

MODEL PENEBARAN IKAN NILA DI WADUK MALAHAYU, BREBES, JAWA TENGAH

TILAPIA STOCKING MODEL IN MALAHAYU RESERVOIR, BREBES, CENTRAL JAVA

Setiya Triharyuni^{1*}, Dipo Aldila², Aisyah¹ dan Husnah¹

¹Pusat Riset Perikanan, Jl. Pasir Putih II, Ancol Timur, Jakarta Utara, 14430-Indonesia

²Departemen Matematika, Universitas Indonesia, Jl. Pondok Cina, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424, Indonesia

Teregistrasi I tanggal: 02 Mei 2019; Diterima setelah perbaikan tanggal: 04 Oktober 2019;

Disetujui terbit tanggal: 31 Oktober 2019

ABSTRAK

Waduk Malahayu merupakan salah satu waduk yang dimanfaatkan untuk perikanan. Kegiatan penangkapan di waduk ini telah lama dilakukan baik oleh nelayan sekitar maupun luar daerah. Saat ini telah terjadi indikasi adanya penurunan produksi sebagai akibat adanya degradasi sumber daya ikan dan lingkungan serta intensitas penangkapan yang tinggi. Diperlukan upaya pengelolaan untuk meningkatkan produksi ikan di Waduk Malahayu. Salah satu upaya tersebut adalah dengan melakukan penebaran ikan secara rutin baik oleh instansi pemerintah maupun nelayan setempat. Salah satu faktor keberhasilan penebaran ikan terhadap peningkatan produksi adalah jumlah padat tebar yang memadai. Akan tetapi, kajian mengenai jumlah padat tebar yang memadai melalui pendekatan model matematis belum banyak dilakukan. Model matematis mampu memperhitungkan aspek lain seperti penebaran kembali dan penangkapan ke dalam satu kajian model holistik dan analitik. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi jumlah benih nila yang sebaiknya ditebar. Kondisi populasi ikan nila digambarkan dengan skenario laju pertumbuhan logistik, dengan pertimbangan adanya penebaran dan penangkapan. Hasil menunjukkan bahwa jumlah benih nila untuk ditebar sehingga dapat meningkatkan produksi adalah sekitar 8 ton/tahun atau setara dengan 533.333 ekor/tahun. Hasil dari kajian ini diharapkan bermanfaat bagi pengelolaan sumber daya ikan di Waduk Malahayu melalui pemulihan sumber daya.

Kata Kunci: Penebaran; ikan tebaran; nila; Malahayu; model matematika

ABSTRACT

Fish stocking has been done as an effort to increase fish stock in Malahayu Reservoir. The need to fish stocking is due to the degradation of environment, fish resources and high exploitation either, lead to the decreasing of fish production on those reservoir. Fish stocking that intensively done by local government and community does not yet give an impact to the increasing of fish production. The amount of stocked seeds by using mathematical model approach has not done yet. Mathematical model approach is able to consider other aspects such as restocking activities and fishing into a holistic and analytical study. The current research aimed to estimate the amount of seed of Tilapia that properly stocked in Malahayu Reservoir. Population condition of Tilapia is described by logistic growth rate scenario, taking into account of stocking and fishing. In effort to increase the production, the amount of Tilapia should be stocked about 8 tonnes/year or 533.333 individuals/year. The results obtained in this research are expected to be beneficial for the management of fish resources in Malahayu Reservoir through stock enhancement.

Keywords: Stocking; seed; Tilapia; Malahayu; mathematical model

Korespondensi penulis:
setiya.triharyuni@gmail.com

PENDAHULUAN

Malahayu merupakan waduk multiguna dengan perikanan sebagai salah satu bentuk pemanfaatannya. Perikanan berkembang seiring dimulainya penggenangan pada periode 1934-1938. Perikanan yang berkembang pada awalnya adalah perikanan tangkap dan budidaya dengan keramba jaring apung. Seiring berjalannya waktu, perikanan budidaya tidak disukai oleh masyarakat, sehingga kegiatan perikanan yang berkembang hanyalah perikanan tangkap dengan melakukan penebaran benih ikan untuk usaha perikanan melalui *ranching* (Wahyudi & Fahrudin, 2004). *Ranching* merupakan *culture-based fisheries* (CBF) atau kegiatan perikanan tangkap berbasis budidaya (Purnomo, 2011).

