Chapman, 2003). Konsentrasi fosfor total di bulan Februari berkisar 0,03 – 0,11 mg/L dan bulan Agustus berkisar 0,64 – 2,72 mg/L. Konsentrasi total fosfor lebih tinggi pada bulan Agustus (musim kemarau) dibandingkan bulan Februari (musim hujan) seperti di Sungai Fuyang wilayah Cina bagian utara yang mempunyai konsentrasi fosfor dan nitrogen lebih tinggi di musim kemarau

dibandingkan musim penghujan karena nutrisi N dan P lebih terkonsentrasi (Zhang *et al.*, 2017).

Konsentrasi oksigen terlarut di bulan Februari adalah 1,02 – 8,67 mg/L dan bulan Agustus berkisar 0,1 – 9,43 mg/L. Konsentrasi oksigen terendah berasal dari Sungai Citarum pada bulan Februari dan Agustus yaitu 0,1 mg/L dan 1,02 mg/L. Kondisi tersebut berarti aliran Sungai Citarum telah mengalami ekstrim hipoksia yaitu konsentrasi oksigen kurang dari 0,5 mg/L (Killgore & Hooven, 2001) di bulan Agustus. Hal ini diduga bahwa masukan dari Sungai Citarum berasal dari Waduk Cirata dan terjadi pembalikan massa air saat keluar dari pintu outlet waduk Cirata. Tingginya total fosfor yang berasal dari Sungai Citarum diduga berkaitan dengan kondisi anoksia seperti pendapat Numberg (2009) yang menyebutkan bahwa peningkatan fosfor berkaitan dengan kondisi anoksik. Konsentrasi fosfor Waduk Ir. H. Djuanda dipengaruhi juga oleh kegiatan budidaya ikan dalam KJA di Waduk Cirata yang masuk melalui aliran Sungai Citarum yang merupakan sumber utama air ke Waduk Djuanda (Purnamaningtyas & Tjahjo, 2008).

Waduk Ir. H. Djuanda merupakan bagian dari Waduk Kaskade Citarum (Gambar 5). Dua waduk di atas Waduk Ir. H. Djuanda yang juga membendung Sungai Citarum adalah Waduk Saguling dan Waduk Cirata. Hal ini menyebabkan masukan dari Sungai Citarum berasal dari Waduk Cirata, di mana kegiatan budidaya ikan dalam KJA sangat intensif, sehingga air yang keluar dari Waduk Cirata dan masuk ke Waduk Ir. H. Djuanda mengandung bahan organik tinggi yang bersumber dari KJA Cirata. Purnamaningtyas & Tjahjo (2008) menyebutkan bahwa sumber utama degradasi kualitas air Waduk Djuanda

adalah bahan organik dari Waduk Cirata. Pada tahun 1999, beban pencemaran fosfor di perairan waduk Cirata adalah 2.063 ton/tahun yang berasal dari kegiatan permukiman sebesar 1.022 ton/tahun dan dari kegiatan perikanan sebesar 1.041 ton/tahun (Garino, 2002) dan terjadi peningkatan menjadi 1.206 ton/tahun pada tahun 2016 (Warsa *et al.*, 2018). Outlet Waduk Cirata merupakan inlet Waduk Ir. H. Djuanda karena keduanya merupakan waduk kaskade Sungai Citarum sehingga peningkatan pencemaran fosfor di Waduk Cirata dapat berdampak pada peningkatan pencemaran fosfor di Waduk Ir. H. Djuanda.



Gambar 5. Waduk Kaskade Citarum (Astuti *et al.*, 2017).  
 Figure 5. Cascade reservoir of Citarum (Astuti *et al.*, 2017).

Beban pencemaran total fosfor pada bulan Februari cenderung lebih rendah dibandingkan bulan Agustus. Faktor yang mempengaruhi beban pencemaran adalah debit air masuk dan konsentrasi pencemar. Debit air tergantung pula pada kedalaman dan lebar sungai serta kecepatan arus. Pada bulan Februari yang merupakan musim penghujan dengan curah hujan rata-rata 18,2 mm/hari, sungai-sungai cenderung berisi air, namun pada bulan Agustus yang merupakan musim kemarau dengan curah hujan rata-rata 0 mm/hr atau tidak ada hujan selama bulan Agustus cenderung dangkal dan hanya sebagian sungai terisi air bahkan ada yang kering seperti Sungai Cihonje (Gambar 3). Konsentrasi fosfor yang rendah di bulan Februari diduga karena volume air yang tinggi diduga terjadi pengenceran bahan pencemar. Rendahnya konsentrasi fosfor total di bulan Februari (0,03 – 0,11 mg/

L) diduga menjadi penyebab rendahnya beban pencemaran fosfor dibandingkan bulan Agustus yang mempunyai konsentrasi fosfor total 0,64 – 2,72 mg/L.

