



## ASPEK EKOLOGI PERAIRAN UNTUK PENERAPAN PERIKANAN TANGKAP BERBASIS BUDIDAYA DI WADUK PENJALIN AQUATIC ECOLOGICAL ASPECTS FOR IMPLEMENTATION OF CULTURE-BASED FISHERIES IN PENJALIN RESERVOIR

Agus Arifin Sentosa\*<sup>1</sup>, Amula Nurfiarini<sup>1</sup>, Andika Luky Setiyo Hendrawan<sup>1</sup>, Andri Warsa<sup>2</sup>,  
Astri Suryandari<sup>1</sup>, dan Danu Wijaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Jl. Cilalawi No. 01 Jatiluhur, Purwakarta, Jawa Barat

<sup>2</sup>Pusat Riset Konservasi Sumber Daya Laut dan Perairan Darat, Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Bogor, Jawa Barat

Teregistrasi 1 tanggal: 26 Juni 2022; Diterima setelah perbaikan tanggal: 20 Juli 2022;

Disetujui terbit tanggal: 28 Juli 2022

### ABSTRAK

Waduk Penjalin adalah salah satu waduk di Kabupaten Brebes yang potensial untuk program perikanan tangkap berbasis budidaya (*Culture Based Fisheries/CBF*) setelah program tersebut sukses dilakukan di Waduk Malahayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kelayakan penebaran ikan untuk pengembangan CBF di Waduk Penjalin dari beberapa aspek ekologi perairan. Survei lapangan dilakukan di Waduk Penjalin, Kabupaten Brebes pada bulan Mei, September dan Desember 2021 pada tujuh stasiun pengamatan. Kualitas air diukur secara *in situ* dan *ex situ*. Komunitas ikan diamati dengan percobaan penangkapan dan hasil tangkapan nelayan. Analisis data kualitas air dilakukan secara deskriptif. Indeks STORET digunakan untuk mengetahui status perairan. Komunitas ikan dianalisis dengan indeks relatif penting, kebiasaan makan, luas relung dan tumpang tindih relung. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kualitas air di Waduk Penjalin masih mendukung terhadap kehidupan ikan. Luas waduk yang relatif kecil, kualitas air yang berstatus sedang dan tingkat kesuburan eutrofik berpotensi mendukung terhadap implementasi CBF. Komunitas ikan di waduk tersebut terdiri atas sembilan jenis ikan yang didominasi oleh jenis ikan introduksi (55,56%). Luas relung makanan beberapa jenis ikan dominan cenderung menunjukkan karakter spesialis. Secara ekologi, Waduk Penjalin berpotensi untuk dilakukan penebaran ikan, terutama untuk jenis ikan-ikan herbivora/planktivora mengingat status perairan yang subur.

**Kata Kunci:** Waduk Penjalin; *Culture Based Fisheries*; penebaran; bioekologi; introduksi ikan

### ABSTRACT

Penjalin Reservoir is one of the reservoirs in Brebes Regency that has the potential for a culture-based fisheries (CBF) program after being successfully implemented in Malahayu Reservoir. This study aimed to examine the feasibility of stocking fish for CBF implementation in the Penjalin Reservoir from several aspects of aquatic ecology. The field survey was conducted at seven observation stations in Penjalin Reservoir, Brebes Regency in May, September and December 2021. Water quality was examined *in-situ* and *ex-situ*. The fish community was observed by catch-experimenting and from fishers' catch. Water quality data analysis was carried out descriptively. The STORET index was used to determine the status of the waters. Fish communities were analyzed by relative importance index, food habits, niche breadth, and niche overlap. The results showed that the water quality in the Penjalin Reservoir was still supported for fish living. The relatively small reservoir area, moderate water quality, and eutrophic status had the potential to support the implementation of CBF. The fish community in the reservoir consists of nine species of fish which were dominated by introduced fish species (55.56%). The food niche breadth of several dominant fish species tended to the specialist character. Ecologically, the Penjalin Reservoir had the potential for stocking fish, especially for herbivore/planktivore fish species considering the status of eutrophic waters.

**Keywords:** Penjalin Reservoir; *Culture Based Fisheries*; stocking; bioecology; fish introduction

Korespondensi penulis:

agusarifinsentosa7@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.28.1.2022.39-50>

## PENDAHULUAN

Waduk Penjalin adalah salah satu waduk di Kabupaten Brebes yang memiliki fungsi sebagai sarana irigasi, transportasi air, pariwisata dan perikanan. Waduk tersebut terletak di Desa Winduaji, Kecamatan Paguyangan pada ketinggian 365 m di atas permukaan laut dengan luas permukaan sekitar 125 ha sehingga termasuk waduk kecil. Waduk dengan rerata kedalaman normal sekitar 12 m tersebut berasal dari pembendungan Sungai Penjalin, Sungai Soka dan Sungai Garung serta mampu menampung volume air sekitar 9,5 juta m<sup>3</sup>. (Hedianto *et al.*, 2013; Purwati & Suprayogi, 2012; Winasis, 2019).

Waduk Penjalin merupakan salah satu waduk di Kabupaten Brebes yang akan direncanakan untuk pengembangan program perikanan tangkap berbasis budidaya (*Culture Based Fisheries/CBF*) selain di Waduk Malahayu yang telah berhasil sebelumnya (Aisyah *et al.*, 2019; Triharyuni *et al.*, 2019). Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2020 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia di Perairan Darat (WPPNRI PD), Waduk Penjalin terletak pada WPPNRI PD 434 yang salah satunya meliputi Pulau Jawa bagian tengah-utara. Melalui dasar hukum tersebut, maka pengelolaan perikanan di Waduk Penjalin harus dilakukan secara optimal dan berkelanjutan, salah satunya melalui pengembangan CBF. Perikanan CBF merupakan program peningkatan produksi ikan melalui penebaran ikan berbasis budidaya dari panti-panti benih yang tersedia (Aisyah *et al.*, 2019). Menurut De Silva *et al.* (2015), perikanan CBF serupa dengan perikanan budidaya secara ekstensif yang dilakukan di perairan waduk/danau yang berfungsi sebagai wadah budidaya, dan benih ikan yang ditebarkan/dipelihara adalah dihasilkan oleh panti-panti benih. Hasil penelitian Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan (BP2KSI) tahun 2011 menunjukkan bahwa waduk tersebut berada pada tingkat kesuburan sedang dimana aktivitas perikanan tangkap memiliki potensi untuk dioptimalkan (Purnomo *et al.*, 2011). Di sisi lain, tingginya minat masyarakat untuk pengembangan sektor wisata berbasis perikanan dan adanya program daerah terkait peningkatan Angka Kebutuhan Gizi Ikani juga menjadi peluang bagi implementasi model CBF di waduk tersebut.