Penurunan kondisi fisik Waduk Malahayu, diduga menjadi penyebab secara tidak langsung turunnya produksi perikanan (Laetje, 2012), akan tetapi penurunan produksi ini lebih diakibatkan karena adanya tekanan penangkapan yang tinggi yang terlihat dari turunnya nilai laju tangkap. Penebaran ikan dilakukan untuk mengantisipasi adanya penurunan produksi ikan. Kegiatan penebaran ikan di Waduk Malahayu sudah lama dilakukan, kajian menunjukkan bahwa hasil penebaran belum optimal dikarenakan jumlah benih yang ditebar belum maksimal sesuai dengan daya dukung perairan (Warsa & Purnomo, 2011).

Kajian mengenai jumlah padat tebar yang memadai melalui pendekatan model matematis yang dipengaruhi aspek penangkapan belum banyak dilakukan (DeSilva & Funge-Smith, 2005; Kartamihardja, 2007; Vass *et al.*, 2009). Padahal model matematis tersebut mampu memperhitungkan aspek lain seperti penebaran stok ikan kembali dan penangkapan ke dalam satu kajian model holistik dan analitik. Jiménez-Badillo (2004) menyatakan bahwa model holistik dan analitik berguna dalam pengelolaan perikanan, yang mana model holistik digunakan untuk menganalisis kecenderungan historis perikanan, sedangkan model analitik digunakan untuk menunjukkan status stok saat ini dan untuk memperkirakan status tahun-tahun berikutnya ketika satu perikanan dieksploitasi dengan pola yang sama. Model kajian yang telah ada adalah model

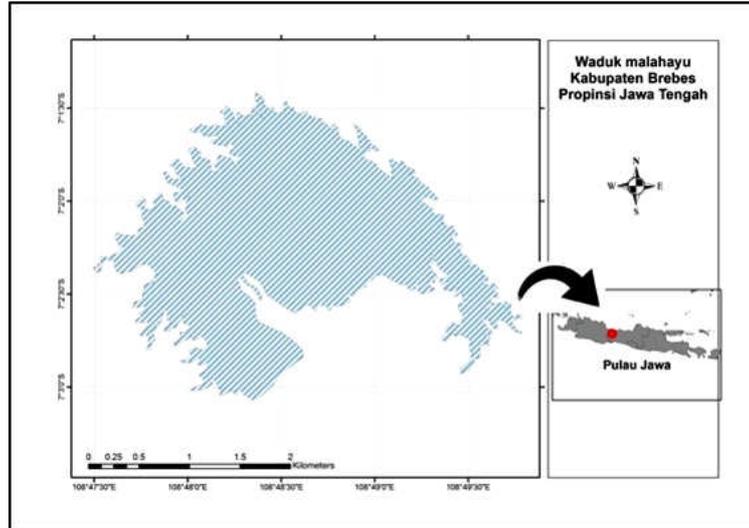
pertumbuhan logistik dalam bidang perikanan budidaya (Laham *et al.*, 2012).

Jumlah padat tebar yang optimal sangatlah diperlukan untuk keberhasilan kegiatan penebaran. Jumlah padat penebaran yang tinggi atau terlalu rendah dapat berpengaruh pada proses fisiologi dan tingkah laku sehingga dapat menurunkan produksi (Azhari *et al.*, 2017). Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah jenis ikan ini bernilai ekonomis penting dan merupakan jenis ikan yang mudah berkembang biak, pertumbuhan cepat, toleran pada kondisi lingkungan dan disukai masyarakat sebagai bahan konsumsi (Biswas *et al.*, 2005; Bombata & Somatun, 2008). Jenis ikan nila ini merupakan jenis yang sering di tebar di Waduk Malahayu. Informasi tentang padat tebar ikan nila saat ini masih belum tersedia, sehingga perlu dilakukan kajian untuk menentukan jumlah padat tebar yang optimal terhadap penebaran ikan nila. Dari fenomena ini, dilakukan penelitian dengan tujuan untuk menentukan jumlah ikan tebaran yang dapat meningkatkan produksi dengan menerapkan model pertumbuhan logistik pada perikanan tangkap di waduk. Hasil dari penelitian diharapkan bermanfaat bagi pengelolaan sumber daya ikan di Waduk Malahayu melalui pemulihan sumber daya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Waduk Malahayu yang letaknya di Desa Malahayu Kecamatan Banjarharjo, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah (Gambar 1). Waduk Malahayu terbentuk karena pembendungan dari Sungai Kebuyutan beserta anak sungainya seperti Sungai Cimandala, Sungai Pabogohan, dan Sungai Ciomas. Pada saat diresmikan waduk ini mempunyai luasan mencapai 18.456 ha, namun saat ini hanya tinggal sekitar 620 ha akibat sedimentasi.