Fosfor akan dimanfaatkan ikan sesuai dengan kebutuhan tubuhnya dan fosfor yang tidak dapat dimanfaatkan akan dieksresikan dalam bentuk feses dan urin (Lestari *et al.*, 2015). Ikan mas dan nila membutuhkan pakan yang mengandung fosfor secara berturut-turut 0,6 – 0,7 % dan 0,8 – 1,0%, sedangkan pakan ikan yang digunakan dalam kegiatan budidaya mengandung fosfor 1,27 – 1,66% (1,50%) sehingga sebagian akan dieksresikan (Ardi, 2013). Sementara hasil pengamatan sampel pakan terapung dan tenggelam mengandung fosfor berkisar 1,49 – 1,56 % dengan rerata 1,53% yang tidak jauh berbeda dengan hasil analisis Ardi (2013) yaitu 1,5%.

Biasanya pakan dengan total P yang tinggi akan menyebabkan fosfor yang larut dalam air dan terbuang ke perairan juga tinggi. Sukadi (2010) menyebutkan makin tinggi kandungan P dalam pakan makin tinggi pelepasan P ke media air. Terlepasnya P ke media air dipengaruhi oleh pH, suhu, oksigen, turbulensi, dan aktivitas mikroba. Laju pelepasan nutrisi dari pakan menjadi lebih tinggi pada suhu tinggi (Kirbia *et al.*, 1997).

Beban pencemaran total fosfor berasal dari sungai inlet (*external source*) lebih tinggi dibandingkan dari kegiatan KJA (*internal source*; Gambar 4). Adanya perubahan jumlah KJA dan limbah yang masuk ke sungai menyebabkan terjadi perubahan beban pencemaran di waduk Ir. H. Djuanda disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perubahan baban pencemaran fosfor dari kegiatan KJA di Waduk Ir. H. Djuanda  
Table 5. Changes of phosphorus loading from FCC activities in Ir. H. Djuanda Reservoir

No	Parameter (Parameters)	1999*	2017**
1	Beban pencemaran fosfor dari KJA (ton/th)	105,861	2.382,9
2	Jumlah KJA (petak)	2194	49.394
3	Produksi ikan (ton/th)	3498	114.100,4

Keterangan: \* Garno (2002); \*\* hasil penelitian 2017

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa beban pencemaran fosfor sejalan dengan jumlah petak yaitu jumlah petak tahun 2017 adalah 22,51 kali lebih besar daripada tahun 1999 sehingga beban pencemaran fosfor juga diperkirakan 22,51 kali yaitu 2.337,91 ton/th dan tidak jauh berbeda dengan hasil pengamatan tahun 2017 yaitu 2.382,9 ton/tahun.

Waduk dan danau di Indonesia sebagian besar dimanfaatkan juga untuk kegiatan perikanan budidaya melalui KJA. Besarnya beban pencemaran fosfor dari kegiatan budidaya ikan dalam KJA di beberapa waduk / danau tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Beban pencemaran fosfor di beberapa waduk/danau di Indonesia  
Table 6. Phosphorus loading at several reservoir/lake in Indonesia)

No	Parameter (Parameters)	Beban pencemaran fosfor dari KJA (ton/th) (Phosphorus loading from FCC (ton/yr))	Beban pencemaran fosfor dari sungai inlet (ton/th) (Phosphorus loading from river inlet (ton/yr))	Keterangan (Explanation)	Sumber (Sources)
1	Waduk Gajah Mungkur, Jawa Tengah	28.501,71	891,71		Pujiastuti <i>et al.</i> , 2013
2	Danau Batur, Bali	3,372		Jumlah KJA 2324 petak	Handayani <i>et al.</i> , 2011
3	Waduk Kaskade Batujai, NTB	25,02		Luas 890 ha	Brahmana <i>et al.</i> , 2010
4	Waduk Pangga, NTB	6,0		Luas 460 ha	Brahmana <i>et al.</i> , 2010
5	Waduk Riam kanan. Kalimantan Selatan	29,52	56,88	Luas 9200 ha dengan 600 petak KJA	Brahmana & Achmad, 2012
6	Waduk Wadas Lintang, Jawa Tengah	216,5		Beban pencearan fosfor berasal dari KJA masyarakat sebesar 39,2 ton/th dan PT Aquafarm sebesar 177,3 ton/th	Piranti <i>et al.</i> , 2018
7	Danau Maninjau, Sumatera Barat	693,4	20,7		Warsa & Haryadi, 2019

### **Upaya Pengendalian Pencemaran Fosfor Waduk Ir. H. Djuanda**

Waduk Ir. H. Djuanda, selain untuk kegiatan perikanan mempunyai fungsi vital lainnya seperti sebagai sumber air baku air minum masyarakat Purwakarta hingga Jakarta, pembangkit listrik tenaga air, sumber air untuk industri, air irigasi, pengendali banjir dan pariwisata. Untuk menjaga fungsi-fungsi penting tersebut maka diperlukan pengelolaan kualitas air.

