

**ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN AIR
(DTBPA) DALAM PENGELOLAAN KEGIATAN BUDIDAYA IKAN
INTENSIF**

(Studi Kasus: Keramba Jaring Apung Waduk Cirata)

**TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD (TMDL) ANALYSIS IN THE
INTENSIVE FISH FARMING MANAGEMENT**

(Case Study: Floating Cage Aquaculture Cirata Reservoir)

^{1*} Tjut Sutjinurani dan ²Suharyanto

^{1,2}. Program Magister Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl Ganesha No.10 Bandung 40132

^{*1}cutsucinurani@yahoo.co.id, ²ssuhar816@gmail.com

Abstrak: Pengembangan dan pemanfaatan sumber daya perairan waduk melalui kegiatan tambahan saat ini cenderung mengabaikan fungsi utama dari pembangunan waduk itu sendiri. Akibat dari kegiatan perikanan Keramba Jaring Apung (KJA) dan perubahan fungsi lahan pada Daerah Tangkapan Air (DTA), eutrofikasi menjadi masalah utama di Waduk Cirata. Berdasarkan parameter kualitas air pH, ammonia (NH₃), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃), fosfat (PO₄), DO dan BOD dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2015, hanya parameter pH dan nitrat yang menunjukkan kesesuaian terhadap baku mutu kualitas air PP No. 82 Tahun 2001 kelas II. Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran Air (DTBPA) dan penentuan alokasi jumlah limbah dari DTA serta KJA yang diperbolehkan masuk ke dalam Waduk Cirata dilakukan sebagai dasar dalam pengelolaan berdasarkan PERMENLH No. 28 Tahun 2009. Nilai DTBPA Waduk Cirata untuk parameter total P dan total N berturut-turut adalah 381.372,62 ton P/tahun dan 2.709.103,33 ton N/tahun. Beban pencemar aktual untuk parameter total fosfor adalah sebesar 197 mg P/m³ dan untuk parameter total nitrogen adalah sebesar 5.096 mg/m³, dengan perkiraan jumlah petak aktual sebanyak kurang lebih 60.000 petak. Jumlah petak keramba jaring apung harus dikurangi agar sesuai dengan ketentuan SK Gubernur Jabar No. 41 Tahun 2002, sehingga pengurangan sebanyak 80,37% untuk parameter total P dan 81,14% untuk parameter total N. Pengurangan jumlah petak KJA di area waduk dan sistem kelembagaan antara pemerintah, masyarakat dan berbagai pihak terkait dalam perencanaan, pelaksanaan, pemanfaatan, dan pengawasan sumberdaya merupakan merupakan solusi yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan eutrofikasi di waduk.

Kata kunci: Waduk Cirata, eutrofikasi, Keramba Jaring Apung (KJA), Daerah Tangkapan Air (DTA), Daya Tampung Beban Pencemaran Air (DTBPA)

Abstract : The development and utilization of water resources reservoir through additional activities tend to ignore the primary function of the reservoir itself. Because of the high nutrient from floating cage aquaculture and land use changes in the catchment area of the reservoir, eutrophication become a major problem in Cirata Reservoir. Based on the water quality parameters pH, ammonia (NH₃), nitrite (NO₂), nitrate (NO₃), phosphate (PO₄), DO, and BOD from 2005 until 2015, only the parameters of pH and nitrate demonstrate the suitability of the water quality standards based on PP No. 82 of 2001 class II. Calculation of Total Maximum Daily Load (TMDL) and the determination of the allocation of the amount of waste from the DTA and the KJA is allowed to enter into Cirata performed as a basis for management based on Regulation of the Minister of Environment no. 28 of 2009. TMDL value of Cirata Reservoir for the parameters total P and total N in a row is 381,372.62 tons P/year and 2,709,103.33 tons N/year. Actual pollution load for total phosphorus parameters amounted to 197 mg P/m³ for total nitrogen parameter is equal to 5,096 mg N/m³, with an estimated amount of the actual plot of approximately 60,000 plots. Total plot floating cages should be reduced to conform with the provisions of the Decree of the Governor of West Java no. 41 of 2002, so the reduction of as much as 80.37% for the parameters total P and 81.14% for total parameter N. Reduction of the number of plots KJA in the area between the dam and the institutional system of government, the public and various stakeholders in the planning, implementation, utilization, and

monitoring of natural resources is the most appropriate solution to overcome the problem of eutrophication in the reservoir.