Pengambilan data dilakukan pada November 2017 dengan cakupan data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data hasil wawancara dari nelayan, sedangkan data sekunder berupa data produksi total dan produksi berdasarkan jenis ikan, jumlah nelayan dan jumlah ikan yang ditebar selama 2010-2016 yang diperoleh dari instansi setempat yang terkait dengan kajian ini.



Gambar 1. Waduk Malahayu, Brebes, Jawa Tengah.
Figure 1. Malahayu Reservoir, Brebes, Central of Java.

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan model populasi spesies tunggal, yaitu ikan nila. Populasi ikan nila mengikuti model pertumbuhan logistik ketika tidak adanya penangkapan (Laham *et al.*, 2012), yaitu:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right), x(0) = x_0 \dots\dots\dots(1)$$

Populasi ikan nila tidak terlepas dari penangkapan oleh nelayan. Penangkapan jika dilakukan tanpa kendali akan mengakibatkan penurunan bahkan hilangnya sumber daya ikan. Terdapat beberapa strategi penangkapan ikan, diantaranya adalah strategi penangkapan proporsional (Kar & Ghosh, 2013; Daci, 2016) dan penangkapan berkala (musiman) (Laham *et al.*, 2012; Daci, 2016; Triharyuni, 2017). Penelitian ini menggunakan strategi penangkapan proporsional dimana penangkapan mempertimbangkan jumlah populasi yang ada sebagai acuannya, sehingga jumlah yang ditangkap sebanding dengan jumlah populasi (Kar & Ghosh, 2013; Daci, 2016).

Secara sederhana model matematis populasi ikan adalah:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right) - qEx, x(0) = x_0 \dots\dots\dots(2)$$

Atau disederhanakan menjadi:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right) - ex, x(0) = x_0 \dots\dots\dots(3)$$

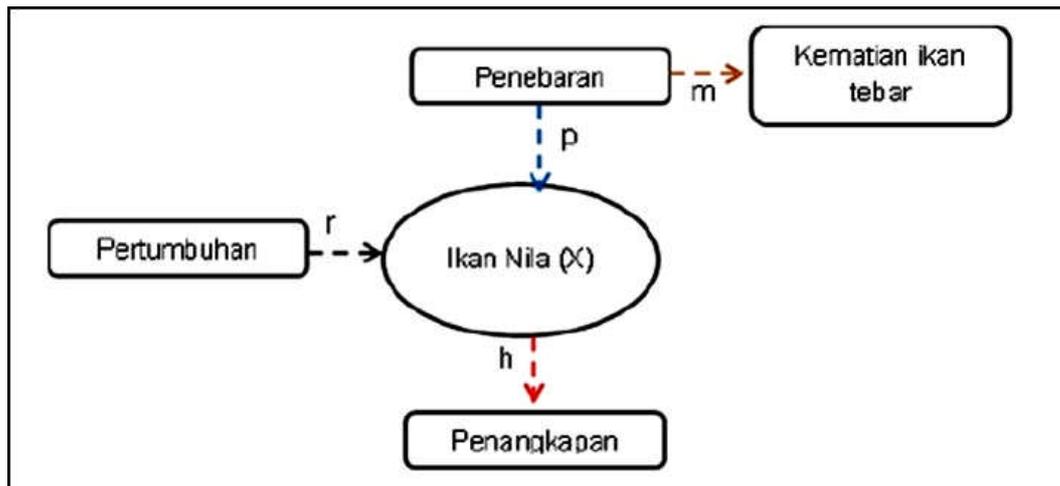
Penangkapan ikan dilakukan secara terus menerus sehingga mengakibatkan turunnya sumber daya ikan di waduk. Untuk mengantisipasi adanya penurunan populasi dan untuk meningkatkan produksi waduk, maka dilakukanlah penebaran ikan. Penebaran ikan dilakukan setiap tahun dengan menetapkan suatu nilai dalam penebaran tanpa memperhitungkan stok yang ada, sehingga persamaan (3) menjadi:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right) - ex + p, x(0) = x_0 \dots\dots\dots(4)$$

Ikan yang ditebar merupakan jenis ikan hasil budidaya, dengan mempertimbangkan tingkat bertahan (*survival rate*), maka persamaan (4) menjadi:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right) - ex + p - mp, x(0) = x_0 \dots\dots\dots(5)$$

dengan x adalah populasi ikan nila, r adalah koefisien pertumbuhan nila, K adalah *carrying capacity* nila, q adalah koefisien daya tangkap, E adalah upaya penangkapan, e adalah tingkat pemanenan, p adalah jumlah penebaran ikan dan m adalah laju kematian ikan yang ditebar. Jumlah populasi awal (x_0) dalam kajian ini menggunakan nilai rata-rata produksi selama 2010-2016 dikarenakan tidak diketahuinya populasi awal yang sebenarnya. Gambaran model populasi ikan nila terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan model populasi ikan nila di waduk Malahayu.
 Figure 2. Chart of population model of Tilapia in Malahayu Reservoir.

