



LIMNOTEK
Perairan Darat Tropis di Indonesia
p-ISSN: 0854-8390 e-ISSN: 2549-8029
www.limnotek.or.id



Potensi Produksi dan Kebutuhan Benih untuk Pengembangan Perikanan Tangkap di Embung Nusa Tenggara Timur

Andri Warsa dan Krismono

Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Purwakarta

Email penulis: andriwarsa@yahoo.co.id

Diajukan 4 Januari 2018. Ditelaah 21 Maret 2018. Disetujui 10 Oktober 2018.

Abstrak

Embung merupakan salah satu sumber air permukaan berupa danau buatan yang diperoleh dari rekayasa panen hujan dan aliran air permukaan. Pemerintah Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) telah membangun sebanyak 963 embung dan tiga bendungan. Badan air tersebut baru dimanfaatkan untuk sumber air irigasi, perkebunan, dan peternakan, sedangkan untuk perikanan belum dikembangkan secara optimal. Pengembangan perikanan tangkap melalui penebaran benih ikan merupakan salah satu upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan dan pengelolaan badan air. Kegagalan penebaran ikan di beberapa badan air di NTT disebabkan oleh belum ada kajian ilmiah sebelum penebaran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi produksi perikanan dan jumlah benih optimal untuk pengembangan perikanan tangkap di beberapa embung di NTT. Penelitian dilakukan pada bulan September 2016. Pengambilan contoh air dilakukan dengan menggunakan Kemmerer water sampler di kedalaman 0,5 m dari permukaan. Data sekunder berupa parameter pertumbuhan ikan tebaran diperoleh dari penelusuran pustaka, sedangkan produksi benih dan karakteristik morfologi badan air diperoleh dari instansi terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Embung Tulamale dan Oelpuah merupakan badan air dengan status kesuburan perairan yang tinggi (eutrofik), sedangkan Embung Haekrit dan Haliwen masing-masing mempunyai tingkat kesuburan rendah (oligotrofik). Potensi rata-rata produksi perikanan berdasarkan MEI_{cond} berkisar 41,3–68,7 kg/ha/tahun dengan rata-rata 52,8 kg/ha/tahun, sedangkan berdasarkan kandungan klorofil a berkisar 29,8–55,8 kg/ha/tahun dengan rata-rata 43,6 kg/ha/tahun. Estimasi kebutuhan benih untuk penebaran dalam rangka pengembangan perikanan tangkap berkisar 1.000–48.600 ekor/tahun. Berdasarkan kualitas air dan nilai ekonomi yang diperoleh, embung di lokasi penelitian layak untuk penebaran ikan dalam rangka pengembangan perikanan tangkap.

Kata kunci: potensi produksi, benih ikan, embung, perikanan tangkap

Abstract

Production Potential and Seed Requirement for Capture Fishery Development in the Retention Basins of East Nusa Tenggara. Embung or retention basin is one of the surface water sources in the form of artificial lake obtained from harvesting the rain and surface water. East Nusa Tenggara (NTT) Province has built 963 retention basins and three dams which are used mainly for irrigation, plantation, and livestock, while for fisheries it has not been developed optimally. The

development of capture fisheries through the stocking of fish seeds is one of the efforts to optimize the utilization and management of water bodies. The failure of fish stockings in several water bodies in NTT is thought to be caused by lack of scientific studies before the stockings. Therefore, the purpose of this research was to determine the potential of fisheries production and the optimal number of seeds for the development of capture fisheries in the retention basins of NTT. The research was conducted in September 2016. Water samples were taken at a depth of 0.5 m from the surface using the Kemmerer water sampler. Secondary data which included fish growth parameters were obtained from literature, while seed production and morphological characteristics of water bodies were obtained from relevant institutions. The results showed that Embung Tulamale and Oelpuah were eutrophic, while Embung Haekrit and Haliwen were oligotrophic. The average potential of fisheries production based on MEI_{cond} ranged 41.3–68.7 kg/ha/year with an average of 52.8 kg/ha/year, while based on chlorophyll a content ranged 29.8–55.8 kg/ha/year with an average of 43.6 kg/ha/year. Estimation of seed requirements for restocking in the context of developing capture fisheries ranged from 1,000 to 48,600 individuals/year. Based on the water quality and economic values obtained, embung at the research locations are feasible for fish stocking in the capture fisheries development.

Keywords: production potential, fish seed, embung, capture fisheries

Pendahuluan

Data dari Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara (BBWSNT) II yang belum dipublikasikan menyebutkan bahwa pada akhir tahun 2015 Pemerintah Daerah Provinsi NTT telah membangun 963 embung yang terdiri dari embung irigasi (35 buah), embung ternak (11 buah), dan embung kecil (917 buah) dan 3 buah bendungan. Embung irigasi mempunyai kisaran luas dan daya tampung bersih, masing-masing adalah 0,8–112,1 ha dan 20.100–2.640.000 m³. Luas dan daya tampung bersih embung ternak, masing-masing berkisar 1,3–5,1 ha dan 135.300–676.400 m³, sedangkan embung kecil mempunyai kisaran luas dan volume air, masing-masing 0,03–9,61 ha dan 4.200–190.700 m³. Selain embung, di NTT juga terdapat tiga bendungan, yaitu Tilong (154,7 ha), Rotiklot (30,3 ha), dan Raknamo (147,3 ha). Daya tampung bersih ketiga bendungan tersebut berkisar 3–19 juta m³. Embung dan bendungan ini berfungsi sebagai sumber air minum, irigasi, dan sumber air untuk perkebunan dan peternakan (Meluk *et al.*, 2015). Perlu ada suatu upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatannya tanpa mengganggu pemanfaatan yang lain (Djuwansah *et al.*, 2001), yaitu dengan pengembangan perikanan tangkap. Menurut Kartamihardja dan Umar (2009) pengembangan perikanan tangkap dapat dilakukan dengan penebaran ikan berdasarkan konsep perikanan berbasis budi daya (*culture-based fisheries*). Hal ini diharapkan dapat meningkatkan produksi perikanan darat yang

hanya menyumbang 2,51% dari produksi total perikanan (Kause *et al.*, 2013). Beberapa contoh keberhasilan penebaran dalam rangka peningkatan produksi perikanan tangkap antara lain penebaran ikan Bilih (*Mystacoleucus padangensis*) di Danau Toba (Umar & Kartamihardja, 2011), ikan Patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) di Wonogiri (Kartamihardja & Purnomo, 2005), ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Waduk Malahayu (Purnomo, 2011) serta ikan Bandeng (*Channos channos*) di Waduk Jatiluhur (Tjahjo & Purnamaningtyas, 2008a). *Culture-based fisheries* (CBF) merupakan suatu pendekatan pengembangan perikanan tangkap yang dapat mendukung industrialisasi perikanan yang berdampak pada ketahanan pangan nasional (Nasution & Yanti, 2014).