Waduk Penjalin memiliki produktivitas primer dan kelimpahan plankton yang tinggi sebagai sumber

makanan alami ikan. Waduk Penjalin memiliki potensi produksi ikan mencapai 682,1 kg/ha/tahun, sedangkan hasil tangkapan nelayan masih berada di bawah potensi produksi tersebut (Purnomo *et al.*, 2011). Belum optimalnya pemanfaatan sumber daya pakan dan ruang oleh komunitas ikan menjadi salah satu penyebab produksi ikan belum optimal. Penebaran ikan sebagai solusi untuk mengoptimalkan produksi ikan akan membawa hasil yang baik jika ikan yang ditebar mampu memanfaatkan makanan alami yang tersedia di badan air dengan baik.

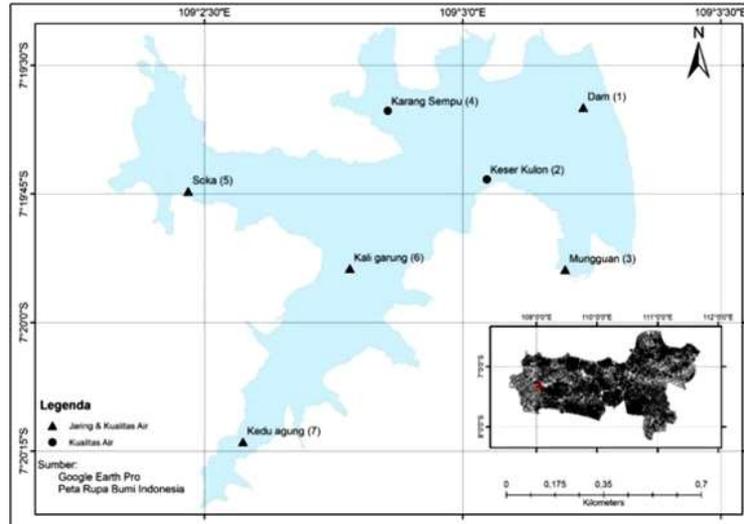
Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengkaji beberapa aspek ekologi perairan yang mencakup studi kualitas air dan komunitas ikan yang terdapat di Waduk Penjalin sebagai data dukung dalam kajian kelayakan penebaran ikan untuk penerapan perikanan tangkap berbasis budidaya (*Culture Based Fisheries/CBF*) di waduk tersebut.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Waduk Penjalin, Desa Winduaji, Kecamatan Paguyangan, Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah pada bulan Mei (musim kemarau), September (musim peralihan) dan Desember (musim hujan) tahun 2021. Lokasi pengamatan terdiri atas tujuh stasiun, yaitu: Dam, Mungguhan, Keser Kulon, Karang Sempu, Kali Garung, Soka dan Kedung Agung (Gambar 1). Pemilihan waktu dan stasiun penelitian di Waduk Penjalin didasarkan pada keterwakilan wilayah dan musim di lokasi tersebut. Pengukuran beberapa parameter ekologi perairan dan biologi perikanan dilakukan secara langsung di lapangan (*in-situ*). Pengambilan contoh air dilakukan pada kedalaman bertingkat mulai dari kedalaman 0, 2, 4, 8 hingga dasar perairan untuk tujuan keterwakilan pada kolom perairan menggunakan alat *Kemmerer Water Sampler* bervolume 4,2 liter.

Analisis parameter kualitas air dilakukan berdasarkan metode *American Public Health Association* (2005). Pengamatan *in situ* dilakukan menggunakan alat ukur yang sudah dikalibrasi dan pengujian *ex situ* dilakukan di Laboratorium Kimia Air Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan (BRPSDI) di Purwakarta, Jawa Barat. Metode, alat dan bahan yang digunakan disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Waduk Penjalin.  
Figure 1. Sampling site in Penjalin Reservoir.

Tabel 2. Kriteria status kesuburan perairan  
Table 2. The criteria of water's trophic status

Status Trofik/ Trophic Status	Kecerahan (m)/ Transparency <sup>a</sup>	Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )/ Chlorophyll-a <sup>a</sup>	N-NO <sub>3</sub> (mg/L) <sup>b</sup>	P-PO <sub>4</sub> (mg/L) <sup>b</sup>
Oligotrofik	>6	<2,5	0 – 1	0,003 – 0,01
Mesotrofik	6–3	2,5 – 8	1 – 5	0,011 – 0,03
Eutrofik	3 – 1,5	8 – 25	5 - 50	0,031 – 0,1

Monitoring sumberdaya perikanan dilakukan dengan percobaan penangkapan ikan dan pengamatan hasil tangkapan nelayan. Aktivitas ini dimaksudkan unyuk mendapatkan data komposisi jenis ikan dan jumlah hasil tangkapan nelayan, morfometri ikan, contoh gonad dan saluran pencernaan untuk mengetahui pakan alami ikan. Percobaan penangkapan ikan dilakukan setelah pengamatan dan pengambilan sampel kualitas air menggunakan jaring insang percobaan dengan variasi ukuran mata jaring antara 1-3 inci menggunakan interval 0,25 inci. Jaring insang percobaan dipasang pada permukaan perairan dengan kedalaman jaring sesuai dengan tinggi jaring. Pemasangan dilakukan pada sore hari untuk kemudian diangkat pada keesokan harinya.

Ikan yang diperoleh kemudian diukur panjangnya dengan menggunakan papan ukur ketelitian 0,1 cm dan ditimbang beratnya dengan menggunakan timbangan digital ketelitian 0,1 g. Sampel ikan yang diperoleh kemudian diawetkan dengan formalin 4% untuk diidentifikasi. Identifikasi ikan dilakukan berdasarkan Kottelat *et al.* (1993), Purnamaningtyas & Hedianto (2012) serta literatur identifikasi lainnya yang mendukung. Hasil identifikasi kemudian dicocokkan dengan basis data di *Fishbase*.

Kebiasaan makanan alami suatu jenis ikan diamati dengan mengambil sampel saluran pencernaan ikan

yang diawetkan dalam larutan formalin 4%. Selanjutnya, sampel tersebut dibawa ke Laboratorium Biologi BRPSDI untuk dianalisis lebih lanjut. Analisis sampel di laboratorium mencakup pengamatan organisme jenis makanan secara mikroskopis dan identifikasi memakai buku identifikasi Edmonson (1978), Needham & Needham (1963), Quigley (1977), dan Sachlan (1982).