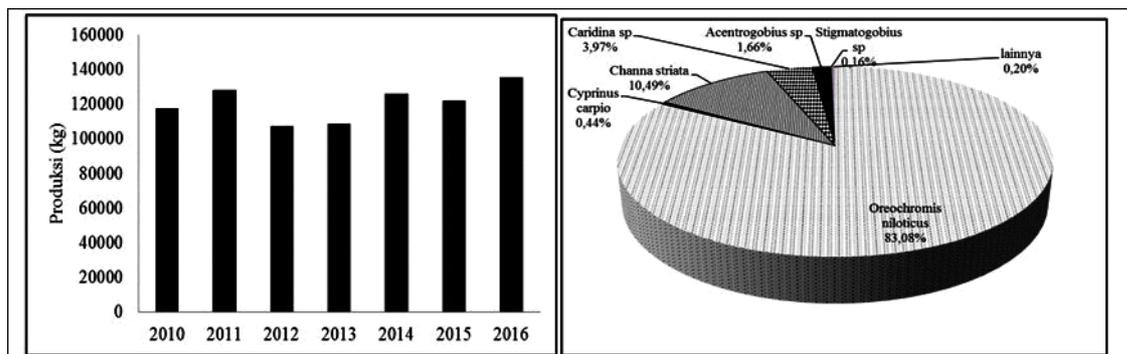
HASIL DAN BAHASAN

Hasil

Produksi Ikan Nila di Waduk Malahayu

Perikanan tangkap merupakan kegiatan mata pencaharian nelayan yang diijinkan di Waduk

Malahayu terkait dengan fungsi waduk ini sebagai sumber air baku. Rata-rata produksi selama periode 2010-2016 sekitar 120,698 ton/tahun dengan nila sebagai jenis yang dominan tertangkap. Rata-rata produksi ikan nila dalam kurun waktu 2010-2016 sebesar 83% dari total produksi waduk (Gambar 3).



Gambar 3. a) Hasil tangkapan di waduk Malahayu tahunan; b) komposisi hasil tangkapan 2010-2016.
 Figure 3. a) Annually catch in Malahayu Reservoir; b) catch composition in 2010-2016.

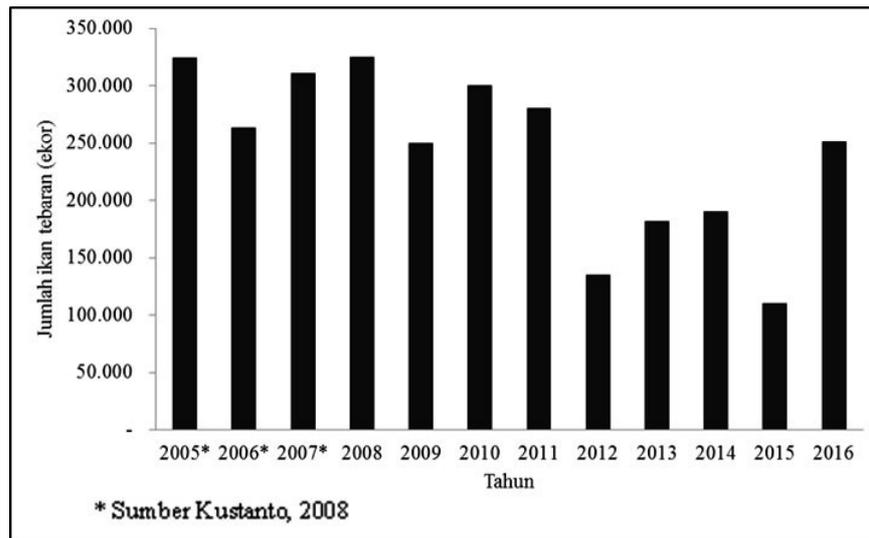
Jika dibandingkan dengan waduk lain, produksi nila di Waduk Malahayu tergolong tinggi, yang diduga dari dampak positif dari kegiatan penebaran yang dilakukan secara rutin tiap tahun. Penebaran ikan dilakukan oleh swadaya dari nelayan dan instansi pemerintah baik pusat maupun daerah. Jumlah ikan nila yang ditebar selama 2005-2016 terlihat pada Gambar 4.

Besaran Parameter Model

Parameter yang digunakan dalam model ini diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya (Tabel 1), dikarenakan dalam penelitian ini belum tersedia data untuk penggunaan model.