Penentuan jenis ikan yang dapat ditebar dalam suatu badan air didasarkan pada beberapa kriteria, yaitu kemampuan memanfaatkan pakan alami dan ruang ekologi yang tersedia, kemampuan bertahan pada kondisi kualitas air yang buruk (*hypoxia*), ketersediaan benih di sekitar badan air, dan laju pertumbuhan yang cepat (Cowx, 1994). Ikan Bandeng memanfaatkan fitoplankton dari kelas Cyanophyceae dan Chlorophyceae sebagai sumber pakannya (Aqil *et al.*, 2013), sedangkan ikan Nila cenderung bersifat omnivora (Otieno *et al.*, 2014). Ikan Bandeng merupakan jenis ikan yang mampu memanfaatkan zona limnetik badan air yang dalam, sedangkan ikan Nila menempati bagian perairan yang dangkal (Kartamihardja, 2007). Ikan Nila lebih mampu bertahan pada kondisi

kualitas air yang buruk (Offem *et al.*, 2007), sedangkan ikan Bandeng membutuhkan kualitas air yang lebih baik (Pickering *et al.*, 2013). Selain itu, laju pertumbuhan ikan Bandeng lebih cepat dibandingkan dengan ikan Nila (Tjahjo *et al.*, 2011). Ketersediaan benih ikan juga merupakan faktor yang berpengaruh pada keberhasilan penebaran ikan dalam badan air. Produksi benih ikan Bandeng dan Nila di Provinsi NTT sebanyak 7 juta ekor/tahun, sehingga mampu memenuhi kebutuhan untuk penebaran di perairan embung.

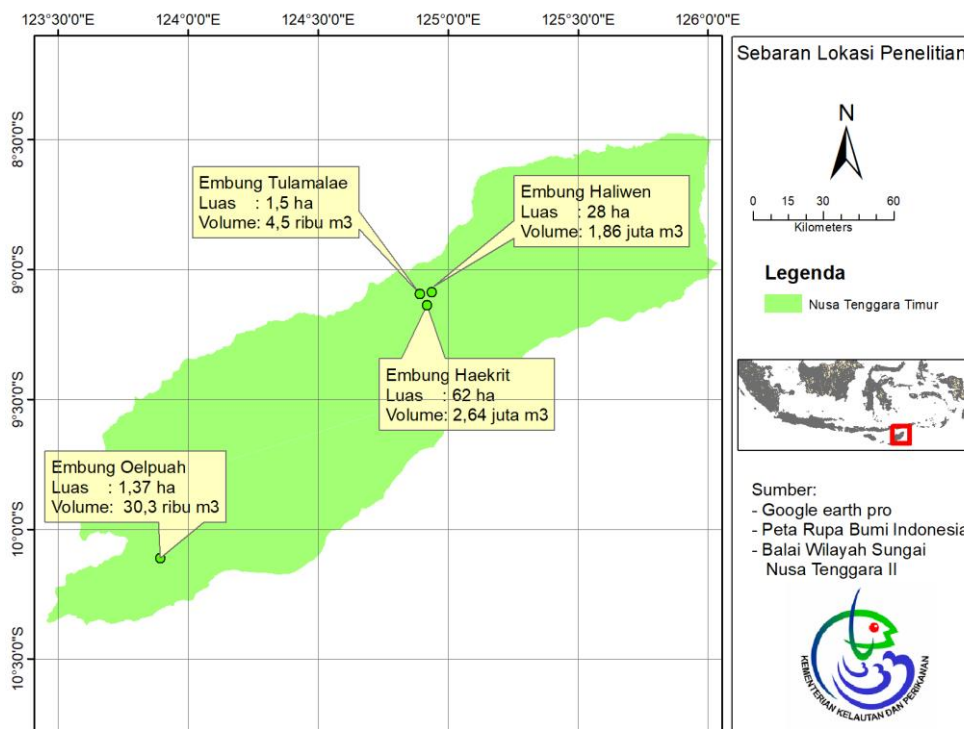
Kajian pengembangan perikanan tangkap di embung dan bendungan di NTT baru mempertimbangkan aspek sosial dan ekologi perairan, namun belum mengkaji kebutuhan benih (Prianto *et al.*, 2018). Untuk memperbesar peluang keberhasilan kegiatan tersebut, daya dukung perairan untuk pertumbuhan benih ikan perlu dipertimbangkan, yaitu jumlah benih yang akan ditebar harus berdasarkan potensi produksi ikan. Kajian potensi produksi ikan merupakan konsep dasar dalam mendeskripsikan sumber daya perikanan yang akan dieksploitasi (Rahardjo *et al.*, 2007). Pendugaan potensi produksi ikan sangat penting sebagai dasar pengelolaan sumber daya perikanan dari suatu badan air agar tetap lestari (Bramick, 2002). Beberapa pendekatan

yang digunakan untuk menduga potensi produksi ikan di danau dan waduk pada umumnya dilakukan berdasarkan nilai produktivitas primer, klorofil a, konsentrasi fosfor total, dan konduktivitas perairan (Moreau & De Silva, 1991; Schlesinger & Regier, 1982; Oglesby, 1977; Melack, 1976; Ryder, 1965). Produksi perikanan selain berhubungan dengan nutrien, juga berkaitan dengan morfologi badan air, misalnya luas, kedalaman, dan panjang garis pantai (Jayasinghe *et al.*, 2006). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi produksi ikan dan kebutuhan benih optimal yang dapat ditebar, serta nilai ekonomi pengembangan perikanan tangkap di beberapa embung di Nusa Tenggara Timur (NTT).

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan September 2016 di empat badan air, yaitu Embung Oelpuah di Kabupaten Kupang, Embung Tulamalae, Embung Haekrit, dan Embung Haliwen di Kabupaten Belu (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian di embung NTT

Pengambilan contoh air di masing-masing titik pengamatan dilakukan dengan menggunakan *Kemmerer water sampler* 3,1 L di kedalaman 0,5 m dari permukaan. Pengambilan contoh di Embung Haliwen dan Haekrit dilakukan di dua stasiun pengamatan, sedangkan di Embung Tulamalee dan Oelpuah dilakukan di satu stasiun. Contoh air yang diperoleh dimasukkan ke dalam botol polietilen volume 500 mL dan disimpan di dalam *coolbox* yang telah diberi es.