### Analisis Data

Data fisika-kimia air ditabulasikan dan dianalisis secara deskriptif. Status tingkat kualitas air dianalisis menggunakan indeks STORET mengingat setiap parameter memiliki baku mutu masing-masing (Kusmana *et al.*, 2015; Sentosa *et al.*, 2017). Klasifikasi kesuburan perairan diketahui berdasarkan kriteria kesuburan perairan menurut Linkens (1975) dalam Jorgensen (1980) dan Volenweider (1969) dalam Wetzel (1983) sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Potensi produksi ikan total diestimasi dengan menggunakan rumus hubungan antara klorofil-a terhadap produksi ikan yang dikemukakan oleh Almazan & Boyd dalam Boyd (1990), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\gamma = 1,43 + 24,48 x - 0,15 x^2 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- $\gamma$  = produksi total ikan (kg/ha)
- $x$  = klorofil-a (mg/m<sup>3</sup>)

Kelimpahan relatif komunitas ikan dianalisis dengan nilai relatif penting jenis ikan yang tertangkap dihitung dengan persamaan Kolding, 1999 dalam De Silva (2001) sebagai berikut:

$$IRI = \frac{(W_i + N_i)F_i}{\sum (W_i + N_i)F_i} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- IRI = indeks relatif penting spesies ikan ke-i
- W<sub>i</sub> = persentase biomassa dari spesies ke-i dalam total tangkapan
- N<sub>i</sub> = persentase kelimpahan dari spesies ke-i dalam total tangkapan
- F<sub>i</sub> = frekuensi keberadaan spesies ke-i dalam total tangkapan

Analisis data untuk mengetahui preferensi dan kebiasaan makanan ikan dilakukan menggunakan metode indeks bagian terbesar (*index of preponderance*) (Natarajan & Jhingran, 1961) dengan rumus sebagai berikut:

$$I_i = \frac{V_i O_i}{\sum_{i=1}^n (V_i O_i)} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- I<sub>i</sub> = indeks bagian terbesar (*Index of Preponderance*) makanan jenis ke-i;
- V<sub>i</sub> = persentase volume makanan jenis ke-i;
- O<sub>i</sub> = persentase frekuensi kejadian makanan jenis ke-i;
- n = jumlah organisme makanan (i = 1,2,3,...n).

Pengelompokkan makanan dilakukan apabila nilai I<sub>i</sub> > 25 merupakan makanan utama, 5 d" I<sub>i</sub> d" 25 sebagai makanan pelengkap, dan I<sub>i</sub> < 5 adalah makanan tambahan (Hedianto *et al.*, 2013).

Luas relung (*niche breadth*) ikan dianalisis untuk mendapatkan gambaran spesialisasi dan generalisasi ikan dalam memanfaatkan sumber daya pakan alami yang tersedia di perairan. Persamaan yang digunakan adalah *Levin's Measure* yang distandardisasi dengan nilai 0-1 (Krebs, 1989, Novakowski *et al.*, 2008):

$$B_i = \frac{1}{(n-1)} \left[ \frac{1}{\left( \sum P_{ij}^2 \right)} - 1 \right] \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan,

- B<sub>i</sub> = indeks luas relung Levin yang distandardisasi ikan ke-i
- n = jumlah seluruh pakan alami/ruang yang dimanfaatkan oleh ikan ke-i
- P<sub>ij</sub> = Proporsi pakan alami/ruang yang dimanfaatkan oleh jenis ikan ke-i untuk mangsa ke-j

Nilai luas relung pakan ikan dibedakan menjadi tiga klasifikasi, yaitu ikan tergolong spesialis jika B<sub>i</sub> < 0,4; ikan tergolong intermediate/medium jika 0,4 d" B<sub>i</sub> d" 0,6; dan ikan tergolong generalis jika B<sub>i</sub> > 0,6 (Novakowski *et al.*, 2008).

Analisis untuk mengetahui adanya peluang kompetisi antar jenis ikan (*niche overlap*) dihitung menggunakan model dari Pianka (1974) sebagai berikut:

$$O_{ij} = \frac{\sum (P_{ik} P_{jk})}{\sqrt{\left( \sum P_{ik}^2 P_{jk}^2 \right)}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- O<sub>ij</sub> = tumpang tindih relung (*niche overlap*) antara jenis ikan ke i dan ke j
- P<sub>ik</sub> = proporsi jenis ikan ke i dalam memanfaatkan sumber daya makanan ke k
- P<sub>jk</sub> = proporsi jenis ikan ke j dalam memanfaatkan sumber daya makanan ke k

Tingkatan peluang terjadinya kompetisi ditentukan seperti menurut kriteria yang diajukan oleh Moyle & Senanayake (1984), yaitu bila O<sub>ij</sub> < 0,3 maka peluang terjadinya kompetisi tergolong rendah, jika 0,3 e ≤ O<sub>ij</sub> e ≤ 0,8 maka peluang terjadinya kompetisi tergolong sedang, dan jika O<sub>ij</sub> > 0,8 maka peluang terjadinya kompetisi tergolong tinggi.

**HASIL DAN BAHASAN**

**Hasil**

Hasil pengukuran kualitas air di Waduk Penjalin disajikan pada Tabel 3. Secara umum, sebagian besar kualitas air yang diamati masih berada pada rentang baku mutu yang dipersyaratkan untuk peruntukan

kegiatan perikanan (Baku Mutu Kelas 3) dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, walaupun indeks STORET

menunjukkan tingkat kualitas perairan pada Kelas C atau pada kategori sedang. Walaupun termasuk dalam kategori sedang, namun kualitas air tersebut masih mendukung bagi kehidupan ikan secara umum.