Jumlah Ikan Tebaran

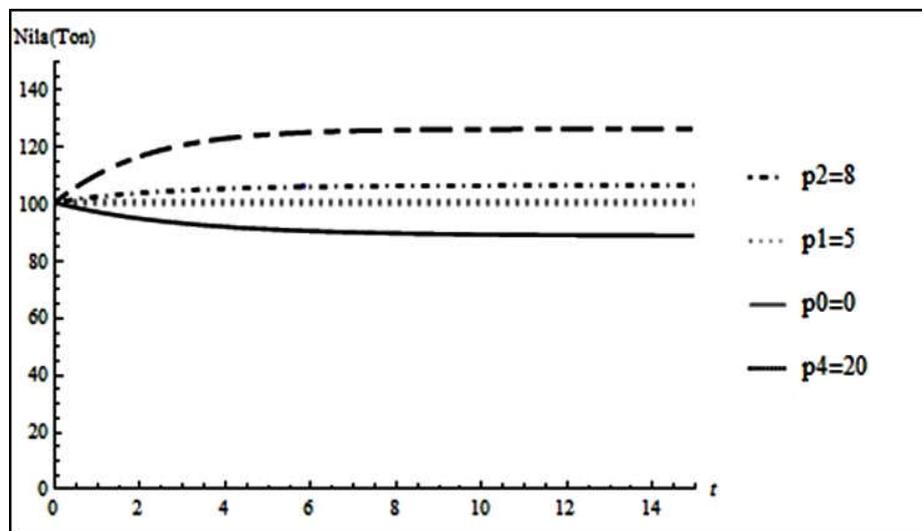
Penebaran ikan dilakukan secara rutin setiap tahun tujuan untuk meningkatkan produksi ikan. Berdasarkan nilai parameter yang digunakan (Tabel 1), maka jumlah benih yang dapat ditebar di Waduk Malahayu adalah 8 ton benih ikan nila, yang merupakan jumlah yang dapat memberikan peningkatan hasil tangkapan. Jumlah penebaran di bawah 8 ton akan memberikan hasil tangkapan yang sama atau bahkan cenderung menurun (Gambar 5).



Gambar 4. Jumlah nila yang ditebar di waduk Malahayu, 2005-2016.
 Figure 4. Number of Tilapia stocked in Malahayu Reservoir, 2005-2016.

Tabel 1. Parameter yang digunakan dalam model
 Table 1. Parameters used in model

Parameter Parameters	Nilai Value	Sumber References
r	0,7/tahun	Wahyuni et al., 2015
K	207,522 ton/tahun	Laetje, 2012
h	0,4	Warsa & Purnomo, 2011
m	0,2	Wahyuni et al., 2015
x_0	100,702 ton	



Gambar 5. Grafik simulasi model populasi ikan nila di waduk Malahayu.
 Figure 5. Graph of Tilapia population model in Malahayu Reservoir.

Gambar 5 menunjukkan kondisi populasi nila jika dilakukan penebaran ikan dengan jumlah yang berbeda. Produksi ikan nila rata-rata pada 2010-2016 sekitar 100,702 ton, dan kondisi ini yang dijadikan tahun awal dalam simulasi. Hasil simulasi

menunjukkan bahwa jika jumlah penebaran ikan kurang dari 8 ton menunjukkan hasil tangkapan nila yang cenderung tetap bahkan mengalami penurunan tiap tahunnya. Sedangkan jika penebaran lebih besar dari 8 ton, maka hasil tangkapan nila akan cenderung

meningkat. Ukuran benih ikan yang pada umumnya ditebarkan adalah sekitar 15 gr/ekor, dengan demikian maka jumlah benih yang dapat ditebar di Waduk Malahayu sebesar 8 ton benih ini akan setara dengan 533.333 ekor/tahun.

Bahasan

Perikanan tangkap di Waduk Malahayu merupakan sumber mata pencaharian masyarakat di sekitar waduk. Sebagai mata pencaharian utama, maka ketergantungan akan hasil tangkapan dari waduk sangat tinggi untuk memenuhi kebutuhan hidup. Besar kecilnya hasil tangkapan ikan ditentukan oleh potensi produksi ikan yang ada yang sesuai dengan daya dukungnya. Potensi produksi ikan di waduk Malahayu pada 2011 diestimasi sekitar 1.557-2.045 ton/tahun (Kartamihardja *et al.*, 2011). Kajian lebih lanjut pada 2012 diperoleh potensi perikanan sekitar 399 ton/tahun (Laetje, 2012) dan sekitar 28,58-737,65 ton/tahun (Triharyuni *et al.*, 2019).