Contoh air yang digunakan untuk analisis klorofil a diberi pengawet MgCO_3 sebanyak 1 mL. Sebanyak 250 mL contoh air disaring menggunakan kertas saring 0,45 μm nitroselulosa dengan bantuan pompa *vacuum*. Analisis konsentrasi klorofil a dilakukan di laboratorium kimia air Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Jatiluhur, berdasarkan APHA (2005). Suhu air, pH, oksigen terlarut, dan daya hantar listrik diukur secara *in situ*. Parameter kualitas air yang diukur dan metode atau alat yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari instansi terkait dan penelusuran pustaka (Tabel 2). Data tersebut berupa data karakteristik badan air dan produksi benih ikan dari Balai Benih Ikan (BBI) dan Unit Perbenihan Rakyat (UPR). Parameter biologi ikan Bandeng dan Nila terdiri dari pola pertumbuhan (hubungan

panjang-berat ikan), panjang asimptot (L_{∞}), umur ikan saat panjang ikan sama dengan nol (t_0), konstanta pertumbuhan (k), dan mortalitas alami (M).

Analisis data

Status kesuburan perairan diestimasi berdasarkan Smith *et al.* (1999) menggunakan parameter klorofil a dengan kriteria oligotrofik ($<3,5 \text{ mg/m}^3$), mesotrofik ($3,5\text{--}9,0 \text{ mg/m}^3$), eutrofik ($9\text{--}25 \text{ mg/m}^3$), dan hipereutrofik ($>25 \text{ mg/m}^3$).

Pendugaan potensi produksi ikan

A. Indeks Morfoedafik (MEI)

Model indeks morfoedafik sudah digunakan untuk memprediksi produksi ikan di perairan waduk kecil di Punjab, Pakistan (Janjua *et al.*, 2008) dan beberapa badan air di Filipina (Moreau & De Silva, 1991). MEI mempunyai korelasi dengan hasil tangkapan lestari (Sugunan *et al.*, 2002). MEI yaitu besaran nilai daya hantar listrik atau konduktivitas ($\mu\text{mhos/cm}$) dibagi dengan kedalaman rata-rata danau (meter). Estimasi potensi produksi dengan menggunakan indeks morfoedafik didasarkan pada persamaan dari Henderson & Welcomme (1974) yang digunakan untuk mengestimasi produksi perikanan tangkap di 31 badan air di Afrika.

Tabel 1. Parameter kualitas air yang diukur

Parameter	Satuan	Alat/metode
Suhu air	$^{\circ}\text{C}$	YSI professional
pH		YSI professional
Oksigen terlarut	mg/L	YSI professional
Daya hantar listrik	$\mu\text{mhos/cm}$	YSI professional
Padatan terlarut total	mg/L	YSI professional
Klorofil a	mg/m^3	Trichromatic

Tabel 2. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian

Parameter	Sumber data
1. Luas, volume, dan kedalaman rata-rata	Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara (BWSNT) II
2. Produksi benih ikan	Dinas Kelautan dan Perikanan Nusa Tenggara Timur.
3. Parameter biologi ikan Bandeng dan Nila	Tjahjo <i>et al.</i> , 2011; Putri & Tjahjo, 2010

$$Y = 8,7489 \times \text{MEI}_{\text{cond}}^{0,3813}$$

Y = Potensi produksi (kg/ha/tahun)
MEI_{cond} = Indeks morfoedafik (µmhos/cm/m)

B. Klorofil a

Pendekatan pendugaan potensi produksi berdasarkan klorofil a menggunakan persamaan dari Oglesby (1977):

$$\text{Log}Y_f = -1,92 + 1,17 \log \text{Chl}$$

Y_f = Potensi produksi (kg/ha/tahun)
Chl = Konsentrasi klorofil a (mg/m³)

Penghitungan keperluan benih untuk penebaran

Parameter daya hantar listik merupakan parameter pengganti dari padatan terlarut total dalam pendugaan potensi produksi (Chow-Fraser, 1991). Kedua parameter tersebut mempunyai kemampuan yang sama untuk menduga potensi. Jumlah benih yang ditebar dapat diestimasi berdasarkan potensi produksi dengan parameter daya hantar listrik (Wijeyaratne & Amarasinghe, 1984). Jumlah benih untuk ditebar diestimasi dengan menggunakan indeks morfoedafik (Sugunan *et al.*, 2002) yaitu:

$$S = \frac{\text{MSY}_{\text{est}} - Y_{\text{est}}}{W} \times e^{-z(t_1 - t_0)}$$

S = Jumlah benih yang ditebar (ind/tahun)
W = Berat saat ikan dipanen (kg/ind)
Z = Laju kematian total (per tahun)
t₁ = Umur saat ditangkap (tahun)
t₀ = Umur saat ditebar (tahun)
MSY_{est} = Hasil tangkapan lestari estimasi (kg/ha/tahun)
Y_{est} = Hasil tangkapan estimasi (kg/ha/tahun)
e = eksponensial

Estimasi hasil tangkapan lestari merupakan parameter yang digunakan sebagai pembandingan dengan produksi ikan tangkapan. Jika produksi ikan tangkapan masih di bawah nilai tangkapan lestari, maka badan air tersebut masih berpeluang untuk penebaran. Pendekatan hasil tangkapan lestari berdasarkan parameter indeks morfoedafik menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Y_{\text{est}} = 0,9897 \times \text{MEI}^{1,3888}$$

$$\log_e Y_{\text{est}} = 0,9005 \log_e \text{MEI} + 1,9220$$

Y_{est} = Hasil tangkapan lestari (kg/ha/tahun)

Estimasi produksi dan umur optimal untuk panen ikan Bandeng dan Nila tebaran dilakukan berdasarkan pendekatan King (1995) yang dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

- Penghitungan panjang ikan pada umur t (Sparre & Venema, 1999):

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

L_t = Panjang ikan pada umur t (cm)
L_∞ = Panjang asimtot ikan (cm)
k = Koefisien pertumbuhan (per tahun)
t₀ = Umur teoritis ikan pada saat panjang ikan sama dengan nol (tahun)
t = Umur ikan pada saat t (tahun)

- Pola pertumbuhan ikan yang diketahui melalui hubungan panjang-berat ikan:

$$W = aL^b$$

W = Berat ikan (gram)
L = Panjang total ikan (cm)
a dan b = Konstanta

- Jumlah individu ikan pada waktu t (King, 1995):

$$N_{t+1} = N_t \exp(-M)$$

N_{t+1} = Jumlah individu ikan pada tahun ke t+1 (ekor)
N_t = Jumlah individu ikan pada tahun ke t (ekor)
M = Laju kematian alami ikan (per tahun)

- Biomassa total ikan (B, dalam kg):
B = (N_{t+1} x W)/1000

- Nilai ekonomi yang diperoleh dari penebaran ikan:
VE = B x A

VE = Nilai ekonomi ikan tebaran (Rupiah)
A = Harga untuk setiap kilogram ikan (Rp/kg)