Key words: *Cirata Reservoir, eutrophication, floating cage aquaculture, catchment area, Total Maximum Daily Load (TMDL)*

PENDAHULUAN

Waduk merupakan kolam besar tempat menampung air untuk berbagai kebutuhan yang dibuat dengan membendung aliran sungai dan kemudian dialiri air sampai waduk tersebut penuh. Waduk yang memiliki peran strategis sebagai pembangkit listrik salah satunya adalah Waduk Cirata. Pada perkembangannya keberadaan waduk ini dimanfaatkan juga untuk peruntukkan lainnya seperti sumber air bersih, tempat rekreasi, sarana perhubungan, dan aktivitas budidaya ikan pada jaring-jaring atau yang dikenal dengan istilah Keramba Jaring Apung (KJA). Aktivitas budidaya ikan dalam keramba jaring apung di Waduk Cirata berkembang dengan pesat, hal ini terlihat dari perkembangan jumlah petak karamba yang terus meningkat dari tahun ke tahun, melebihi jumlah karamba maksimal yang diperbolehkan menurut SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002. Pemanfaatan waduk untuk aktivitas budidaya keramba jaring apung disamping memberikan dampak positif, juga menimbulkan dampak negatif terutama berupa penurunan kualitas air waduk. Dampak negatif yang ditimbulkan dari aktivitas budidaya ikan menurut Beveridge (1996) adalah bahan buangan atau limbah dari budidaya KJA berupa feses, urin dan makanan yang tidak dikonsumsi. Sebanyak 20-25% dari total pakan yang diberikan dalam perikanan budidaya secara komersial tidak dikonsumsi oleh ikan dan sekitar 25-30% dari pakan yang dikonsumsi tersebut diekskresikan ke lingkungan (McDonald dkk, 1996). Peningkatan unsur hara dari penguraian sisa pakan akan mempercepat terjadinya eutrofikasi. Dampak eutrofikasi dari setiap badan air dapat bervariasi secara spasial dan temporal yang disebabkan oleh terdapat perbedaan kondisi hidrodinamika badan air (Wu dkk, 2012). Eutrofikasi yang dihasilkan dari pengkayaan nutrisi menurunkan kualitas air dan merusak struktur dan fungsi ekosistem waduk serta dipengaruhi oleh penggunaan lahan di daerah tangkapan air (Xu dan Zhang, 2016).

Menurut Badan Pengelola Waduk Cirata (BPWC), jumlah KJA pada tahun 2011 tercatat di Waduk Cirata berjumlah 53.031 petak 90% diantaranya dalam status operasi. Padahal jumlah karamba maksimal yang diperbolehkan menurut SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002 adalah 12.000 petak. Jumlah ini sudah sangat jauh melampaui daya dukung waduk tersebut. Sebagai akibatnya, beban limbah dari budidaya keramba yaitu pakan yang tidak termakan dan hasil limbah metabolik meningkat dan berdampak kepada masalah pencemaran lingkungan perairan. Selain itu, kepemilikan KJA juga turut mengalami perkembangan. Pemilik KJA tidak hanya warga yang terkena dampak penggenangan saja, tetapi juga warga yang ingin berinvestasi dan memiliki usaha dalam pembudidayaan ikan. Jumlah KJA yang semakin meningkat justru menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain kerugian petani ikan akibat terjadinya kematian ikan massal. Kematian ikan massal diduga terjadi karena semakin memburuknya kualitas air di Waduk Cirata (BPWC, 2015). Sebagai akibatnya, beban limbah dari budidaya tambak yaitu pakan yang tidak termakan dan hasil limbah metabolik meningkat yang akan berdampak kepada masalah pencemaran lingkungan perairan. Pada budidaya ikan sisa pakan dan kotoran ikan memungkinkan terakumulasinya limbah organik mengalami dekomposisi dan terurai menjadi unsur hara fosfat dan nitrogen. Apabila tercemar dan rusak, waduk memerlukan waktu yang lama dengan biaya yang tidak sedikit untuk memulihkan kondisinya, sehingga diperlukan pengelolaan yang tepat untuk mencegah dan mengatasi permasalahan tersebut.

Menurut PERMENLH No. 28 Tahun 2009, setiap waduk harus dihitung nilai DTBPA dalam pengelolaannya. DTBPA atau Daya Tampung Beban Pencemaran Air adalah kemampuan air untuk menampung sejumlah bahan pencemar tanpa mengakibatkan air menjadi cemar. Pengurangan beban adalah cara mendasar untuk memenuhi tujuan kualitas air waduk, DTBPA perlu dikembangkan untuk memandu pengelolaan DAS masa depan dan pengurangan beban pada

waduk tersebut (Zhao dkk, 2012). Nilai tersebut berguna untuk alokasi berapa jumlah limbah yang diperbolehkan masuk dari setiap kegiatan yang berpotensi mencemari waduk tersebut khususnya DTA dan KJA yang pada akhirnya dapat memberikan dasar ilmiah bagi otoritas untuk membuat keputusan manajemen pencemaran air (Wang dkk, 2015).

Studi yang telah dilakukan oleh Machbub (2010) mengenai daya tampung beban pencemaran air memberikan kesimpulan bahwa Baku Mutu Air (BMA) Waduk Cirata berstatus eutrofik mengingat beban lingkungan DAS yang tinggi, yaitu dari limbah penduduk, limbah industri, limbah pertanian dan peternakan, serta beban limbah perikanan pada perairan waduk. Daya dukung jumlah unit petak KJA di Waduk Cirata adalah sebanyak 6.692 petak KJA dan untuk mengendalikan pencemaran air dilakukan pengurangan jumlah KJA sebesar 85,9%. Menurut Aziz (2013) sebanyak 34,2% beban fosfor di Waduk Jatiluhur berasal dari KJA dan sisanya berasal dari DTA, dan beban aktual waduk telah melampaui nilai DTBPA yang telah ditetapkan, kegiatan perikanan KJA harus dikurangi sebesar 72,6% dan dari kegiatan domestik harus dikurangi sebesar 120,6%.