Jenis ikan yang terdapat di Waduk Malahayu terdiri dari jenis ikan asli (*native/indigenous species*) dan ikan introduksi (*introduced species*). Ikan asli meliputi beunteur (*Puntius binotatus*), keting (*Mystus nigriceps*) dan sili (*Macrognathus aculeatus*), sementara ikan introduksi meliputi ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), nila (*Oreochromis niloticus*), gabus (*Channa striata*), patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) dan sepat (*Trichogaster pectoralis*). Sebagaimana yang umum terjadi di perairan waduk, jenis introduksi kemudian mendominasi hasil tangkapan. Jenis ikan introduksi yang dominan tertangkap adalah jenis nila, yang mana produksinya mencapai 83% dari total produksi waduk dalam kurun 2010-2016. Hasil tangkapan ikan nila yang tercatat selalu tinggi pada setiap bulannya (Warsa & Purnomo, 2011). Tingginya produksi ikan ini karena didukung adanya penebaran yang dilakukan setiap tahun (Gambar 3).

Namun demikian, kegiatan penebaran ikan memungkinkan tidak dapat meningkatkan hasil tangkapan jika upaya penangkapan dilakukan tanpa batas. Terdapat salah satu konsep penangkapan maksimum, yaitu *Maximum Sustainable Yield* (MSY) yang merupakan jumlah tangkapan terbesar yang dapat diambil dari suatu jenis ikan dalam jangka waktu yang tak terbatas (Afifah & Pagalay, 2015). Tingkat pemanfaatan sumber daya ikan di Waduk Malahayu dalam kategori tangkapan penuh atau *fully-exploited* (Triharyuni *et al.*, 2019). Kondisi ini diperlukan kehati-hatian dalam mengendalikan upaya penangkapan, karena terlihat dari kecenderungan *catch per unit effort* (CPUE) yang terus menurun. Upaya penangkapan

ikan di Waduk Malahayu menggunakan strategi penangkapan proporsional, yaitu jumlah yang ditangkap sebanding dengan jumlah populasi ikan di waduk (Daci, 2016).

Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa perubahan jumlah populasi nila dipengaruhi oleh jumlah populasi tahun awal, penangkapan dan penebaran ikan. Faktor penangkapan merupakan faktor yang berkontribusi pada penurunan populasi ikan, sedangkan penebaran ikan merupakan faktor dalam peningkatan produksi ikan. Semakin besar parameter penangkapan maka penurunan jumlah populasi ikan akan semakin cepat, bahkan jika pada populasi awal rendah maka kepunahan populasi akan terjadi. Kondisi ini dijelaskan oleh Marom (2013) bahwa rendahnya populasi awal dari suatu populasi merupakan salah satu penyebab kepunahan populasi tersebut.

Penebaran ikan merupakan salah satu upaya untuk mempertahankan keberlanjutan dan meningkatkan populasi ikan di suatu perairan (Cowx & Gerdeaux, 2004). Agostinho *et al.* (2010) menyatakan bahwa penebaran merupakan metode pengelolaan populasi ikan dengan melepaskan ikan, baik dari alam atau hasil budidaya untuk mengisi stok tertentu sehingga dapat meningkatkan hasil penangkapan ikan. Jenis ikan yang paling banyak ditebar adalah nila, dikarenakan sifatnya yang mudah berkembang biak, memiliki pertumbuhan cepat dan tingkat toleransi yang tinggi terhadap lingkungan (Putra *et al.*, 2011). Jenis ikan ini juga sesuai dengan kriteria yang disebutkan oleh Beveridge (2004), bahwa jenis ikan tebaran untuk perikanan alami adalah jenis ikan planktivora, detritifora, dan omnivora.

Model populasi ikan nila dibangun dengan memperhatikan pola pertumbuhan logistik, penebaran dan penangkapan. Hasil perhitungan mengenai perkiraan jumlah ikan tebaran yang mampu meningkatkan hasil tangkapan nelayan adalah sekitar 533.333 ekor/tahun (Tabel 1). Hasil ini menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda dari jumlah ikan tebaran hasil kajian sebelumnya yaitu 261.253 – 813.679 ekor/tahun (Purnomo *et al.*, 2010) dan 500.000 ekor/tahun (Kartamihardja *et al.*, 2011), lebih rendah dibandingkan dengan estimasi nilai tebar ikan nila yang dilakukan oleh Laetje (2012), yang menyatakan bahwa jumlah benih yang dapat ditebar adalah 2.075.220 ekor/tahun. Semakin tinggi jumlah ikan yang ditebar maka semakin tinggi pula produksi ikan yang dihasilkan (Quiros, 1999). Akan tetapi juga perlu diperhatikan dampak jika jumlah tebaran terlalu tinggi, yaitu kurang optimalnya produksi yang diperoleh. Kepadatan ikan yang terlalu tinggi dapat menurunkan kualitas air,