Hasil dan Pembahasan

Secara umum, kualitas air di embung yang diteliti layak untuk kehidupan ikan (Prianto *et al.*, 2018). Konsentrasi oksigen terlarut di badan air di lokasi pengembangan perikanan tangkap berkisar 3,20–4,85 mg/L dan pH berkisar 7,70–8,11. Nilai daya hantar listrik dan padatan terlarut total (TDS), masing-masing berkisar 246–561 $\mu\text{mhos/cm}$ dan 122–340 mg/L. Nilai TDS yang tinggi disebabkan oleh erosi di daerah litoral sekitar perairan. Kualitas air beberapa embung di NTT diperlihatkan dalam Tabel 3. Nilai pH dan oksigen terlarut di lokasi penelitian relatif sama dengan perairan Waduk Jatiluhur yang merupakan lokasi penebaran ikan Nila dan Bandeng, yaitu pH berkisar 7,0–9,0 dan oksigen terlarut berkisar 3,5–5,6 mg/L (Tjahjo & Suman, 2009; Tjahjo & Purnamaningtyas, 2008b). Konsentrasi klorofil a di embung calon lokasi penebaran ikan di NTT hampir sama dengan badan air di Sri Lanka yang merupakan lokasi penebaran ikan, yaitu berkisar 4,57–14,08 mg/m^3 (Jayasinghe *et al.*, 2005a). Konsentrasi klorofil a akan menentukan jumlah benih serta produksi ikan tebaran (Wijenayake *et al.*, 2005). Nilai parameter kualitas air di lokasi penelitian, seperti suhu air, oksigen terlarut, pH, dan daya hantar listrik hampir sama dengan waduk di Sri Lanka yang merupakan lokasi penebaran ikan yaitu masing-masing berkisar 27,8–31,7°C; 2,58–6,77 mg/L; 6,7–9,0; dan 207–331 $\mu\text{mhos/cm}$ (Jayasinghe *et al.*, 2005b).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air menyebutkan bahwa kualitas air golongan II dan III layak untuk kegiatan perikanan dengan nilai beberapa parameter kualitas air, yaitu pH berkisar 6–9, padatan terlarut berkisar 50–400 mg/L, dan konsentrasi oksigen terlarut > 3 mg/L. Nilai parameter kualitas air untuk ikan Nila yang dipelihara di perairan umum dengan kisaran nilai parameter kualitas air yaitu pH berkisar 6,4–8,0; oksigen terlarut berkisar 3,2–5,5 mg/L, dan suhu air berkisar 28,7–32,5°C (Karim *et al.*, 2017; Alhassan *et al.*, 2012; Chakraborty & Banerjee, 2010; Hasan *et al.*, 2010;). Nilai parameter kualitas air yang baik untuk kehidupan ikan Bandeng yaitu suhu air berkisar 28–30°C, oksigen terlarut > 4 mg/L, dan pH berkisar 6,5–9,0 (Rangka & Asaad, 2010). Berdasarkan uraian diatas di atas, maka lokasi penelitian ini layak untuk kehidupan ikan sehingga dan dapat digunakan untuk penebaran ikan dalam rangka pengembangan perikanan tangkap.

Embung Tulamalee dan Oelpuah merupakan badan air dengan status kesuburan perairan yang tinggi (eutrofik). Kedua embung tersebut merupakan badan air yang dangkal, sempit, dan tidak memiliki *outlet*, sehingga nutrisi yang masuk terakumulasi dan terjadi penumpukan unsur hara yang memicu pertumbuhan fitoplankton. Embung Tulamalee dan Oelpuah mempunyai kedalaman rata-rata

Tabel 3. Nilai parameter kualitas air di beberapa embung, NTT

Parameter	Tulamalee	Haliwen	Haekrit	Oelpuah
Suhu air (°C)	28,0	29,0–29,3 (29,2 ± 0,2)	29,3–29,9 (29,6 ± 0,2)	31,1
pH	8,08	7,63–7,88 (7,70 ± 0,18)	8,05–8,10 (8,08 ± 0,04)	8,04
Oksigen terlarut (mg/L)	3,75	3,20–4,03 (3,62 ± 0,59)	3,84–4,14 (3,99 ± 0,21)	4,05
Daya hantar listrik, DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	561,0	555–565 (560,0 ± 7,1)	244,6–245,7 (245,2 ± 0,78)	263,1
Padatan terlarut total, TDS (mg/L)	121,6	330–338 (334,0 ± 5,7)	146,9–147,6 (147,2 ± 0,5)	153,4
Klorofil a (mg/m^3)	12,03	6,25–7,35 (6,80 ± 0,78)	3,40–4,23 (3,81 ± 0,58)	15,23
Status trofik	Eutrofik	Oligotrofik	Oligotrofik	Eutrofik

2,5 dan 2,3 m. Pengadukan oleh angin di perairan yang dangkal akan menyebabkan nutrisi yang terdapat di dasar perairan terangkat ke permukaan. Pada kondisi aerobik, fosfor yang terikat pada partikel akan terlepas kembali ke kolom air (Wetzel, 2001). Selain itu, tata guna lahan di sekitar Embung Tulamale merupakan lahan perkebunan dan permukiman penduduk yang dapat menjadi sumber masukan nutrisi ke dalam perairan. Secara umum, tata guna lahan di sekitar embung di NTT berupa lahan pertanian, padang rumput, dan permukiman (Widiyono, 2008). Hal yang sama juga terjadi di embung yang ada di Nusa Tenggara Barat yang menerima beban masukan dari perkotaan, sehingga memiliki tingkat kesuburan yang tinggi (Sulawesty *et al.*, 2013).

Tingkat kesuburan di Embung Haliwen dan Haekrit masing-masing adalah oligotrofik (miskin hara). Tingkat kesuburan di kedua badan air ini dipengaruhi oleh tata guna lahan di sekitarnya, yaitu berupa hutan dan padang rumput. Transpor fosfor yang berasal dari lahan hutan lebih rendah dibandingkan dengan lahan perkebunan dan sawah (Jones & Lee, 1982). Beberapa situ di Jawa Barat dengan tata guna lahan yang didominasi oleh hutan, umumnya mempunyai tingkat kesuburan rendah-sedang (Sulastri *et al.*, 2008). Tata guna lahan akan berpengaruh terhadap tingkat kesuburan suatu badan air (Sang-Woo *et al.*, 2009). Embung Haekrit dan Haliwen mempunyai badan air yang dalam dan cukup luas. Kedalaman rata-rata Embung Haekrit dan Haliwen masing-masing adalah 4,2 dan 6,5 m. Konsentrasi fosfor di suatu perairan dipengaruhi oleh morfologi badan air, antara lain luas, kedalaman, dan laju pembilasan (Dillon & Rigler, 1974). Perpindahan fosfor dari sedimen ke kolom air pada kondisi anaerobik hanya terjadi di kedalaman kurang dari 20 cm di bawah dasar perairan (Sondergaard *et al.*, 2003). Hal ini berdampak pada konsentrasi nutrisi yang rendah di kolom air tersebut.