Oleh karena itu, dalam pengelolaan Waduk Cirata perlu dipertimbangkan nilai DTBPA serta alokasinya pada setiap kegiatan yang berpotensi mencemari waduk tersebut untuk menghitung alokasi beban pencemar dari DTA dan KJA yang harus dikendalikan. Pada perairan danau dan waduk, pengertian daya tampung lebih spesifik yaitu kemampuan beban pencemar air sehingga kualitas air tetap memenuhi syarat atau baku mutu serta sesuai dengan status trofik yang disyaratkan. Konsep perhitungan nilai DTBPA sama dengan perhitungan daya dukung perairan, dimana unsur fosfat (P) dan nitrogen (N) yang menjadi fokus dalam perhitungan. Daya dukung perairan digunakan untuk melihat seberapa besar kemampuan dari suatu perairan mendukung proses siklus ekologi yang ada di dalamnya. Penentuan daya dukung tersebut berdasarkan unsur pembatas utama di perairan yang membatasi produktivitas produsen primer. Pengelolaan waduk dilakukan melalui perhitungan nilai DTBPA Waduk Cirata, nilai beban aktual dan alokasi jumlah limbah dari penggunaan lahan di DTA dan kegiatan perikanan KJA. Pada akhirnya dapat ditentukan kebijakan yang tepat dalam pengelolaan Waduk Cirata.

METODOLOGI

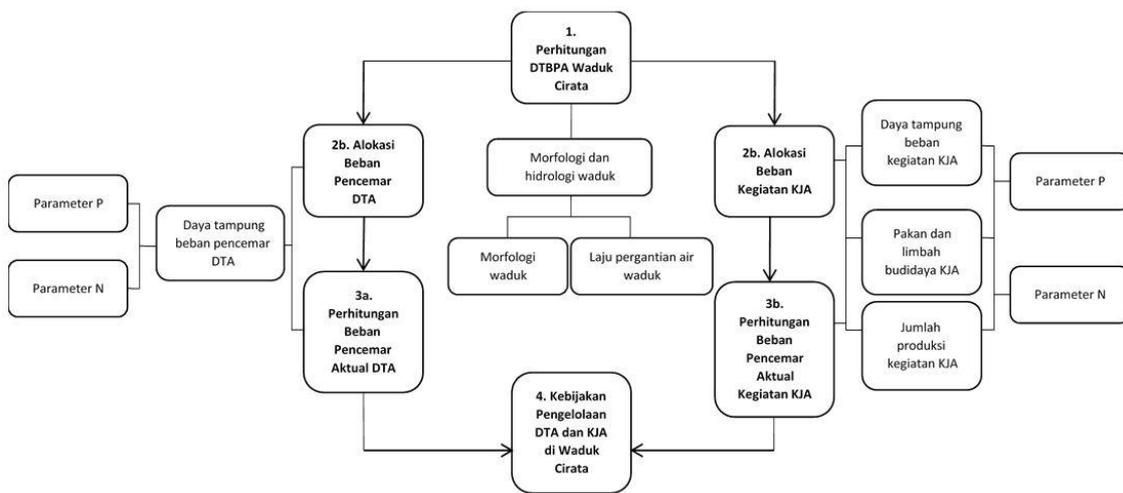
Objek penelitian ini adalah Waduk Cirata yang terletak di Kabupaten Purwakarta Jawa Barat melingkupi badan air waduk tersebut dan kegiatan yang berada di atas badan air seperti perikanan KJA dan DTA yang memiliki kontribusi terhadap masuknya limbah nutrisi khususnya total nitrogen dan total fosfat. Secara geografis, Waduk Cirata terletak pada 107°14'15"-107°22'03" LS dan 06°41'30"-06°48'07" BT. Wilayah Cirata termasuk ke dalam 3 Kabupaten di wilayah Jawa Barat, yaitu Kabupaten Bandung, Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Cianjur (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi penelitian Waduk Cirata, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat (Sumber: Google, 2016)

Tahapan penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan studi ini adalah 1) studi literatur, 2) pengumpulan data sekunder dari instansi pemerintahan maupun instansi terkait lainnya seperti data kualitas air dan aliran sungai, data kegiatan perikanan keramba jaring apung, dan data peta dasar dan kontur, 3) survei lapangan yang telah dilakukan sebanyak tiga kali pada bulan November, Desember dan bulan Maret, 4) analisis data berupa perhitungan nilai daya tampung beban pencemaran air Waduk Cirata, perhitungan nilai daya tampung beban pencemaran air DAS atau DTA, perhitungan nilai daya tampung beban pencemaran air budidaya ikan, 5) hasil dan pembahasan, serta 6) kesimpulan dan saran. Data yang digunakan adalah data sekunder pH, ammonia, nitrit, nitrat, fosfat, DO dan BOD dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2015 dan data primer N-total dan P-total pada awal tahun 2016. Untuk lokasi pengambilan contoh air diambil sebanyak sembilan titik sampling.