lambatnya pertumbuhan, rendahnya tingkat kelangsungan hidup dan rendahnya produksi. Hal tersebut disebabkan adanya persaingan dalam memperebutkan ruang gerak (Diansari *et al.*, 2013). Padat penebaran yang tinggi juga akan mengganggu proses fisiologi dan tingkah laku ikan sehingga dapat menurunkan pemanfaatan makanan, pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan, sedangkan jika padat tebar terlalu rendah maka pemanfaatan ruang tidak maksimum dan produksi juga menurun (Azhari *et al.*, 2017). Dengan demikian, hasil yang diperoleh dari penelitian yang terbaru ini berada pada posisi optimal yang dapat meningkatkan populasi ikan nila.

KESIMPULAN

Model populasi dinamik ikan nila di Waduk Malahayu yang dibangun dalam kajian ini berguna untuk menggambarkan keseimbangan populasinya. Populasi ikan nila di Waduk Malahayu merupakan populasi dari hasil penebaran ikan. Model populasi mempertimbangkan kondisi jika populasi bertambah karena adanya pertumbuhan dan penebaran ikan, dan akan berkurang karena adanya penangkapan dan kematian. Nilai estimasi penebaran ikan di Waduk Malahayu sebesar 8 ton/tahun atau setara dengan 533.333 ekor/tahun dan diharapkan dapat meningkatkan produksi ikan. Upaya penebaran dilakukan guna memperbaiki keseimbangan ekologi di suatu ekosistem yang di dalamnya perlu diperhatikan adanya interaksi antar spesies baik persaingan sesama jenis atau adanya pemangsa ikan predator terhadap ikan yang ditebar. Disarankan kajian selanjutnya menggunakan model dinamik yang di dalamnya terdapat interaksi spesies antara populasi ikan tebaran, populasi ikan di alam dan mangsa-pemangsa pada ikan tebaran sehingga dapat menggambarkan perubahan populasi ikan tebaran yang lebih tepat.

PERSANTUNAN

Kajian ini merupakan bagian dari kegiatan kajian Policy Brief peningkatan produksi waduk di Jawa TA. 2017. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Brebes dan Bapak Heru selaku Penyuluh atas bantuan yang diberikan selama melakukan penelitian di Brebes.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, L. I., & Pagalay, U. (2015). Analisis kestabilan model prey-predator dengan pemanenan konstan pada ikan prey. *CAUCHY*. 3(4), 14-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.18860/ca.v3i4.2921>
- 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.
- Azhari, A., Muchlisin, Z.A., & Dewiyanto, I. (2017). Pengaruh padat penebaran terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan seurukan (*Osteochilus vittatus*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 2(1), 12-19.
- Bombata, H.A.F., & Somatun, A.O. (2008). The effect of lyophilized goat testes meal as first feed on the growth of "wesafu": an ecotype cichlid of epe-lagoon, in Lagos State, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*. 7(5), 686-688. DOI:10.3923/pjn.2008.686.688.
- Biswas, A.K., Tetsuro, M., Goro, Y., Masasi, M. & Toshio, T. (2005). Control of Reproduction in Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by Photoperiod manipulation. *Aquaculture*. 243(2005), 229-239. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.10.008>.
- Beveridge, M.C.M. (2004). *Cage Aquaculture* (p.368). Third Edition. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Cowx, I.G., & Gerdeaux, D. (2004). The effects of fisheries management practices on freshwater ecosystems. *Fisheries Management and Ecology*. 11(3-4), 145 – 151. DOI: 10.1111/j.1365-2400.2004.00411.x.
- Daci, A. (2016). Fish Harvesting Models and Their Applications in a Reservoir in Saranda, Albania. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and echnology (JMEST)*. 3(7), 5279-5282.
- DeSilva, S. S., & Funge-Smith, S. (2005). A review of stock enhancement practices in the inland water fisheries of Asia, Asia-Pacific Fishery Commission, Bangkok, Thailand., RAP Publication No 2005/12:93p.
- Diansari R.R.V.R., Arini, E., & Elfitasari, T. (2013). Pengaruh kepadatan yang berbeda terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem resirkulasi dengan filter zeolit. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 2(3), 37-45. DOI: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jfpik>.
- Jiménez-Badillo, L. (2004). Application of holistic and analytical models for the management of tilapia fisheries in reservoirs. *Hidrobiológica*. 14(1), 61-68.