Badan air dengan tingkat kesuburan yang tinggi cenderung memiliki potensi produksi ikan yang tinggi. Estimasi potensi produksi ikan di beberapa embung dalam penelitian ini dihitung dengan beberapa pendekatan dan ditunjukkan dalam Tabel 4. Secara umum, pendekatan potensi produksi

dengan parameter klorofil *a* memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan MEI_{cond} .

Perairan yang dangkal dan tidak memiliki *outlet* lebih mudah mengalami penyuburan yang disebabkan akumulasi bahan organik dari daratan sekitarnya yang masuk ke perairan dan menyebabkan peningkatan kandungan unsur hara perairan. Oleh karena itu, perairan dangkal umumnya mempunyai kelimpahan fitoplankton yang tinggi, sehingga nilai potensi perikanan lebih tinggi jika dibandingkan dengan perairan yang dalam (Jayasinghe *et al.*, 2005a). Potensi produksi ikan di keempat badan air yang diteliti (Tabel 4) lebih rendah dibandingkan dengan potensi produksi rata-rata waduk di Asia pada umumnya, yaitu sebesar 108,4 kg/ha/tahun (Welcomme, 2001) dan Waduk Darma di Kuningan, Jawa Barat, sebesar 59,6–106,4 kg/ha/tahun yang memiliki konsentrasi klorofil *a* lebih tinggi, yaitu 19,4–59,6 mg/m³ (Tjahjo *et al.*, 2006).

Bobot benih ikan Nila dan Bandeng yang ditebar mengacu pada beberapa kegiatan penebaran di perairan umum. Benih ikan Bandeng dan Nila yang ditebar di Waduk Jatiluhur masing-masing mempunyai berat 5,1 g/ekor (Tjahjo *et al.*, 2011) dan 20 g/ekor (Krismono, 1989) dengan ukuran ikan Bandeng dan Nila yang boleh ditangkap masing-masing adalah 250 dan 200 g. Parameter biologi ikan Bandeng dan Nila yang menjadi dasar penghitungan jumlah benih ikan tebaran diperlihatkan dalam Tabel 5 (Tjahjo *et al.*, 2011; Putri & Tjahjo, 2010).

Kebutuhan benih optimal yang dapat ditebar diperlihatkan dalam Tabel 6. Jumlah optimal yang dapat ditebar di Embung Haekrit lebih tinggi dibandingkan dengan badan air lain. Hal ini disebabkan Embung Haekrit lebih luas daripada ketiga badan air yang lain. Kebutuhan benih untuk penebaran di Tulamale lebih rendah dibandingkan dengan Oelpuah karena memiliki kandungan klorofil *a* yang lebih kecil. Namun, jumlah benih ikan yang dapat ditebar di lokasi penelitian ini yaitu 1.000–48.615 ekor/tahun lebih kecil jika dibandingkan dengan benih ikan planktivora di Waduk Malahayu, yaitu 352.412 ekor/tahun (Warsa & Purnomo, 2011) dan ikan Bandeng yang ditebar di Sempor yaitu 140.174 ekor per tahun (Purnomo *et al.*, 2013).

Tabel 4. Potensi produksi ikan (kg/ha/tahun) dari embung di NTT

Lokasi	Dasar pendugaan potensi produksi (Y)	
	MEI _{cond}	Klorofil a
Tulamalae	68,7	51,0
Haliwen	47,7	37,7
Haekrit	41,3	29,8
Oelpuah	53,3	55,8

Tabel 5. Parameter populasi dan biologi kandidat ikan tebaran

Parameter populasi/biologi	Bandeng	Nila
L _{oo} (cm)	88,42	44,1
K (per tahun)	0,95	0,72
M (per tahun)	3,5891	1,34
a	0,0113	0,129
b	2,9744	2,4608
W _o (g)	5	20
W _h (g)	250	200

Tabel 6. Jumlah benih optimal yang dapat ditebar di embung, NTT

Embung	Luas (ha)	Kebutuhan benih (ekor/ha/tahun)	Benih total (ekor/tahun)
Tulamalae	1,7	507	1 000
Haliwen	28	1.528	42.777
Haekrit	62	784	48.615
Oelpuah	1,37	2.465	3.377

Kepadatan benih ikan untuk penebaran di beberapa waduk di Sri Lanka yaitu 245.430 ekor/ha dengan jenis ikan yang ditebar antara lain ikan Nila, ikan Mas (*Cyprinus carpio*), dan ikan Mola (*Aristichthys nobilis*) (Wijenayake *et al.*, 2005). Tabel 6 menunjukkan daya dukung lingkungan di embung tersebut lebih kecil jika dibandingkan waduk di Sri Lanka.

Jumlah benih yang dapat ditebar dalam suatu badan air ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain tingkat kesuburan perairan, ketersediaan pakan alami, dan luas badan air (Welcomme & Bartley, 1998). Produksi ikan yang dihasilkan dari kegiatan penebaran dipengaruhi oleh kepadatan dan jenis benih ikan yang ditebar (Nguyen *et al.*, 2005; Phan & De Silva, 2000). Kepadatan benih jenis ikan

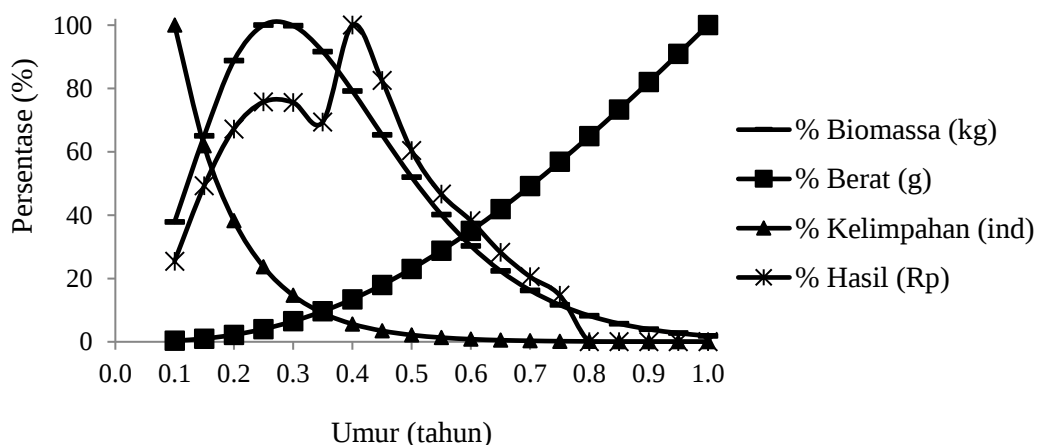
dari famili Cyprinidae yang ditebar berkorelasi secara signifikan dengan hasil yang diperoleh di waduk berukuran sedang dan kecil di Kuba (Quiros & Mari, 1999) dan waduk kecil di Andhra Pradesh, India (Sugunan & Katiha, 2004). Kegiatan penebaran ikan di Sri Lanka umumnya dilakukan di badan air berukuran kecil, yaitu 3,2–28,9 ha (Jayasinghe *et al.*, 2006).