DTBPA dihitung berdasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009. Metode yang dipakai diasumsikan model 0 dimensi dimana waduk dianggap bercampur sempurna (*fully mixed reactor*) (Machbub, 2010). Skema perhitungan daya tampung beban pencemaran air ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Skema perhitungan daya tampung beban pencemaran air

1. Rumus umum perhitungan DTBPA waduk :

a. Morfologi dan Hidrologi waduk

- Morfologi waduk

$$Z = 100 \times V / A$$

(Persamaan 1)

Z = Kedalaman rata-rata waduk (m)

V = Volume air waduk (juta m³)

A = Luas perairan waduk (Ha)

- Laju penggantian air danau atau waduk (ρ)

$$\rho = Q_o / V$$

(Persamaan 2)

ρ = Laju penggantian air waduk (1/tahun)

Q_o = Jumlah debit air keluar waduk (juta m³/tahun)

2. Rumus umum perhitungan DTBPA DAS atau DTA :

a. Alokasi beban pencemaran

- Parameter P

$$[P]_d = [P]_{std} - [P]_i - [P]_{das}$$

(Persamaan 3)

[P]_{std} = Syarat kadar parameter P maksimal sesuai baku mutu air atau kelas (mg/m³)

- $[P]_i$ = Kadar parameter P hasil pemantauan waduk (mg/m^3)
 $[P]_{\text{das}}$ = Jumlah alokasi beban P dari DAS atau DTA (mg/m^3)
 $[P]_d$ = Alokasi beban P limbah kegiatan pada perairan waduk (mg/m^3)
- Parameter N
 $[N]_d = [N]_{\text{std}} - [N]_i - [N]_{\text{das}}$ **(Persamaan 4)**
 $[N]_{\text{std}}$ = Syarat kadar parameter N maksimal sesuai baku mutu air atau kelas (mg/m^3)
 $[N]_i$ = Kadar parameter N hasil pemantauan waduk (mg/m^3)
 $[N]_{\text{das}}$ = Jumlah alokasi beban N dari DAS atau DTA (mg/m^3)
 $[N]_d$ = Alokasi beban N limbah kegiatan pada perairan waduk (mg/m^3)
- b. Daya tampung beban pencemaran air pada air waduk
- Parameter P
 $R = 1 / (1 + 0,747 \cdot \rho^{0,507})$ **(Persamaan 5)**
 $L = P_{\text{std}} \cdot Z \cdot \rho / (1 - R)$ **(Persamaan 6)**
 $La = L \times A$ **(Persamaan 7)**
 L = Daya tampung limbah P per satuan luas waduk ($\text{gr P}/\text{m}^2$ tahun)
 La = Jumlah daya tampung limbah P pada perairan waduk ($\text{gr P}/\text{tahun}$)
 R = Total P yang tinggal bersama sedimen atau mengendap
 x = Proporsi total P-total yang secara permanen masuk ke dasar
- Parameter N
 $R = 1 / (1 + 0,747 \cdot \rho^{0,507})$ **(Persamaan 8)**
 $L = N_{\text{std}} \cdot Z \cdot \rho / (1 - R)$ **(Persamaan 9)**
 $La = L \times A$ **(Persamaan 10)**
 L = Daya tampung limbah N per satuan luas waduk ($\text{gr N}/\text{m}^2$ tahun)
 La = Jumlah daya tampung limbah N pada perairan waduk ($\text{gr N}/\text{tahun}$)
 R = Total N yang tinggal bersama sedimen atau mengendap
 x = Proporsi total N-total yang secara permanen masuk ke dasar
3. Rumus umum perhitungan DTBPA budidaya ikan :
- a. Daya tampung beban pencemaran air limbah budidaya ikan
- Parameter P
 $R_{\text{ikan}} = 1 / (1 + 0,747 \cdot \rho^{0,507})$ **(Persamaan 11)**
 $L_{\text{ikan}} = P_d \cdot Z \cdot \rho / (1 - R_{\text{ikan}})$ **(Persamaan 12)**
 $La_{\text{ikan}} = L_{\text{ikan}} \times A$ **(Persamaan 13)**
 L_{ikan} = Daya Tampung P-Total limbah ikan per satuan luas waduk ($\text{gr P}/\text{m}^2$ tahun)
 La_{ikan} = Jumlah daya tampung P-Total limbah ikan pada perairan waduk ($\text{gr P}/\text{tahun}$)
 R = P total yang tinggal bersama sedimen atau mengendap
 R_{ikan} = Proporsi P-Total yang larut ke sedimen setelah ada KJA
 x = Proporsi total P-Total yang secara permanen masuk ke dasar
- Parameter N
 $R_{\text{ikan}} = 1 / (1 + 0,747 \cdot \rho^{0,507})$ **(Persamaan 14)**
 $L_{\text{ikan}} = N_d \cdot Z \cdot \rho / (1 - R_{\text{ikan}})$ **(Persamaan 15)**
 $La_{\text{ikan}} = L_{\text{ikan}} \times A$ **(Persamaan 16)**
 L_{ikan} = Daya Tampung N-Total limbah ikan per satuan luas waduk ($\text{gr N}/\text{m}^2$ tahun)
 La_{ikan} = Jumlah daya tampung N-Total limbah ikan pada perairan waduk ($\text{gr N}/\text{tahun}$)
 R = N total yang tinggal bersama sedimen atau mengendap
 R_{ikan} = Proporsi N-Total yang larut ke sedimen setelah ada KJA
 x = Proporsi total N-Total yang secara permanen masuk ke dasar
- b. Pakan dan limbah budidaya ikan KJA
- Parameter P
 $P_{LP} = \text{FCR} \times P_{\text{Pakan}} - P_{\text{ikan}}$ **(Persamaan 17)**
 P_{LP} = P-Total yang masuk waduk dari limbah ikan ($\text{kg P}/\text{ton ikan}$)
 FCR = Feed Conversion Ratio ($\text{ton pakan}/\text{ton ikan}$)
 P_{Pakan} = Kadar P-Total dalam pakan ($\text{kg P}/\text{ton pakan}$)
 P_{ikan} = Kadar P-Total dalam ikan ($\text{kg P}/\text{ton ikan}$)