- Kartamihardja, E.S. (2007). Spektra ukuran biomasa plankton dan potensi pemanfaatannya bagi komunitas ikan di zona limnetik Waduk Ir. Djuanda, Jawa Barat. *Disertasi*, Sekolah Pasca Sarjana IPB. 165 hal.
- Kartamihardja, E., K. Purnomo, S. Koeshendrajana & B.I. Prisantoso. (2011). Ko-Manajemen Perikanan Tangkap Berbasis Budidaya (CBF) di Waduk Malahayu, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah. *Petunjuk Teknis* (p.29). Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumber Daya Ikan– Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Kar, T., & B. Ghosh, (2013). Impacts of maximum sustainable yield policy to prey–predator systems. *Ecological Modelling*. 250 (2013) 134– 142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.11.015>.
- Kustanto, H. (2008). Sukses story pemacuan sumberdaya ikan diWaduk Malahayu, Kabupaten Brebes. Dinas Kelautan dan Perikanan, Kabupaten Brebes. Materi presentasi pada Lokakarya Pemacuan sumber daya Ikan di Perairan Umum. Hotel Saphir Yogyakarta 4 – 7November 2008.
- Laham, M.F., Krishnarajah, I.S., & Shariff, J.M. (2012). Fish Harvesting Management Strategies Using Logistic Growth Model. *Sains Malaysiana*. 41(2), 171–177.
- Laetje, K. (2012). Kajian daya dukung lingkungan perairan bagi pemanfaatan perikanan berbasis ranching dan budidaya ikan KJA di Waduk Malahayu. Tesis, Institut Pertanian Bogor.
- Marom, S. (2013). Pembentukan Model Mangsa Pemangsa dengan Pemanenan pada Pemangsa. *DELTA*. 1 (2), 115- 199. DOI: <http://dx.doi.org/10.31941/delta.v1i2.487>.
- Putra, I., Setiyanto, D.D., & Wahyuningrum, D. (2011). Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila *Oreochromis niloticus* dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 16(1), 56-63.
- Purnomo, K., Kartamihardja, E. S., Nasution, Z., Warsa, A., Sugianti, Y., & Romdon, S. (2010). Penelitian perikanan berbasis budidaya (*Culture-Based fisheries*, CBF) di Waduk Malahayu (Kabupaten Brebes) dan Situ Panjalu (Kabupaten Ciamis). Laporan Akhir. Balai Riset Pemulihan Sumberdaya ikan.(Tidak dipublikasi). 66 pp.
- Purnomo, K. (2011). Pertumbuhan, Mortalitas dan Preferensi Makanan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Waduk Malahayu. Dalam *Seminar Nasional Tahunan VIII Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan* (pp.1-8). Yogyakarta, Indonesia: Jurusan Perikanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Quiros, R. (1999). The relationships between fish yield and stocking density in reservoirs from tropical and temperate regions. *Theoretical reservoir ecology and its applications*. 67 – 83.
- Triharyuni, S. (2017). Analisa model interaksi mangsa-pemangsa antara anjing laut, herring dan steel-head trout (*Onchorhynchus mykiss*). Tesis. Universitas Indonesia.
- Triharyuni, S., Aisyah, Umar, U., & Husnah. (2019) Potentials yield and fisheries of Malahayu Reservoir, Brebes. *Ind.Fish.Res.J*. 25 (1), 11-17. DOI:<http://dx.doi.org/10.15578/ifrj.25.1.2019.11-17>
- Vass, K.K., Shrivastava, N.P., Katiha, P.K., & Das, A.K. (2009). Enhancing fishery productivity in small reservoir in India. *A Technical Manual*. WorldFish Center Technical Manual No. 1949. The WorldFish Center, Penang, Malaysia. 19 pp.
- Wahyudi, S.I., & Fahrudin, F. (2004). Pemutakhiran Pedoman Operasional Waduk Malahayu. *Laporan Akhir*. Dinas PSDA Jawa Tengah dan Limit Unisula, Semarang.
- Warsa, A. & Purnomo, K. (2011). Potensi Produksi Ikan dan Status Perikanan di Waduk Malahayu, Kabupaten Brebes Jawa Tengah. *J. Lit. Perikan. Ind.* 17 (4), 237-245. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.17.4.2011.237-245>.
- Wahyuni, S., Sulistiono., & Affandi, R. (2015). Pertumbuhan, laju eksploitasi dan reproduksi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Waduk Cirata, Jawa Barat. *LIMNOTEK*. 22 (2), 144-155.