Produksi, nilai ekonomi, dan umur ikan dengan hasil panen tertinggi diestimasi dengan persamaan King (1995) yang ditampilkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3. Penampilan grafik dalam satuan persentase merupakan standardisasi yang dilakukan untuk memperlihatkan nilai puncak. Estimasi produksi ikan tebaran yang ditunjukkan berkisar 45–680 kg/tahun. Estimasi produksi

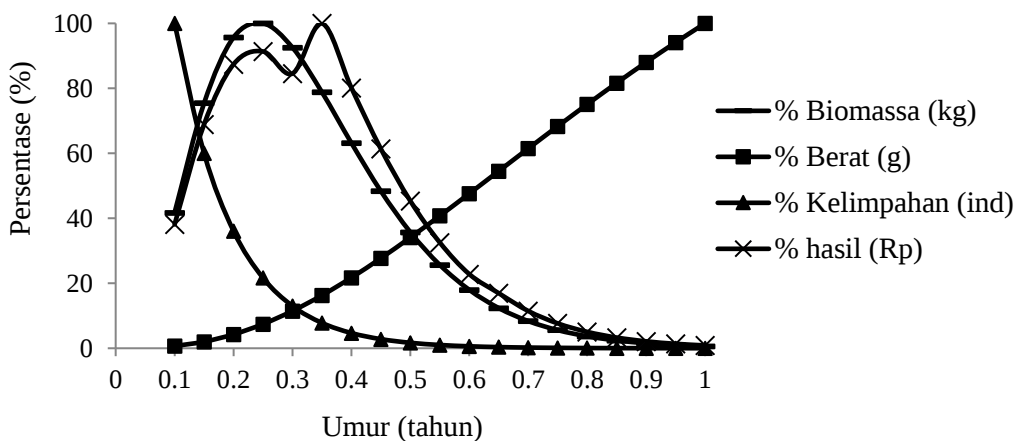
ikan di lokasi penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan lokasi waduk perenial di Sri Lanka yang berkisar 57,3–208,1 kg/ha/tahun (Pushpalatha & Candrasoma, 2010). Jika mengacu pada biomassa total ikan Bandeng yang dipanen, maka biomassa tertinggi yang dihasilkan adalah jika ikan ditangkap pada ukuran 100 g/ekor, tetapi nilai ekonomi tertinggi dicapai jika ikan Bandeng dipanen pada ukuran 200 g/ekor. Produksi berdasarkan biomassa tertinggi untuk ikan Nila dapat dicapai jika ikan ditangkap pada ukuran 100 g/ekor, namun nilai ekonomi tertinggi terjadi jika ikan ditangkap pada ukuran 150 g/ekor. Untuk mencapai ukuran ekonomis diperlukan waktu 3,5 bulan untuk ikan Bandeng dan 4 bulan untuk ikan Nila setelah penebaran atau pada umur 5,8 bulan untuk ikan Bandeng dan 5,2 bulan untuk ikan Nila.

Penebaran hanya dapat dilakukan satu kali setahun di Embung Tulamalee dan Oelpuah karena ketersediaan air yang hanya 4–5 bulan dalam satu tahun (Widiyono, 2011). Sebaliknya, di Embung Haliwen dan Haekrit penebaran dapat dilakukan sebanyak dua kali setiap tahunnya.

Ikan Bandeng dan Nila merupakan jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi di NTT. Untuk memenuhi kebutuhan, terutama ikan Bandeng masih didatangkan dari luar daerah, yaitu Makassar dengan harga Rp 22.000/kg (Prianto *et al.*, 2018). Nilai asumsi harga ikan didasarkan pada harga rata-rata di Waduk Jatiluhur, yaitu Rp18.000/kg. Harga tersebut digunakan untuk menghitung nilai ekonomi yang diperoleh dari penebaran ikan (Tabel 7).



Gambar 2. Grafik umur ikan Bandeng terhadap kelimpahan, biomassa, dan nilai ekonomi



Gambar 3. Grafik umur ikan Nila terhadap kelimpahan, biomassa, dan nilai ekonomi

Tabel 7. Nilai ekonomi dari penebaran ikan di embung per periode penebaran

Embung	Bandeng (Rp)	Nila (Rp)
Tulamalae	2.700.000	1.900.000
Haliwen	10.400.000	1.100.000
Haekrit	11.200.000	7.950.000
Oelpuah	825.000	900.000

Kesimpulan

Potensi produksi ikan di Embung Tulamalae, Oelpuah, Haekrit, dan Haliwen berdasarkan MEI_{cond} masing-masing sebesar 68,7; 53,3; 41,3; dan 47,7 kg/ha/tahun dan klorofil a masing-masing sebesar 51,0; 55,8; 29,8; dan 37,7 kg/ha/tahun. Jumlah benih yang diperlukan untuk penebaran di Embung Tulamalae dan Oelpuah adalah 1.000 dan 3.377 ekor/tahun, sedangkan di Embung Haliwen dan Haekrit masing-masing adalah 42.777 dan 48.615 ekor/tahun. Nilai ekonomi tertinggi kegiatan penebaran ikan diperoleh di Embung Haekrit dan Haliwen. Berdasarkan kondisi kualitas air dan kelayakan ekonomi yang diperoleh, maka embung di lokasi penelitian layak sebagai lokasi penebaran dalam rangka pengembangan perikanan tangkap.

Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini merupakan bagian dari kegiatan “Penelitian pengembangan perikanan berbasis budi daya (*Culture-based fisheries*) di waduk, situ, dan embung di Provinsi Nusa Tenggara Timur” yang diadakan oleh Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan Tahun Anggaran 2016. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dedi Sumarno, A. Md selaku teknisi yang telah membantu dalam pengumpulan data selama penelitian.