Tabel 3. Indeks STORET kualitas air Waduk Penjalin

Table 3. Index STORET of several water qualities in Penjalin Reservoir

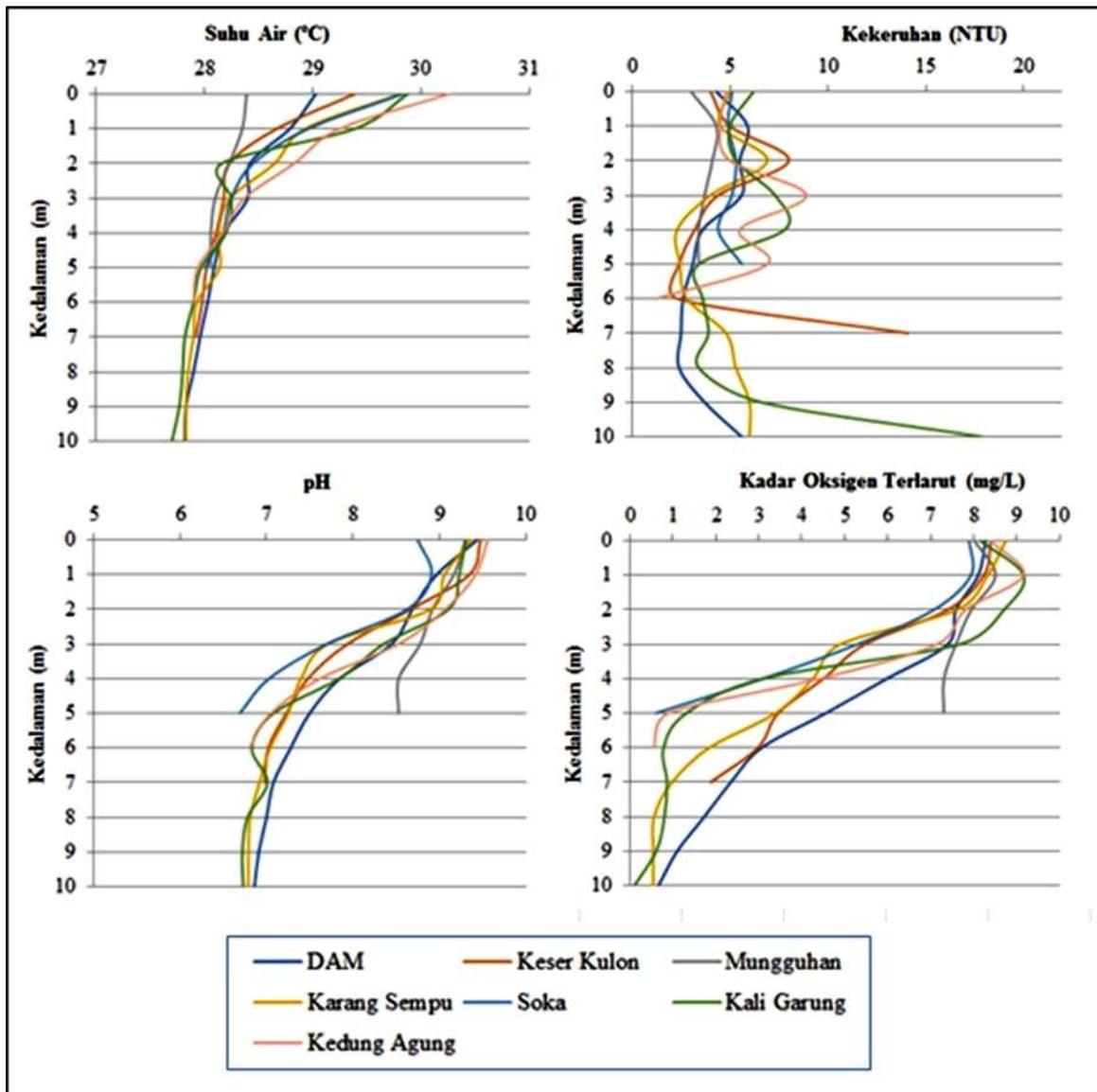
Parameter/Parameters	Baku Mutu/ Standard Quality	Min	Max	Rerata/ Average	Nilai/ Score
Kecerahan (cm)	≥ 250	140	170	155,71	-5
Suhu Air (°C)	20-30	27,7	30,26	28,31	-1
Turbiditas (NTU)	≤ 25	1,22	22,1	5,71	0
pH	6 - 9	6,65	9,56	7,89	-2
Oksigen Terlarut (mg/L)	≥ 3	0,1	9,17	4,61	-2
N-NO <sub>2</sub> (mg/L)	<0,05	0,001	0,002	0,001	0
N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	<5	0,147	6,874	1,938	-2
P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,005 - 0,02	0,004	0,072	0,040	-8
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	≥ 100	5,08	128,12	18,63	-8
<b>Indeks STORET</b>					<b>-28</b>

Profil parameter kunci seperti kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*), suhu air, dan pH. di Waduk Penjalin mengalami stratifikasi pada masing-masing stasiun pengamatan sebagaimana yang terdapat pada perairan umum. Gambar 2 menunjukkan bahwa suhu air, kadar DO dan pH di permukaan relatif lebih tinggi dan mulai mengalami penurunan mulai kedalaman 2 m. Kondisi sebaliknya terjadi pada parameter kekeruhan dimana kekeruhan cenderung meningkat hingga ke dasar perairan. Hal tersebut terjadi dikarenakan dasar perairan terdiri atas lumpur dan bahan-bahan organik maupun anorganik yang terlarut dan atau tersuspensi yang cenderung meningkatkan kekeruhan. Partikel lumpur mempunyai berat jenis yang jauh lebih besar dari air sehingga pasti mengendap dan kemungkinan terdapat arus bawah yang mampu mengaduk lapisan dasar perairan.

Waduk Penjalin secara umum relatif subur berdasarkan klorofil-a, nitrat dan ortofosfat. Waduk tersebut memenuhi kriteria eutrofik berdasarkan parameter P-PO<sub>4</sub> dan klorofil-a. Parameter nitrat juga menunjukkan status waduk yang subur walau bersifat sedang (mesotrofik). Walaupun hanya parameter

kecerahan saja yang menunjukkan status waduk yang oligotrofik, secara umum Waduk Penjalin dapat dikatakan termasuk dalam kategori waduk yang subur. Status Waduk Penjalin yang subur tersebut berpotensi untuk pengembangan CBF karena kondisi perairan cukup mendukung terhadap penebaran ikan yang akan dilakukan. Hal tersebut didukung oleh potensi produksi ikan di Waduk Penjalin berdasarkan parameter klorofil-a yang berkisar antara 147,8 – 682,1 kg/ha/tahun dengan rata-rata 336,6 kg/ha/tahun. Upaya penebaran ikan yang dilakukan dapat mengurangi potensi terjadinya eutrofikasi akibat status perairan yang subur.

Berdasarkan hasil tangkapan jaring insang percobaan dengan ukuran mata jaring ¾", 1"; 1,5"; 2"; 2,5"; dan 3" serta contoh ikan tangkapan nelayan setempat dengan jaring dan bubu tercatat hanya sebanyak 9 jenis ikan yang didominasi oleh ikan-ikan introduksi sebesar 55,56% (Tabel 4). Ukuran panjang total dan berat masing-masing jenis ikan yang tertangkap berbeda-beda dengan kisaran ukuran disajikan pada Tabel 5.



Gambar 2. Profil beberapa kualitas air berdasarkan kedalaman di Waduk Penjalin.  
 Figure 2. Some water quality profiles by depth in Penjalin Reservoir.

Tabel 4. Kelimpahan relatif komunitas ikan yang tertangkap di Waduk Penjalin  
 Table 4. Relative abundance of fish communities caught in Penjalin Reservoir

No.	Nama Lokal/ Local Names	Nama Ilmiah/ Scientific Names	Famili/ Family	IRI (%)	Status/ Status
1	Manila GIFT	<i>Parachromis managuensis</i>	Cichlidae	36,52	Introduksi
2	Nila	<i>Oreochromis niloticus</i>	Cichlidae	29,64	Introduksi
3	Betutu	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	Eleotridae	27,11	Introduksi
4	Beunteur	<i>Puntius binotatus</i>	Cyprinidae	3,71	Asli
5	Udang Galah	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Palaemonidae	1,83	Introduksi
6	Cakul besar	<i>Cyclocheilichthys enoplos</i>	Cyprinidae	0,67	Asli
7	Belut	<i>Monopterus albus</i>	Synbranchidae	0,29	Asli
8	Gabus	<i>Channa striata</i>	Channidae	0,13	Introduksi
9	Sepat	<i>Trichopodus trichopterus</i>	Osphronemidae	0,09	Asli