- Parameter N
 - $N_{LP} = FCR \times N_{Pakan} - N_{ikan}$ (Persamaan 18)
 - N_{LP} = N-Total yang masuk waduk dari limbah ikan (kg N/ton ikan)
 - FCR = Feed Conversion Ratio (ton pakan/ton ikan)
 - N_{Pakan} = Kadar N-Total dalam pakan (kg N/ton pakan)
 - N_{ikan} = Kadar N-Total dalam ikan (Kg N/ton ikan)
- c. Jumlah budidaya perikanan
 - Parameter P
 - $L_I = La_{ikan}/P_{LP}$ (Persamaan 19)
 - $L_P = L_I \times FCR$ (Persamaan 20)
 - L_I = Jumlah produksi ikan KJA (ton ikan/tahun)
 - L_P = Jumlah pakan ikan KJA (ton pakan/tahun)
 - Parameter N
 - $L_I = La_{ikan}/N_{LP}$ (Persamaan 21)
 - $L_P = L_I \times FCR$ (Persamaan 22)
 - L_I = Jumlah produksi ikan KJA (ton ikan/tahun)
 - L_P = Jumlah pakan ikan KJA (ton pakan/tahun)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan kualitas air diketahui bahwa nilai pH dan nitrat pada tahun 2005-2015 secara garis besar masih memenuhi baku mutu kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Kelas II, sedangkan nilai nitrit, fosfat, DO dan BOD tidak memenuhi baku mutu tersebut.

Nilai DTBPA Waduk Cirata

Kualitas air yang digunakan pada perhitungan DTBPA berasal dari parameter total nitrogen dan total fosfat. Nilai DTBPA menggambarkan berapa banyak beban fosfor dan nitrogen yang dapat ditampung oleh waduk tanpa membuat waduk tersebut menjadi tercemar akibat dari kelebihan fosfor dan nitrogen tersebut. Berdasarkan perhitungan nilai total DTBPA Waduk Cirata sesuai SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002 untuk parameter fosfat adalah 381.378,62 ton P/tahun, sedangkan untuk parameter nitrogen adalah 2.709.103,33 ton N/tahun (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai daya tampung beban pencemar Waduk Cirata

Parameter	Satuan	Total - P	Total - N
Beban pencemar	mg X/m ³	58	412
Daya tampung beban pencemar	gr X/m ² /tahun	6.151,27	43.695,22
Jumlah daya tampung	ton X/tahun	381.378,62	2.709.103,33
Jumlah produksi ikan	ton ikan/tahun	35.477,08	36.001,37
Jumlah pakan ikan, FCR = 1,5	ton pakan/tahun	53.215,62	54.002,06
Jumlah petak KJA	Petak	11.826	12.000

Alokasi Nilai Daya Tampung Beban Pencemar

Nilai total DTBPA yang didapat perlu dialokasikan berdasarkan kegiatan yang memiliki potensi besar menyumbang beban fosfor ke dalam waduk, yaitu kegiatan KJA serta kegiatan dan penggunaan lahan di daerah tangkapan air Waduk Cirata. Alokasi ini digunakan sebagai dasar pengelolaan waduk selanjutnya, berdasarkan pada Surat Keputusan Gubernur Jawa Barat no. 41 tahun 2002 dengan ketentuan pembatasan jumlah KJA sebanyak 12.000 petak. Berdasarkan perhitungan maka nilai maksimal untuk alokasi beban total fosfor adalah 58 mg P/m³, sedangkan nilai maksimal untuk alokasi beban total nitrogen adalah 412 mg N/m³.