Referensi

Alhassan EH, Abarike ED, Ayisi CL. 2012. Effect of stocking density on the growth and survival of *Oreochromis niloticus* cultured in hapas in a concrete tank. *African*

Journal of Agricultural Research 7(15): 2405–2411

APHA (American Public Health Association). 2005. *Standar Methods for the Examination of Water and Waste Water Including Bottom Sediment and Sludges*. 21st edition. In: Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Grennberg AE. Amer. Publ. Health Association Inc. New York

Aqil DI, Putri LSE, Lukman. 2013. Pemanfaatan plankton sebagai sumber makanan ikan bandeng di Waduk Ir. H. Djuanda, Jawa Barat. *Al-Kauniyah Jurnal Biologi* 6(1): 13–25

Bramick U. 2002. Estimation of the fish yield potential of lake in north-east Germany. Edited by Cowx I.G. *Management and Ecology of lake and reservoir fisheries*. 26–33

Chakraborty SB, Banerjee. 2010. Effect of stocking density on monosex Nile tilapia growth during pond culture in India. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 44: 1521–1525

Chow-Fraser P. 1991. Use of the morphoedaphic index to predict nutrient status and algal biomass in some Canadian Lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1909–1918

Cowx IG. 1994. Stocking strategy. *Fisheries management and ecology* 1: 15–30

Dillon PJ, Rigler FH. 1974. A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 1771–1777

Djuwansah MR, Utomo EP, Sastramihardja TP. 2001. Potensi sumberdaya air Propinsi NTT sebagai penunjang pengembangan kawasan Cendana. *Berita Biologi Edisi Khusus Masalah Cendana NTT* 5(5): 593–597

Hasan SJ, Mian S, Rashid AHA, Rahmatullah SM. 2010. Effect of stocking density on growth and production of GIFT

- (*Oreochromis niloticus*). *Bangladesh J. Fish. Res.* 14(1–2): 45–53
- Henderson HF, Welcomme RL. 1974. The relationship of yield to morphoedaphic index and number of fisherman in Africa inland waters. *Comminte for Inland Fisheries in Africa*, Occas Pap 1: 19
- Janjua MY, Ahmad T, Gerdeaux D. 2008. Comparison of different models for estimating fish yield in Shahpur Dam, Pakistan. *Lake & Reservoirs: Research and Management* 13: 319–324
- Jayasinghe UAD, Amarasinghe US, De Silva SS. 2005a. Trophic classification of non perennial reservoir utilized for the development of culture-based fisheries, Sri Lanka. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 9(2): 209–222
- Jayasinghe UAD, Amarasinghe US, De Silva SS. 2005b. Limnology and culture-based fisheries in non-perennial reservoirs in Sri Lanka. *Lake & Reservoirs: Research and Management* 10: 157–166
- Jayasinghe UAD, Amarasinghe US, De Silva SS. 2006. Culture-based fisheries in non-perennial reservoirs of Sri Lanka: influence of reservoir morphometry and stocking density on yield. *Fisheries Management and Ecology* 13: 157–164
- Jones RA, Lee GF. 1982. Review: recent advances in assessing impact of phosphorus loads on eutrophication on eutrophication related water quality. *Water Research* 16: 503–515
- King M. 1995. *Fisheries biology: Assessment and management*. Blackwell Science Ltd. London
- Karim M, Zafar A, Ali M. 2017. Growth and production of monosex tilapia (*Oreochromis niloticus*) under different feeding frequencies in pond conditions. *Journal of Aquaculture & Marine Biology* 6(5): 167–172
- Kartamihardja ES. 2007. Spektra ukuran biomassa plankton dan potensi pemanfaatannya bagi komunitas ikan di zona limnetik Waduk Ir. Djuanda, Jawa Barat. Disertasi, Sekolah Pascasarjana IPB
- Kartamihardja ES, Purnomo K. 2005. Keberhasilan introduksi ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) dan dampaknya terhadap komposisi dan hasil tangkapan ikan di Waduk Wonogiri, Jawa Tengah. *Prosiding Forum Perairan Umum Indonesia I*: 321–325
- Kartamihardja ES, Umar C. 2009. Kebijakan pemacuan sumberdaya ikan di perairan umum daratan Indonesia: Teknologi alternatif untuk meningkatkan produksi ikan pendapatan nelayan. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia* 1(2): 99–111
- Kause WL, Helfiarne MR, Komba YT, A Salim, Djesse ST. 2013. Kajian status Provinsi Nusa Tenggara Timur sebagai Provinsi Kepulauan di tinjau dari perspektif hukum. *Jurnal Borneo Administrator* 9(2): 137–161
- Krismono. 1989. Komunitas ikan di Waduk Jatiluhur selama 5 tahun (1982–1986). *Bull. Penel. Perik. Darat* 8(2): 40–49
- Melack JM. 1976. Primary productivity and fish yield in tropical lakes. *Trans Am. Fish. Soc.* 105: 575–580
- Meluk Y, Suprpto M, Syafi'i. 2015. Penyusunan skala prioritas program rehabilitasi embung di Kabupaten Kupang Provinsi NTT. *Jurnal Teknik Lingkungan III* (1): 104–108
- Moreau J, De Silva SS. 1991. *Predictive fish yield models for lakes and reservoirs of the Philipines, Sri Lanka and Thailand*. FAO Fish. Tech. Pap. 319
- Nasution Z, Yanti BVI. 2014. Industrialisasi perikanan mendukung ketahanan pangan di Perdesaan Perarian umum daratan. *Dalam Syahyuti, Susilowati SH, Agustian A, Friyatno S. Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia ke 34*: 481–490
- Nguyen HS, Bui AT, Nguyen DQ, Truong DQ, De Silva SS. 2005. Cultured-based fisheries in small reservoirs in north Vietnam: effect stocking density and species combination. *Aquaculture Research* 36: 1037–1048
- Offem BO, Akegbejo-Samsons Y, Omoniyi IT. 2007. Biological assessment of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae; Linne, 1958) in a tropical floodplain river. *African Journal of Biotechnology* 6(16): 1966–1971
- Oglesby RT. 1977. Relationship of fish yield to lake phytoplankton standing corp, production, and morphoedaphic factor. *J. Fis. Res. Board Can.* 34: 2271–2279
- Otieno ON, Kitaka N, Njiru JM. 2014. Some aspects of the feeding ecology of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* in Lake Naivasha, Kenya. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2(2): 1–8
- Pickering T, Tanaka H, Senikau A. 2013. Capture-based aquaculture of milkfish