Tabel 5. Kisaran ukuran jenis-jenis ikan yang tertangkap di Waduk Penjalin  
 Table 5. Size range of aquatic species caught in Penjalin Reservoir

No.	Nama Lokal/ Local Names	Kisaran Ukuran (min, maks, rerata)/ Size range (min, max, average)	
		Panjang Total (cm)/ Total Length (cm)	Berat (g)/ Weight (g)
1	Manila GIFT/ Beronang	7,7 - 20,4 (12,09)	5,57 - 5674 (78,34)
2	Nila	4,1 - 25,6 (19,68)	31,17 - 361,75 (154,35)
3	Betutu	10,2 - 24,0 (17,10)	12,5 - 219,75 (75,89)
4	Beunteur	6,8 - 19,6 (8,64)	2,87 - 101,32 (11,95)
5	Udang Galah	1,06 - 1,96 (1,69)*	2,36 - 9,94 (6,24)
6	Cakul besar	2,8 - 8,5 (4,17)	7,27
7	Belut	52,5	239,78
8	Gabus	18	57,9
9	Sepat	10,2	14,99

Keterangan: \* : Ukuran panjang karapas

Beberapa jenis ikan di Waduk Penjalin yang diamati kebiasaan makanannya adalah ikan manila GIFT, nila, betutu dan beunteur. Hasil analisis kebiasaan makanannya dan luas relung tersebut disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6. diketahui bahwa ikan manila GIFT dan betutu bersifat karnivora atau piscivora karena > 80% makanannya berupa ikan, sedangkan ikan nila dan beunteur bersifat herbivora atau planktivora karena > 80% makanannya berupa fitoplankton. Secara umum, hampir semua ikan yang

diamati kebiasaan makanannya bersifat spesialis karena luas relungnya (B.) < 0,4. Hal tersebut menunjukkan ikan-ikan tersebut hanya mampu memanfaatkan salah satu sumberdaya makanan alami yang terdapat di Waduk Penjalin. Tabel 7 menunjukkan terjadi tumpang tindih relung antara ikan-ikan yang memiliki kebiasaan makanannya yang sama, seperti antara ikan manila GIFT dengan betutu yang sama-sama bersifat piscivora, dan antara ikan nila dengan beunteur yang bersifat planktivora.

Tabel 6. Kebiasaan makanan dan luas relung beberapa jenis ikan di Waduk Penjalin  
 Table 6. Food habits and niche breadth of several fishes in Penjalin Reservoir

No.	Pakan Alami/ Natural Feeds	Indeks Bagian Terbesar/Index of Preponderance (%)			
		Manila GIFT	Nila	Betutu	Beunteur
1	Detritus	0,00	0,01	0,00	0,00
2	Fitoplankton	0,12	97,97	0,00	80,40
3	Tumbuhan	0,00	1,63	0,54	5,31
4	Plankton Crustacea	0,00	0,29	0,00	0,09
5	Zooplankton Lainnya	0,00	0,09	0,00	0,20
6	Ikan	95,46	0,02	86,08	0,00
<b>Luas Relung/Niche breadth</b>		1,10	1,04	1,32	1,51
<b>Standardisasi/Standardization</b>		0,02	0,01	0,06	0,10

Tabel 7. Tumpang tindih relung makanan beberapa jenis ikan di Waduk Penjalin  
 Table 7. The overlap of food niches for several fishes in Penjalin Reservoir

Jenis Ikan/ Fish Species	Tumpang Tindih Relung Makanan/The Overlap of Food Niches			
	Betutu	Beunteur	Baronang	Nila
Betutu				
Beunteur	0,0022			
Manila GIFT	0,9894	0,0028		
Nila	0,0003	0,9887	0,0015	

## Bahasan

Pengembangan CBF merupakan salah satu upaya pemanfaatan badan air di perairan waduk atau danau melalui penebaran ikan yang berasal dari panti-panti benih. Selain bertujuan untuk peningkatan produksi perikanan tangkap, CBF juga berperan dalam pemulihan sumber daya ikan karena mampu memperbaiki kualitas lingkungan perairan dan stok ikan di waduk atau danau (Kartamihardja, 2015). Program CBF harus memenuhi beberapa persyaratan agar pelaksanaannya dapat berhasil (Aisyah *et al.*, 2019). Menurut Agostinho *et al.* (2010), salah satu faktor utama persyaratan CBF adalah aspek ekologi perairan yang mencakup ekosistem waduk atau danau. Kajian ilmiah terkait aspek ekologi perairan waduk yang akan menjadi obyek penerapan CBF perlu dilakukan, disamping aspek ketersediaan panti benih, sosial ekonomi dan kelembagaan di sekitar waduk tersebut. Aspek ekologi perairan tersebut meliputi faktor abiotik seperti kualitas dan daya dukung perairan serta faktor biotik seperti komunitas ikan, jejaring makanan dan interaksinya.

Waduk Penjalin merupakan salah satu ekosistem waduk yang telah diinisiasi untuk pengembangan CBF di Kabupaten Brebes setelah sebelumnya berhasil dikembangkan di Waduk Malahayu (Aisyah *et al.*, 2019). Waduk Penjalin memiliki luas badan air yang lebih kecil (125 ha) dibandingkan Waduk Malahayu (944 ha). Luas perairan Waduk Penjalin yang relatif tidak terlalu luas, tidak ada usaha budidaya ikan dalam keramba jaring apung (KJA) dan berada dalam satu wilayah administrasi Desa Winduaji menjadi potensi yang cukup besar secara fisik untuk pengembangan CBF. Luas perairan merupakan salah satu kriteria fisik suatu badan air yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi untuk kegiatan CBF karena akan berpengaruh terhadap daya dukung perairan, jumlah benih ikan yang akan ditebar dan potensi produksi ikannya (De Silva *et al.*, 2015; Purnomo *et al.*, 2011).

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting dalam ekosistem perairan karena berpengaruh terhadap keseimbangan ekologi dan interaksi abiotik-biotik yang terjadi di dalamnya (Latuconsina, 2018). Kualitas air yang baik penting untuk mendukung kehidupan ikan (Maulana *et al.*, 2015). Berdasarkan indeks STORET, kondisi kualitas air di Waduk Penjalin menunjukkan status sedang. Sementara itu, berdasarkan parameter klorofil-a, nitrat dan ortofosfat, status kesuburan waduk tersebut berada pada tingkat kesuburan eutrofik. Kondisi tersebut menunjukkan perkembangan dimana pada tahun 2011 Waduk Penjalin memiliki status kesuburan perairan sedang (Purnomo *et al.*, 2011). Kadar klorofil-a yang

merupakan potensi alami cenderung lebih tinggi pada penelitian ini (5,08 – 128,12 mg/m<sup>3</sup>) jika dibandingkan pada tahun 2011 yang hanya berkisar 1,4 – 9,0 mg/m<sup>3</sup>. Implikasinya adalah potensi produksi ikan di Waduk Penjalin cenderung meningkat pula setelah 10 tahun. Potensi produksi ikan di Waduk Penjalin pada tahun 2011 berkisar 228 – 304 kg/ha/tahun sedangkan pada tahun 2021 menjadi 147,8 – 682,1 kg/ha/tahun dengan rata-rata 336,6 kg/ha/tahun. Nilai potensi produksi ikan di Waduk Penjalin lebih kecil dibandingkan dengan di Waduk Malahayu (Kartamihardja *et al.*, 2011; Triharyuni *et al.*, 2019).