Beban Pencemaran Aktual yang Masuk ke dalam Waduk Cirata

Perhitungan beban aktual dilakukan untuk melihat apakah jumlah total fosfor dan total nitrogen yang masuk ke dalam perairan waduk dari berbagai sumber telah melebihi alokasi DTBPA atau tidak. Perhitungan dilakukan untuk kegiatan KJA dan penggunaan lahan serta kegiatan lain di DTA Waduk Cirata berdasarkan data yang diperoleh setiap tahunnya (Aziz, 2013). Beban pencemaran dari KJA dihitung dengan melihat selisih P dan N yang masuk kedalam perairan dari pakan dengan P dan N yang keluar dari proses pemanenan ikan. Kandungan fosfor dalam pakan sangat penting karena merupakan elemen yang dibutuhkan oleh ikan untuk pertumbuhan normal, perkembangan tulang, pengaturan asam basa dalam tubuh, dan metabolisme karbohidrat serta lemak (Beveridge, 1984). Kekurangan fosfor pada makanan ikan akan menekan nafsu makan, konversi pakan, dan pertumbuhan serta dalam kondisi ekstrem dapat mengakibatkan gangguan pembentukan tulang dan kematian. Kebutuhan rata-rata total fosfor untuk beberapa jenis ikan berkisar antara 0,29% - 0,90% (Beveridge, 1984). Efisiensi penggunaan pakan dapat dilihat dari nilai FCR (*Feed Conversion Ratio*). Nilai tersebut menunjukkan masa pakan yang dikonversi untuk meningkatkan biomassa ikan. Nilai FCR yang digunakan dalam perhitungan beban KJA adalah sebesar 1,51% (Ardi, 2013). Berdasarkan perhitungan nilai daya tampung beban pencemar, beban pencemar aktual untuk parameter total fosfor adalah sebesar 197 mg P/m³ dan untuk parameter total nitrogen adalah sebesar 5.096 mg/m³, dengan jumlah petak aktual sebanyak kurang lebih 60.000 petak (**Tabel 2**).

Tabel 2. Nilai beban pencemar aktual Waduk Cirata

Parameter	Satuan	Total – P	Total - N
Beban pencemar	mg X/m ³	197	5.096
Daya tampung beban pencemar	gr X/m ² /tahun	20.893,10	540.463,15
Jumlah daya tampung	ton X/tahun	1.295,372.23	33.508.715,03
Jumlah produksi ikan	ton ikan/tahun	120.499,74	445.298,54
Jumlah pakan ikan, FCR = 1,5	ton pakan/tahun	180.749,61	667.947,81
Jumlah petak KJA	petak	60.250	63.614

Penentuan Skenario Kebijakan

Skenario kebijakan dimaksudkan untuk mencari kebijakan yang tepat dalam pengelolaan limbah keramba jaring apung dan limbah DAS atau DTA dalam perairan Waduk Cirata. Berikut adalah penjelasan dari kondisi eksisting, kondisi berdasarkan literatur dan skenario yang akan dianalisis agar memperoleh gambaran skenario kebijakan yang terbaik.

Kondisi 1

Kondisi 1 merupakan kondisi jumlah keramba jaring apung menurut SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002 dan hasil penelitian daya dukung Machbub, (2010). Kondisi 1 ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Jumlah KJA yang diperbolehkan menurut SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002 adalah sebanyak 12.000 petak, dengan jumlah petak tersebut estimasi kadar rata-rata total P yang akan dihasilkan adalah sebesar 58 mg P/m³. Sedangkan menurut hasil penelitian Machbub (2010), jumlah petak KJA tidak lebih dari 6.692 petak, dengan jumlah petak tersebut estimasi kadar rata-rata total P yang akan dihasilkan adalah sebesar 32 mg P/m³. Jumlah KJA yang diperbolehkan menurut SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002 adalah sebanyak 12.000 petak, dengan jumlah petak tersebut estimasi kadar rata-rata total N yang akan dihasilkan adalah sebesar 412 mg N/m³. Sedangkan menurut hasil penelitian Machbub (2010), jumlah petak KJA tidak lebih dari 6.692 petak, dengan jumlah petak tersebut estimasi kadar rata-rata total N yang akan dihasilkan adalah sebesar 228 mg N/m³.

Tabel 3. Jumlah keramba jaring apung berdasarkan beberapa literatur

Parameter	Satuan	Total – P	Total – N
-----------	--------	-----------	-----------

		a	b	a	b
Beban pencemar	mg X/m ³	58	32	412	228
Daya tampung beban pencemar	gr X/m ² /tahun	6.151,27	3.393,80	43.695,22	24.180,85
Jumlah daya tampung	ton X/tahun	381.378,62	210.415,79	2.709.103,33	1.499.212,53
Jumlah produksi ikan	ton ikan/tahun	35.477,08	19.573,56	36.001,37	19.923,09
Jumlah pakan ikan, FCR = 1,5	ton pakan/tahun	53.215,62	29.360,34	54.002,06	29.884,64
Jumlah petak KJA	Petak	11.826	6.525	12.000	6.641

Keterangan:

- SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002
- Hasil penelitian daya dukung Machbub, 2010

Kondisi 2

Kondisi 2 merupakan kondisi eksisting hasil pengukuran data primer parameter P dan N di lapangan pada awal tahun 2016. Pengelolaan nilai beban pencemar untuk masing-masing parameter dilakukan berdasarkan jumlah petak keramba jaring apung menurut SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002 dan penelitian Machbub (2010) yang tidak boleh lebih dari 12.000 petak dan 6.692 petak. Kondisi eksisting ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Kondisi eksisting berdasarkan hasil data primer di lapangan