- Chanos chanos* in the Pacific Islands. *Proceedings of Regional Workshop at Vitawa Village, Fiji Islands*. Fiji Island
- Phan PD, De Silva SS. 2000. The fishery of the Ea Kao reservoir, southern Vietnam: a fishery based on combination of stock and recapture, and self-recruiting populations. *Fisheries Management and Ecology* 7: 251–264
- Prianto E, C Umar, ES Kartamihardja, Husnah. 2018. Pengelolaan dan pemanfaatan perairan embung dan bendungan di Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia* 9(2): 105–114
- Purnomo K. 2011. Pertumbuhan, mortalitas dan preferensi makanan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Waduk Malahayau. *Dalam Isnansetyo A. Djumanto, Suadi. Prosiding Seminar Nasional Tahunan VIII*. 1–9
- Purnomo K, Warsa A, Kartamihardja ES. 2013. Daya dukung dan potensi produksi ikan Waduk Sempor di Kabupaten Kebumen-Propinsi Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 19(4): 203–202
- Pushpalatha KBC, Candrasoma J. 2010. Culture based-fisheries in minor perennial reservoirs in Sri Lanka: variability in production, stocked species and yield implications. *J. Appl. Ichthyol.* 26: 99–104
- Putri MRA, Tjahjo DWH. 2010. Analisis hubungan panjang bobot dan pendugaan parameter pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Waduk Ir. H. Djuanda. *Bawal* 3(2): 85–92
- Quiros R, Mari A. 1999. Factor contributing to the outcome of stocking programmes in Cuba reservoirs. *Fisheries Management and Ecology* 5: 241–254
- Rahardjo MF, Kartamihardja ES, Utomo AD. 2007. Identifikasi dan karakterisasi potensi perikanan perairan umum daratan. *Prosiding Forum Perairan Umum Indonesia Ke – 3*. Pusat Riset Perikanan Tangkap. 1–17
- Rangka NU, Asaad AIJ. 2010. Teknologi budidaya ikan bandeng di Sulawesi Selatan. *Dalam Dalam Sudrajat A et al (editor). Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*: 187–203
- Ryder R. 1965. A method for estimationg the potenstial fish production of North-temperate lakes. *Tras.am.Fish.Soc.* 84: 154–164
- Schlesinger DA, Regier HA. 1982. Climatic and morphoedaphic indices of fish yield from natural lakes. *Transactions of the American Fisheries Society* 111: 141–150
- Sondergaard M, Jensen JP, Jeppesen E. 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia* 506–509: 135–145
- Smith VH, Tilman GD, Nekola JC. 1999. Eutrophication: impact of excess nutrient input on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100: 179–196
- Sang-Woo L, Soon-Jin H, Sae-Bom L, Ha-Sun H, Hyun-Chang S. 2009. Landscape ecological approach to the relationships of land use pattern in watersheds to water quality characteristics. *Landscape and Urban Planning* 92: 80–89
- Sparre P, Venema SC. 1999. *Introduksi pengkajian stok ikan tropis*. Buku I. Manual. Pusat Penelitian dan Pengembangan. Jakarta
- Sugunan VV, Mandal SK, Krishna Rao DS. 2002. Fish yield prediction through morpho-edaphic index and estimation of stocking density for stocking density for Indian reservoirs. *Indian J. Fish.* 49(4): 369–378
- Sugunan VV, Katiha PK. 2004. Impact of stocking on yield in small reservoirs in Andhra Pradesh, India. *Fisheries Management and Ecology* 11: 65–69
- Sulastri, Harsono E, Suryono T, Ridwansyah I. 2008. Relationship of land use, water quality anad phytoplankton community of some small lakes in West Java. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 34(2): 307–332
- Sulawesty F, Chrismadha T, Satya A, Yoga GP, Mardiaty W, Mulyana E, Widoretno MR. 2013. Karakteristik limnologis perairan embung di Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat, April 2012. *LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia* 20(2): 117–128
- Tjahjo DWH., Kartamihardja ES. Purnamaningtyas SE. 2006. Kualitas air, produktivitas primer, dan potensi produksi ikan di Waduk Darma untuk mendukung kehidupan dan pertumbuhan udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) yang di introduksikan. *J. Lit. Perikanan. Ind.* 12(1): 1–12

- Tjahjo DWH, Purnamaningtyas SE. 2008a. Evaluasi keberhasilan penebaran ikan di Waduk Ir. H. Djuanda, Jawa Barat. Editor Rahardjo MF, Wiadnyana NN, Kartamihardja ES, Purnomo K, Krismono, Sjafei DD, Syam AR *Forum Nasional Pemacuan Sumberdaya Ikan* 1: 205–213
- Tjahjo DWH, Purnamaningtyas SE. 2008b. Kajian kualitas air dalam evaluasi pengembangan perikanan di Waduk Ir. H. Djuanda, Jawa Barat. *J. Lit. Perikanan. Ind.* 14(1): 15–29
- Tjahjo DWH, Suman A. 2009. Pengelolaan perikanan waduk Saguling, Cirata dan Ir. H. Djuanda, Jawa Barat. *J. Kebijakan Perikan. Ind.* 1(2): 113–120
- Tjahjo DWH, Purnamaningtyas SE, Kartamihardja ES. 2011. Evaluasi keberhasilan penebaran ikan bandeng (*Channos channos*) di Waduk Ir. H. Djuanda. *Bawal* 3(4): 231–237
- Umar C, Kartamihardja ES. 2011. Hubungan panjang-berat, kebiasaan makan dan kematangan gonad ikan bilih (*Mystcaecoleucus padangensis*) di Danau Toba, Sumatera Utara. *Bawal* 3(6): 351–356
- Warsa A, Purnomo K. 2011. Potensi produksi dan status perikanan di Waduk Malahayu, Kabupaten Brebes-Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 17(4): 229–237
- Welcomme RL, Bartley DM. 1998. An evaluation of present techniques for the enhancement of fisheries. In Petr T (edt). *Inland fishery enhancement*. FAO Technical Paper 374: Rome, Italy
- Welcomme RL. 2001. *Inland Fisheries Ecology and management*. Blackwell Science. United States of America
- Wetzel RG. 2001. *Limnology Lake and River Ecosystem*. Academic Press. United States of America
- Widiyono W. 2008. Konservasi flora, tanah dan sumberdaya air embung-embung di Timor Barat Provinsi Nusa Tenggara Timur. *LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia* 9(2): 197–204
- Widiyono W. 2011. Embung di Nusa Tenggara Timur: Konsep, Problem dan Prospeknya. *LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia* 18(2): 110–119
- Wijenayake WMH, Jayasinghe UAD, Amarasinghe, Athula JA, Pushpalatha, De Silva SS. 2005. Culture-based fisheries in non-perennial reservoirs in Sri Lanka: production and relative performance of stocked species. *Fisheries Management and Ecology* 12: 249–258
- Wijeyaratne MJS, US Amarasinghe. 1984. Estimation of maximum sustainable fish yield and stocking density of Inland Reservoirs of Sri Lanka. *J. NARA* 31: 65–72