Walaupun kualitas perairan di Waduk Penjalin tergolong sedang dengan status kesuburan yang eutrofik, tetapi secara umum masih mendukung terhadap kehidupan ikan berdasarkan rentang baku mutu kualitas air yang diamati (Effendi, 2003). Hal tersebut tentu saja merupakan potensi untuk penerapan CBF karena ikan-ikan yang ditebar masih bisa tumbuh dan berkembang, terutama untuk ikan-ikan yang relatif mampu beradaptasi pada kondisi perairan yang dinamis seperti ikan-ikan siklid (nila, mujair, manila GIFT) dan ikan-ikan lainnya (Triharyuni *et al.*, 2019). Upaya CBF lebih sesuai diterapkan di Waduk Penjalin karena pengembangan perikanan dengan budidaya ikan di KJA tidak layak diterapkan di lokasi tersebut mengingat kedalaman waduk yang relatif dangkal berkisar antara 8 – 18 m dan statusnya yang eutrofik. Umbalan lebih didorong oleh faktor fisik dan kualitas fisika air di perairan tersebut. Mengingat Waduk Penjalin ini termasuk waduk yang dangkal, maka sebagai dasar pengembangan CBF memerlukan penelitian lanjutan terkait keragaman habitat di dasar perairan, terutama organisme zoobentiknya sebagai salah satu potensi sumber daya makanan alami yang tersedia di dasar perairan selain fitoplankton yang terdapat pada kolom perairan.

Kondisi aktual terkait kelayakan Waduk Penjalin untuk penerapan CBF perlu diteliti kembali mengingat informasi terkait bioekologi yang tersedia sudah relatif lama. Selain itu, Waduk Penjalin juga telah teridentifikasi introduksi ikan-ikan asing yang cenderung merugikan ekologi perairan (Hamiyati, 2016; Hediando *et al.*, 2013; Setyaningrum *et al.*, 2021) sehingga perkembangan struktur komunitas ikan di waduk tersebut perlu dikaji kembali. Penebaran ikan di Waduk Penjalin untuk keperluan CBF tentu saja perlu memperhatikan struktur komunitas ikan yang terdapat di waduk tersebut. Komunitas ikan di Waduk Penjalin tidak terdapat ikan endemik sehingga penebaran ikan untuk CBF dapat dimungkinkan. Penelitian ini menunjukkan terdapat 9 jenis ikan dimana jumlah tersebut relatif lebih banyak jika dibandingkan dengan penelitian Hediando *et al.*

(2013) yang hanya menemukan sebanyak 6 jenis yaitu manila GIFT, nila, betutu, beunteur, nilem dan tawes. Namun, jumlah tersebut lebih sedikit jika dibandingkan penelitian Setyaningrum *et al.* (2021) yang menemukan sebanyak 11 jenis. Walaupun jenis spesies ikan yang ditemukan berbeda-beda, tetapi terdapat kecenderungan bahwa jenis-jenis ikan introduksi relatif lebih sering tertangkap, terutama manila GIFT, nila, betutu. Perbedaan jenis-jenis ikan yang tertangkap terjadi karena perbedaan waktu penangkapan, alat dan lokasi penangkapan.

Hasil perhitungan dengan indeks relatif penting menunjukkan bahwa ikan manila GIFT (36,52%) merupakan jenis ikan yang dominan tertangkap baik dari segi berat total, jumlah individu dan frekuensi tertangkapnya diikuti oleh nila (29,67%) dan betutu (27,11%). Ikan manila GIFT yang sering tertangkap menunjukkan bahwa ikan tersebut berpotensi menginvasi perairan Waduk Penjalin. Komunitas ikan di Waduk Penjalin memang didominasi oleh jenis-jenis ikan asing atau ikan introduksi dimana sebelumnya proporsi jenis ikan asing hanya 50% dari ikan asli (Hedianto *et al.*, 2013) kemudian meningkat menjadi 54,55% (Setyaningrum *et al.*, 2021) dan 55,56% pada penelitian ini. Ortega *et al.* (2015) menyatakan bahwa keberadaan ikan introduksi sudah umum terdapat pada ekosistem waduk. Walaupun jenis ikan introduksi relatif lebih banyak dibandingkan ikan asli, namun ternyata banyak dari jenis ikan introduksi tersebut yang ternyata diinginkan masyarakat. Ikan nila dan betutu walaupun termasuk ikan introduksi tetapi ikan tersebut memiliki potensi nilai ekonomi yang tinggi sehingga merupakan target tangkapan nelayan, sementara ikan manila GIFT cenderung tidak disukai karena harganya rendah.

Waduk Penjalin saat ini lebih didominasi oleh ikan-ikan introduksi sehingga berpotensi untuk dilakukan penerapan CBF. Apabila akan dilakukan penebaran, tentu sebaiknya dipilih jenis ikan yang memiliki kebiasaan makanan yang relatif berbeda dengan ikan-ikan dominan serta memiliki luas relung yang relatif lebih luas agar mampu beradaptasi (Umar *et al.*, 2016). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ikan-ikan yang diamati seperti nila, beunteur, manila GIFT dan betutu cenderung memiliki luas relung yang relatif rendah sehingga bersifat spesialis. Akibatnya, terjadi tumpang tindih relung makanan yang tinggi antara ikan-ikan yang memiliki karakteristik yang sama seperti antara ikan manila GIFT dengan betutu yang sama-sama bersifat piscivora, dan antara ikan nila dengan beunteur yang bersifat planktivora. Berdasarkan kriteria unsur kunci yang digunakan dalam penentuan keberhasilan pengembangan CBF, perairan dengan keberadaan populasi ikan herbivora

mempunyai peluang besar dalam pemanfaatan sumber daya pakan alami. Oleh karena itu, ikan nila dan beunteur relatif lebih layak untuk menjadi komoditas penebaran, sementara itu ikan manila GIFT dan betutu sebaiknya dihindari untuk ditebar karena sifatnya yang piscivora yang dapat berdampak pada keberadaan ikan-ikan lain di waduk tersebut.