Untuk menekan peningkatan beban pencemaran yang masuk ke Waduk Ir. H. Djuanda maka perlu:

- a) Pengendalian pencemaran di wilayah Sungai Citarum yang merupakan sumber terbesar beban pencemaran seperti penataan ulang KJA di Waduk Cirata.
- b) Kegiatan budidaya ikan dalam KJA yang rasional dengan memperhatikan keberlanjutan lingkungan perairan. Ini dapat dilakukan melalui:
  - Moratorium izin usaha dan perpanjangan usaha KJA agar tidak ada pembuatan KJA baru
  - Penggunaan pakan yang berkualitas dengan konsentrasi fosfor rendah namun berprotein tinggi
  - Penggunaan pakan terapung karena pakan terapung merupakan alternatif bentuk pakan yang baik karena pencernaan terhadap pakan, juga mengurangi jumlah pakan yang tak termakan, memperbaiki ketahanannya dalam air, mengurangi partikel debu dan terlepasnya limbah P ke air media, dan akhirnya mengurangi pencemaran air (Sukadi, 2010).
  - Pelaksanaan kegiatan budidaya ikan dalam KJA sesuai dengan petunjuk teknis dan petunjuk pelaksanaan yang telah ditetapkan
  - pemberian sanksi bagi pembudidaya ikan dalam KJA apabila melanggar peraturan kegiatan budidaya yang telah ditetapkan.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya potensi beban pencemaran fosfor dari luar (*external*) yaitu dari sungai mencapai 11.091,5 ton/tahun dan lebih tinggi dari dalam (*internal*) yaitu kegiatan budidaya ikan dalam KJA sebesar 2.382,9 ton/ tahun di tahun 2017. Hal ini menunjukkan bahwa perlunya pengelolaan kualitas air waduk Ir. H. Djuanda untuk menunjang keberlanjutan fungsi-fungsi waduk. Pengelolaan dapat dilakukan dengan pengendalian pencemaran dari sungai inlet dan kegiatan budidaya ikan yang rasional sesuai dengan kemampuan perairan.

### **PERSANTUNAN**

Tulisan ini merupakan hasil dari kegiatan “Pemulihan Populasi Ikan dan Rehabilitasi Lingkungan di Waduk Ir.

H. Djuanda, Purwakarta” tahun anggaran 2017. Terimakasih untuk Andri Warsa, M.Si yang telah membimbing dan memberikan saran dalam penulisan ini, Dyah Ika Kusumaningtyas, S.Si dan Puji Purnama selaku tim teknisi kualitas air BRPSDI.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abu Kaff, M. (2012). Eutrophication in shallow lakes and water dams. *A Magazine for the environmental centre for Arab Towns. Issue 2 December*. <http://Eu.envirocitiesmag.com/article/pdf/article.pdf>
- Ardi, I. (2013). Budidaya ikan system keramba jarring apung guna menjaga keberlanjutan lingkungan perairan Waduk Cirata. *Media Akuakultur* 8 (1): 23 – 29. <http://dx.doi.org/10.15578/ma.8.1.2012.23-29>
- Astuti, L.P., Krismono., & Haryadi, J. (2017). Kualitas air dan beban pencemaran sungai Citarum, Jawa Barat Berdasarkan Parameter *Biological Oxygen Demand* (Bod). *Prosiding Pertemuan Ilmiah Masyarakat Limnologi Indonesia Tahun 2017: Peran Masyarakat Menuju Ekosistem Perairan Darat Yang Sehat*. Masyarakat Limnologi Indonesia: 389-399
- Astuti, L.P., Hendrawan, A.L.S., & Krismono. (2018). Pengelolaan kualitas perairan melalui penerapan budidaya ikan dalam keramba jaring apung “Smart”. *J. Kebijak. Perikan. Ind.* 10 (2), 87-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jkpi.10.2.2018.87-97>
- Barg, U.C. (1992). *Guidelines for the Promotion of Environmental Management of Coastal Aquaculture Development*. FAO Fisheries Technical Paper, 328, FAO, Rome.
- BoQiang, Q., Guang, G., GuangWei, Z. Z., YunLin., YuZhi, S., XiangMing, T., Hai, X., & JianMing, D. (2013). Lake eutrophication and its ecosystem response. *Chin Sci Bull* 58: 961 - 970, doi: 10.1007/s11434-012-5560-x
- Brahmana, S.S., Achmad, F., & Sumarriani, Y. (2010). Pencemaran nutrien (zat hara) dan kualitas air Waduk Kaskade Batujai dan Pengga di P. Lombok. *Jurnal Sumber Daya Air* 6 (1): 75-86 <https://doi.org/10.32679/jsda.v6i1.385>
- Brahmana, S.S., & Achmad, F. (2012). Potensi beban pencemaran nitrogen, fosfat, kualitas air, status trofik dan stratifikasi Waduk Riam Kanan. *Jurnal Sumber Daya Air* 8 (1) : 53-66. <https://doi.org/10.32679/jsda.v8i1.356>
- Chapman, D. (2003). *Water Quality Assessments* (P. 626). Second edition. Taylor & Francis e-Library.