Parameter	Satuan	Total – P	Total – N
Beban pencemar	mg X/m ³	197	5.096
Daya tampung beban pencemar	gr X/m ² /tahun	20.893,10	540.463,15
Jumlah daya tampung	ton X/tahun	1.295.372,23	33.508.715,03
Jumlah produksi ikan	ton ikan/tahun	120.499,74	445.298,54
Jumlah pakan ikan, FCR = 1,5	ton pakan/tahun	180.749,61	667.947,81
Jumlah petak KJA	Petak	60.250	63.614
Pengurangan jumlah KJA	%	80,37 ^a	81,14 ^a
	%	89,17 ^b	89,56 ^b

Keterangan:

- Pengurangan jumlah petak KJA berdasarkan SK Gubernur Jabar No. 41 Tahun 2002
- Pengurangan jumlah petak KJA berdasarkan hasil penelitian Machbub (2010)

Nilai pengukuran total P yang dihasilkan dari analisis di laboratorium adalah sebesar 197 mg P/m³, dengan nilai tersebut jumlah petak keramba jaring apung yang ada pada tahun 2016 diperkirakan sekitar 60.000 petak, apabila merunut kepada SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002, dengan jumlah unit KJA yang diperbolehkan tidak lebih dari 12.000 petak, maka jumlah petak keramba jaring apung yang harus dikurangi adalah sebesar 80,37%. Apabila merunut kepada penelitian daya dukung Machbub (2010), dengan jumlah unit KJA yang diperbolehkan tidak lebih dari 6.692 petak, maka jumlah petak keramba jaring apung yang harus dikurangi adalah sebesar 89,17%. Nilai pengukuran total N yang dihasilkan dari analisis di laboratorium adalah sebesar 5.096 mg N/m³, dengan nilai tersebut jumlah petak keramba jaring apung yang ada pada tahun 2016 diperkirakan sekitar 60.000 petak, apabila merunut kepada SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002, dengan jumlah unit KJA yang diperbolehkan tidak lebih dari 12.000 petak, maka jumlah petak keramba jaring apung yang harus dikurangi adalah sebesar 81,14%. Apabila merunut kepada hasil penelitian daya dukung Machbub (2010), dengan jumlah unit KJA yang diperbolehkan tidak lebih dari 6.692 petak, maka jumlah petak keramba jaring apung yang harus dikurangi adalah sebesar 89,56%. Hasil pengukuran parameter total P dan total N di lapangan berdasarkan SK Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002, dan hasil penelitian Machbub (2010) harus dilakukan pengurangan dan pengelolaan secara bertahap agar

tidak menimbulkan kerugian baik bagi lingkungan, pembudidaya, masyarakat sekitar, maupun pemerintah

Skenario 1

Skenario 1 merupakan alternatif yang dibuat berdasarkan pada rata-rata kadar total N dan total P kriteria status trofik danau KLH (2009) dengan status trofik eutrof. Skenario 1 ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Skenario 1 berdasarkan kriteria status trofik eutrof

Parameter	Satuan	Total – P	Total – N
Beban pencemar	mg X/m ³	99*	1.900*
Daya tampung beban pencemar	gr X/m ² /tahun	10.499,58	79.542,26
Jumlah daya tampung	ton X/tahun	650.973,86	201.507,06
Jumlah produksi ikan	ton ikan/tahun	60.555,71	166.025,75
Jumlah pakan ikan, FCR = 1,5	ton pakan/tahun	90.833,56	249.038,63
Jumlah petak KJA	Petak	20.185	55.342
Pengurangan jumlah KJA	%	66,50	13,00

Keterangan:

*KLH, 2009; Modifikasi OECD, 1982; MAB, 1989; UNEP-ILEC, 2001

Nilai total P pada status trofik eutrof berdasarkan kriteria status trofik danau KLH (2009) adalah kurang dari 100 mg P/m³, dengan status trofik eutrof maka perkiraan jumlah KJA yang akan dihasilkan adalah sebanyak 20.185 petak. Apabila dibandingkan dengan jumlah petak kondisi eksisting, maka jumlah petak kondisi eksisting harus dikurangi sebanyak 66,50%. Nilai total N pada status trofik eutrof berdasarkan kriteria status trofik danau KLH (2009) adalah kurang dari atau sama dengan 1.900 mg N/m³, dengan status trofik eutrof maka perkiraan jumlah KJA yang akan dihasilkan adalah sebanyak 55.342 petak. Apabila dibandingkan dengan jumlah petak kondisi eksisting, maka jumlah petak kondisi eksisting harus dikurangi sebanyak 13,00%.