Penelitian Purnomo *et al.* (2011) di Waduk Penjalin sebelumnya menyebutkan bahwa jenis ikan yang dapat ditebar dalam rangka pengembangan kegiatan CBF adalah nila (*Oreochromis niloticus*). Aisyah *et al.* (2019) menyatakan bahwa umumnya penebaran ikan di waduk-waduk di Indonesia bukan dari jenis ikan asli dimana sekitar 70% ikan yang ditebar adalah dari jenis ikan nila, mas dan lele. Walaupun demikian, kriteria pemilihan ikan yang akan ditebar sebaiknya yang memiliki risiko invasif yang rendah. Pemilihan ikan tebaran dari jenis ikan nila yang merupakan ikan planktivora sesuai dengan saran Hickley *et al.* (2002) bahwa introduksi ikan tebaran sebaiknya dilakukan dengan memanfaatkan spesies ikan dengan tingkat trofik rendah dengan luas relung yang tinggi agar mampu beradaptasi dan tidak berdampak negatif pada komunitas ikan yang sudah ada pada waduk tersebut.

Berdasarkan informasi beberapa aspek ekologi perairan seperti kualitas air dan komunitas ikan, maka Waduk Penjalin memiliki potensi yang cukup baik sebagai lokasi pelaksanaan CBF di Kabupaten Brebes. Waduk Penjalin berdasarkan kriteria FAO merupakan waduk berukuran kecil karena luasnya < 400 ha (De Silva & Funge-Smith, 2005; Nguyen *et al.*, 2005). Sugunan & Katiha (2004) menyatakan bahwa tingkat keberhasilan penebaran ikan umumnya lebih tinggi pada badan air yang berukuran kecil. Efisiensi penebaran ikan akan menurun seiring bertambahnya luas badan air mengingat benih ikan yang ditebar pada badan air yang berukuran besar cenderung memiliki sintasan yang rendah akibat kompetisi dan predasi dan monitoring pertumbuhannya menjadi kurang terkontrol. Waduk Penjalin juga termasuk waduk yang subur (eutrofik) sehingga ketersediaan pakan alami cukup untuk pertumbuhan ikan. Penerapan CBF di Waduk Penjalin diharapkan mampu menstabilkan produksi perikanan tangkap sebagaimana studi kasus di Waduk Malahayu (Aisyah *et al.*, 2019; Triharyuni *et al.*, 2019). Dari sisi pemulihan sumber daya ikan, penebaran ikan di perairan waduk selain untuk meningkatkan stok ikan di waduk tersebut juga turut memperkaya biodiversitas di waduk tersebut (Umar *et al.*, 2016).

Walaupun Waduk Penjalin memiliki potensi untuk penerapan CBF dari sisi aspek hidromorfologi dan

bioekologi, namun tentu studi kelayakan lanjutan untuk aspek-aspek lainnya seperti aspek perikanan, sosial ekonomi, kelembagaan dan ketersediaan benih untuk penebaran perlu untuk dilakukan mengingat tidak selalu badan air yang secara ekologi layak namun belum tentu pada aspek-aspek yang lain juga mendukung (Aisyah *et al.*, 2019; Kartamihardja *et al.*, 2011). Selain itu, pengembangan CBF di Waduk Penjalin juga perlu memperhatikan faktor keberadaan air di Waduk Penjalin yang berpotensi mengalami peluang untuk penggelontoran untuk keperluan irigasi oleh pengelola waduk. Waktu penebaran ikan sebaiknya disesuaikan dengan jadwal penggelontoran air waduk karena ketersediaan air sangat menentukan peluang ikan untuk tumbuh mencapai ukuran konsumsi.

## KESIMPULAN

Waduk Penjalin memiliki karakteristik ekologi perairan yang mendukung terhadap upaya penerapan perikanan tangkap berbasis budidaya (CBF) dengan status kualitas air yang relatif baik untuk mendukung kehidupan ikan. Luas waduk yang relatif kecil dengan status kesuburan pada taraf eutrofik juga turut menunjang ketersediaan pakan alami bagi penebaran ikan. Komunitas ikan di Waduk Penjalin didominasi oleh ikan-ikan introduksi seperti manila GIFT, nila dan betutu sehingga upaya penebaran ikan melalui CBF dapat turut meningkatkan stok ikan di waduk tersebut. Waduk Penjalin berpotensi untuk dilakukan penebaran ikan, terutama untuk jenis ikan-ikan herbivora/planktivora mengingat status perairan yang subur. Jenis ikan yang disarankan dapat ditebar adalah ikan nila dan beuntur. Walaupun secara ekologi Waduk Penjalin mendukung terhadap upaya penebaran ikan, namun untuk pelaksanaan CBF agar dapat optimal perlu juga dilakukan kajian pada aspek perikanan, sosial ekonomi, kelembagaan dan ketersediaan benih sesuai dengan kriteria kelayakan CBF.

## PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan "Penelitian Pemulihan Sumberdaya Ikan dengan aplikasi *Culture Based Fisheries*-CBF di Waduk Penjalin, Kabupaten Brebes" Tahun Anggaran 2021 di Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan (BRPSDI), Kementerian Kelautan dan Perikanan. Setiap penulis adalah kontributor utama. Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah banyak membantu selama survei di lapangan dan pengamatan sampel di Laboratorium BRPSDI.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agostinho, A. A., Pelicice, F. M., Gomes, C., & Julio, Jr, H. F. (2010). Reservoir fish stocking: when one plus one may be less than two. *Natureza & Conservacao*, 8(2), 103–111. DOI: 10.4322/natcon.00802001.
- Aisyah, Triharyuni, S., Prianto, E., Purwoko, R. M., & Husnah. (2019). Culture Based Fisheries (CBF) Sebagai Upaya Meningkatkan Produksi Ikan di Waduk. *J. Kebijak.Perik.Ind*, 11(1), 53–63. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jkpi.1.1.2019.53-63>.
- American Public Health Association. (2005). *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water*. 21th ed. Washington DC: APHA.
- Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama, USA: Auburn University of Agriculture Experiment Station.
- De Silva, S. S. (2001). Reservoir and culture-based fisheries: biology and management. *Proceedings of an International Workshop Held in Bangkok. Thailand from 15–18 February 2000.*, 384. ACIAR Proceedings No 98.
- De Silva, S. S., & Funge-Smith, S. (2005). *A review of stock enhancement practices in the inland water fisheries of Asia*. Bangkok, Thailand: Asia-Pacific Fishery Commission. RAP Publication No 2005/12.
- De Silva, S. S., Ingram, B. A., & Wilkinson, S. (Eds.). (2015). Perspectives on culture-based fisheries developments in Asia. In *NACA Monograph Series No. 3* (p. 126).
- Edmonson, W. T. (1978). *Freshwater Biology*. 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hamiyati, I. (2016). *Upaya Pengendalian Ikan Manila (Parachromis managuensis) Menggunakan Alat Tangkap Jaring Insang di Waduk Penjalin Kabupaten Brebes*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Hedianto, D. A., Purnomo, K., & Warsa, A. (2013). Interaksi Pemanfaatan Pakan Alami oleh Komunitas Ikan di Waduk Penjalin, Jawa Tengah. *Bawal*, 5(1), 33–40. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.5.1.2013.33-40>.