- Efendi H. (2003). *Telaah kualitas air bagi sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Garno, Y.S. (2002). Beban limbah dari karamba jaring apung (KJA) dan yutrofikasi di Perairan Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan 3 (2)*, 112-120. <https://doi.org/10.29122/jtl.v3i2.244>
- Handayani, C. I. M., Arthana, I. W., Merit, I. N. (2011). Identifikasi sumber pencemar dan tingkat pencemaran air di Danau Batur Kabupaten Bangli. *Ecotrophic. 6 (1)*, 37 – 43.
- Henderson-Sellers, B., & Markland, H.R. (1987). *Decaying lake the origin and control of cultural eutrophication*. Jhon Wiley & Sons Ltd. Chichester. NY.254
- Nastiti, A. S., Krismono., & Kartamihardja, E. S. (2001). Dampak budidaya ikan dalam keramba jaring apung terhadap peningkatan unsur N dan P di Perairan Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur. *J.Lit.Perikan.Ind.* 7(2). 22 – 30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.7.2.2001.22-30>
- Lestari, N.A.A., Diantari, R., & Efendi, E. (2015). Penurunan fosfat pada system resirkulasi dengan penambahan filter yang berbeda. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan III (2)*: 367 – 374.
- Nürnberg, GK. 2009. Assessing internal phosphorus load – Problems to be solved. *Lake and Reservoir Management (25)*: 419–432. <https://doi.org/10.1080/00357520903458848>
- Olem & Novotny. (1994). *Water Quality Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Piranti, AS., Rahayu, D., Waluyo, G. (2018) . Phosphorus loading from fish farming activities to wadaslintang reservoir waters. *2<sup>nd</sup> Scientific Communication in Fisheries and Marine Sciences (SCiFiMaS 2018) E3S Web of Conferences 47: 04007* <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184704007>
- Prihadi, T.H. (2004). Upaya perbaikan lingkungan untuk menunjang kesinambungan budidaya ikan dalam karamba jaring apung. *Pengembangan Budidaya Perikanan di Perairan Waduk*. Pusat riset perikanan budidaya, Jakarta
- Pujiastuti, P., B. Ismail & Pranoto. (2013). Kualitas dan beban pencemaran perairan waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Ekosains V (1)*: 59-75
- Purnamaningtyas, S.E., & Tjahjo, D.W.H. (2008). Pengamatan kualitas air untuk mendukung perikanan di Waduk Cirata, Jawa Barat. *J.Lit.Perikan.Ind.* 14 (2): 173-180. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.14.2.2008.173-180>
- Simon, S. Brahmana, Firdaus Achmad. (2012). Potensi Beban Pencemaran Nitrogen, Fosfat, Kualitas Air, Status Trofik Dan Stratifikasi Waduk Riam Kanan. *Jurnal Sumber Daya Air 8 (1)*: 53-66. <https://doi.org/10.32679/jsda.v8i1.356>
- Sukadi, F. (2010). Ketahanan dalam air dan pelepasan nitrogen & fosfor ke air media dari berbagai pakan ikan air tawar. *J. Ris. Akuakultur 5 (1)*: 01-12. <http://dx.doi.org/10.15578/jra.5.1.2010.1-12>
- Warsa, A., Hariyadi, J., Astuti, L.P. (2018). Mitigasi Beban Fosfor dari Kegiatan Budidaya dengan Penebaran Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan, 19 (2)*: 259 – 266. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2669>
- Warsa, A., J. Haryadi. (2019). Beban Cemar Fosfor dari Kegiatan Budidaya dan Dampaknya Terhadap Status Kesuburan Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Ecolab 13 (1)*,. 1 – 10. <https://doi.org/10.20886/jklh.2019.13.1.1-10>
- Zhang, W., Xin Jin, Dong Liu, Chao Lang, & Baoqing Shan. (2017). Temporal and spatial variation of nitrogen and phosphorus and eutrophication assessment for a typical arid river - Fuyang River in northern China. *Journal Of Environmental Sciences 55* : 41– 48. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.07.004>
- Killgore, K.J., & Hoover, J.J. (2001). Effects of hypoxia on Fish Assemblages in a Vegetated Waterbody. *J. Aquat. Plant Manage.* 39: 40-44.