Skenario 2

Skenario 2 merupakan alternatif yang dibuat berdasarkan pada rata-rata kadar total N dan total P kriteria status trofik danau KLH (2009) dengan status trofik mesotrof. Skenario 2 ditunjukkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Skenario 2 berdasarkan kriteria status trofik mesotrof

Parameter	Satuan	Total – P	Total – N
Beban pencemar	mg X/m ³	29*	750*
Daya tampung beban pencemar	gr X/m ² /tahun	3.075,63	79.542,26
Jumlah daya tampung	ton X/tahun	190.689,31	4.931.620,15
Jumlah produksi ikan	ton ikan/tahun	17.738,54	65.536,48
Jumlah pakan ikan, FCR = 1,5	ton pakan/tahun	26.607,81	98.304,72
Jumlah petak KJA	Petak	5.913	21.845
Pengurangan jumlah KJA	%	90,19	65,65

Keterangan:

*KLH, 2009; Modifikasi OECD, 1982; MAB, 1989; UNEP-ILEC, 2001

Nilai total P pada status trofik mesotrof berdasarkan kriteria status trofik danau KLH (2009) adalah kurang dari 30 mg P/m³, dengan status trofik mesotrof maka perkiraan jumlah KJA yang akan dihasilkan adalah sebanyak 5.912 petak. Apabila dibandingkan dengan jumlah petak

kondisi eksisting maka jumlah petak kondisi eksisting harus dikurangi sebanyak 90,19%. Nilai total N pada status trofik mesotrof berdasarkan kriteria status trofik danau KLH (2009) adalah kurang dari atau sama dengan 750 mg N/m³, dengan status trofik mesotrof maka perkiraan jumlah KJA yang akan dihasilkan adalah sebanyak 21.845 petak. Apabila dibandingkan dengan jumlah petak kondisi eksisting maka jumlah petak kondisi eksisting harus dikurangi sebanyak 65,65%.

KESIMPULAN

Nilai DTBPA Waduk Cirata untuk parameter total P dan total N berturut-turut adalah 381.372,62 ton P/tahun dan 2.709.103,33 ton N/tahun, dengan maksimum beban pencemar total fosfat sebesar 58 mg P/m³ dan maksimum beban pencemar total nitrogen sebesar 412 mg N/m³. Beban pencemar aktual untuk parameter total fosfor adalah sebesar 197 mg P/m³ dan untuk parameter total nitrogen adalah sebesar 5.096 mg/m³, dengan perkiraan jumlah petak aktual sebanyak kurang lebih 60.000 petak. Jumlah petak keramba jaring apung untuk parameter total P harus dikurangi sebanyak 80,37% dan 81,14% untuk parameter total N.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi, I. (2013): Budidaya Ikan Sistem Keramba Jaring Apung Guna Menjaga Keberlanjutan Lingkungan Perairan Waduk Cirata, *Jurnal Media Akuakultur* 1, 8.
- Aziz, I. A. (2013): Pengelolaan Penggunaan Lahan Daerah Tangkapan Air dan Kegiatan Perikanan Keramba Jaring Apung Dengan Memperhitungkan Daya Tampung Beban Pencemar Air di Waduk Jatiluhur, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Badan Pengelola Waduk Cirata (BPWC) (2015): Laporan Hasil Pemantauan Kualitas Air Waduk Cirata, PT Pembangkit Jawa-Bali Badan Pengelola Waduk Cirata dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Lembaga Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Beveridge, M.C. M. (1996): *Cage Aquaculture*, Fishing News Books, Oxford, 346p.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2008): *Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau, Peningkatan Konservasi SDA dan Pengendalian Kerusakan Lingkungan*.
- Machbub, B. (2010): Model Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar Air Danau dan Waduk. *Jurnal Sumber Daya Air*, 6, 2.
- McDonald, M.E., Tikkanen, C.A., Axler, R.P., Larsen, C.P., dan Host, G. (1996): Fish Simulation Culture Model (FIS-C) : A Bioenergetics Based Model for Aquacultural Wasteload Application, *Aquacultural Engineering*, 15 (4), 243 – 259.
- PERMENLH.(2009): Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 Tentang Daya Tampung Beban Pencemar Air Danau dan/atau Waduk, Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Wang, C., Bi, J., dan Ambrose, R. B. (2015): Development And Application Of Mathematical Models To Support Total Maximum Daily Load For The Taihu Lake's Influent Rivers, China, *Journal of Ecological Engineering*, Elsevier, 83, 258-267.
- Wu, L., Long, T. Y., Liu, X., dan Guo, J. S. (2012): Impacts of Climate and Land use Changes on the Migration of Non-Point Source Nitrogen and Phosphorus during Rainfall-Ranoff in the Jialing River Watershed China, *Journal of Hydrology*, Elsevier, 475: 26-41.
- Xu, E. dan Zhang, H. (2016): Aggregating Land Use Quantity and Intensity to Link Water Quality In Upper Catchment Of Miyun Reservoir, *Journal of Ecological Indicators*, Elsevier, 66, 329-339.
- Xu, J., Long, T. Y., Liu, X., dan Guo, J. S. (2012): Impacts of Climate and Land use Changes on the Migration of Non-Point Source Nitrogen and Phosphorus during Rainfall-Ranoff in the Jialing River Watershed China, *Journal of Hydrology*, Elsevier, 475: 26-41.

Zhao, L., Zhang X., Liu, Y., He, B., Zhu, X., Zou, R., dan Zhu, Y. (2012): Three Dimensional Hydrodynamic and Water Quality Model For TMDL Development of Lake Fuxian China, *Journal of Environmental Science*, Elsevier, 28(8), 1355-1363.