- Hickley, P., Bailey, R., Harper, D. M., Kundu, R., & Muchiri, M. (2002). The status and future of the Lake Naivasha fishery, Kenya. *Hydrobiologia*, 499, 181–190. DOI: 10.1023/A:1023334715893.
- Jorgensen, S. E. (1980). *Lake Management: Water Development, Supply and Management, Developments in Hydrology. Volume 14*. Oxford, UK: Pergamon Press.
- Kartamihardja, E. S. (2015). Potential of culture-based fisheries in Indonesian inland waters. In S. S. De Silva, B. A. Ingram, & S. Wilkinson (Eds.), *Perspectives on culture-based fisheries developments in Asia* (pp. 73–81). Bangkok, Thailand: NACA.
- Kartamihardja, E. S., Purnomo, K., Koeshendrajana, S., & Prisantoso, B. I. (2011). *Petunjuk Teknis: Ko-Manajemen Perikanan Tangkap Berbasis Budidaya (CBF) di Waduk Malahayu, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah*. Jakarta: Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumber Daya Ikan.
- Kottelat, M., Whitten, A. J., Kartikasari, S. N., & Wirjoatmodjo, S. (1993). *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Singapore: Periplus Editions Ltd.
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological Methodology*. New York: Harper and Row Publisher.
- Kusmana, C., Setyobudiandi, I., Hariyadi, S., & Sembiring, A. (2015). *Sampling dan Analisis Bioekologi Sumber Daya Hayati Pesisir dan Laut*. Bogor: IPB Press.
- Latuconsina, H. (2018). *Ekologi Perairan Tropis: Prinsip Dasar Pengelolaan Sumber Daya Hayati Perairan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Maulana, Y. Y., Mahmudin, D., Widjaya, R. I., & Wiranto, G. (2015). Monitoring kualitas air secara real-time terintegrasi. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 15(1), 23–27. DOI: 10.14203/jet.v15.23-27.
- Moyle, P. B., & Senanayake, F. R. (1984). Resource partitioning among the fishes of rainforest streams in Sri Lanka. *Journal of Zoology*, 202(2), 195–223. DOI: 10.1111/j.1469-7998.1984.tb05951.x.
- Natarajan, A. V., & Jhingran, A. G. (1961). Index of preponderance—a method of grading the food elements in the stomach analysis of fishes. *Indian Journal of Fisheries*, 8(1), 54–59.
- Needham, J. G., & Needham, P. R. (1963). *A Guide to the Study of Freshwater Biology. 5th Edition. Revised and Enlarged*. San Fransisco: Holden Day, Inc.
- Nguyen, H. S., Buy, A. T., Nguyen, D. Q., Truong, D. Q., Le, L. T., Abery, N. W., & De Silva, S. S. (2005). Culture-based fisheries in small reservoirs in northern Vietnam: Effect of stocking density and species combination. *Aquaculture Research*, 36, 1037–1048. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2005.01312.x.
- Novakowski, G. C., Hahn, N. S., & Fugii, R. (2008). Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. *Neotropical Ichthyology*, 6(4), 567–576. DOI: 10.1590/S1679-62252008000400004
- Ortega, J. C. G., Júlio Jr, H. F., Gomes, L. C., & Agostinho, A. A. (2015). Fish farming as the main driver of fish introductions in neotropical reservoirs. *Hydrobiologia*, 746, 147–158. DOI: 10.1007/s10750-014-2025-z.
- Pianka, E. R. (1974). The structure of lizard communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 4, 53–74. DOI: 10.1146/annurev.es.04.110173.000413.
- Purnamaningtyas, S. E., & Hediando, D. A. (2012). *Jenis-Jenis Ikan di Waduk Ir. H. Djuanda Jawa Barat Tahun 2010-2011*. Purwakarta: Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan.
- Purnomo, K., Kartamihardja, E. S., Warsa, A., Hediando, D. A., & Romdon, S. (2011). *Penelitian potensi sumberdaya ikan untuk pengembangan perikanan tangkap berbasis budidaya (Culture-Based Fisheries, CBF) di Propinsi Jawa Tengah (Waduk Sempor, Penjalin dan Wadaslintang) dan Daerah Istimewa Yogyakarta (Waduk Sermo)*. Purwakarta: Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan.
- Purwati, E., & Suprayogi, A. (2012). Analisis Perbandingan Fluktuasi Perubahan Volume Waduk Penjalin dengan Metode Pemeruman dan Pengukuran Elevasi Muka Air. *J. Geod. Undip*, 1, 1–9. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/2247>

- Quigley, M. (1977). *Invertebrates of stream and rivers, a key to identification*. Northampton: Edward Arnold.
- Sachlan, M. (1982). *Planktonologi*. Jakarta: Correspondence Course Centre. Direktorat Jenderal Perikanan, Departemen Pertanian.
- Sentosa, A. A., Hediarto, D. A., & Satria, H. (2017). Dugaan Eutrofikasi di Danau Matano Ditinjau dari Komunitas Fitoplankton dan Kualitas Perairan. *LIMNOTEK*, 24(2), 61–73. DOI: 10.14203/limnotek.v24i2.168.
- Setyaningrum, N., Sugiharto, & Susatyo, P. (2021). Diversity of Introduced Species of Fishes in Penjalin Reservoir Central Java Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 746 (2021) 012019*. DOI: 10.1088/1755-1315/746/1/012019
- Sugunan, V. V., & Katiha, P. K. (2004). Impact of stocking on yield in small reservoirs in Andhra Pradesh, India. *Fisheries Management and Ecology*, 11, 65–69. DOI: 10.1046/j.1365-2400.2003.00370.x.
- Triharyuni, S., Aisyah, Umar, C., & Husnah. (2019). Potentials yield and fisheries of Malahayu Reservoir, Brebes. *Indonesian Fisheries Research Journal*, 25(1), 11–17. DOI: 10.15578/ifrj.25.1.2019.11-17.
- Triharyuni, S., Aldila, D., Aisyah, & Husnah. (2019). Model Penebaran Ikan Nila Di Waduk Malahayu, Brebes, Jawa Tengah. *J.Lit.Perikan.Ind*, 25(3), 161–168. DOI: 10.15578/jppi.25.3.2019.161-168.
- Umar, C., Aisyah, A., & Kartamihardja, E. S. (2016). Strategi pengembangan perikanan tangkap berbasis budidaya di waduk: Studi kasus introduksi ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Waduk Sempor, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. *J.Kebijak.Perikan.Ind*, 8(1), 21–28. DOI: 10.15578/jkpi.8.1.2016.21-28
- Wetzel, R. G. (1983). *Limnology*. Philadelphia: W.B. Saunders College Publ.
- Winasis, A. (2019). Analisis Hidrologi Waduk Penjalin Guna Optimasi Daerah Irigasi Pemali. *Syntax Literate*, 4(2), 1–13. DOI: 10.36418/syntax-literate.v4i3.562.