

**STATUS STOK DAN LAJU EKSPLOITASI IKAN RED DEVIL (*Amphilophus* spp.)
SEBAGAI DASAR PENGENDALIAN IKAN INVASIF DI WADUK SERMO,
YOGYAKARTA**

**STOCK STATUS AND EXPLOITATION RATE OF RED DEVIL (*Amphilophus* spp.) AS A
BASIS FOR INVASIVE FISH CONTROLLING IN SERMO RESERVOIR, YOGYAKARTA**

Dimas Angga Hediando^{1,2,*}, M. Mukhlis Kamal², Taryono², dan Amula Nurfiarini¹

¹Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Jalan Cilalawi No. 1, Jatiluhur, Purwakarta, Jawa Barat-41152

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Institut Pertanian Bogor, Jalan Agatis, Babakan Dramaga, Bogor, Jawa Barat-16128

Teregistrasi I tanggal: 21 Nopember 2022; Diterima setelah perbaikan tanggal: 5 Januari 2023;

Disetujui terbit tanggal: 9 Januari 2023

ABSTRAK

Ikan red devil (*Amphilophus* spp.) merupakan ikan introduksi yang berasal dari Amerika Tengah yang cenderung bersifat invasif di perairan darat Indonesia. Waduk Sermo yang terletak di Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta adalah perairan darat yang memiliki dominansi tinggi dari dua jenis red devil, yaitu *A. citrinellus* dan *A. labiatus*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis status stok terkini dan dinamika populasi ikan red devil (*Amphilophus* spp.) sebagai dasar untuk pengendalian ikan asing invasif. Analisis data dilakukan terhadap 4.806 ekor ikan red devil (*Amphilophus* spp) yang terdiri atas 2.204 ekor *A. citrinellus* dan 2.602 ekor *A. labiatus* yang tertangkap menggunakan jaring insang percobaan dengan mata jaring 0,75-2,50 inci (interval 0,25 inci) pada Agustus 2021-Januari 2022. Analisis populasi ikan red devil dilakukan untuk jenis *A. citrinellus*, *A. labiatus*, dan gabungan keduanya (*Amphilophus* spp.) sebagai pertimbangan pengendaliannya. Hasil analisis menunjukkan *Amphilophus* spp. memiliki pertumbuhan dengan persamaan $L_t = 19,3 [1 - e^{-0,31(t+0,61)}]$ dari ELEFAN SA (*Simulated Annealing*) melalui paket TrophfishR. Ikan *A. citrinellus* memiliki L_∞ lebih besar daripada *A. labiatus*. Laju eksploitasi ikan red devil menunjukkan tingkat pemanfaatan yang optimum ($E=0,52$). Ratio potensi pemijahan ikan red devil melalui analisis LB-SPR adalah sebesar 29% yang menunjukkan status stok masih dalam kondisi baik. Pengendalian ikan red devil perlu dilakukan dengan penambahan mortalitas penangkapan (F) sebesar 37,5% dari yang ada saat ini dengan estimasi SPR sebesar 19% (titik acuan $SPR_{<20\%}$) sebagai titik acuan batas dan penambahan F sebesar 69,2% ($SPR_{10\%}$) sebagai titik acuan target.

Kata Kunci: Acuan batas; acuan target; dinamika populasi; ikan asing invasif; pengendalian; red devil; status stok

ABSTRACT

Red devil (*Amphilophus* spp.) is a non-native species originating from Central America which tends to be invasive in inland waters of Indonesia. Sermo Reservoir, located in Kulon Progo Regency, Yogyakarta, is an inland water with high dominance of two species of red devil: *A. citrinellus* and *A. labiatus*. This study aims to analyze the current stock status and population dynamics of red devil fish (*Amphilophus* spp.) as a basis for controlling the invasive species. Data analysis was carried out on 4,806 red devil fish (*Amphilophus* spp.), consisting of 2,204 *A. citrinellus* and 2,602 *A. labiatus* that were caught using experimental gillnets with mesh size 0.75-2.50 inches (0.25 inch per each of intervals) which recorded monthly from August 2021-January 2022. Analysis of red devil fish populations was carried out for *A. citrinellus*, *A. labiatus*, and a combination of those two species (known as *Amphilophus* spp.) as a consideration for controlling. The analysis resulted in the VBGF of *Amphilophus* spp. was $L_t = 19.3 [1 - e^{-0,31(t+0,61)}]$ from ELEFAN SA (*Simulated Annealing*) which analysis through the TrophfishR package. *A. citrinellus* has a larger L_∞ than *A. labiatus*. The exploitation rate of the red devil shows the optimum level of exploitation ($E=0,52$). The spawning potential ratio through LB-SPR analysis was 29% which indicated that stock status is still in good condition. The controlling of invasive red devil fish needs to be done by increasing fishing mortality (F) by 37.5% from current F , with 19% of estimated SPR

Korespondensi penulis:
dimas.brpsi@gmail.com

(reference point of $SPR_{<20\%}$) as a limit reference point and an increasing F of 69.2% ($SPR_{10\%}$) as a target reference point.

Keywords: Population dynamics; invasive alien species; controlling; stock status; reference point; reference target

PENDAHULUAN

Ikan spesies asing invasif (SAI) atau *invasive alien species* (IAS) adalah spesies ikan tertentu yang masuk ke dalam suatu lingkungan yang baru, baik disengaja (*intentional introduction*) maupun tidak disengaja (*unintentional introduction*) yang berubah status dari introduksi/eksotik/*non indigenous* spesies menjadi invasif spesies dan mengganggu ekosistem (Helfman, 2007). Spesies ikan asing introduksi dapat menyebabkan dampak negatif apabila sifatnya di perairan menjadi invasif dan merugikan secara ekologi maupun ekonomi (Verbrugge et al., 2012). Menurut Reid dan Miller (1989), keberadaan ikan asing invasif pada suatu perairan tawar dapat berkontribusi terhadap kepunahan ikan asli hingga 30%.

Kasus introduksi ikan invasif di perairan darat, khususnya di Indonesia, banyak didominasi oleh jenis ikan dari famili Cichlidae (Canonico et al., 2005; Umar et al., 2015). Menurut Silva et al., (2004), ikan Cichlidae merupakan jenis ikan asing invasif yang mendominasi di hampir negara-negara Asia dan Pasifik. Jenis ikan red devil (*Amphilophus* spp.) sebagai ikan asing invasif merupakan salah satu jenis ikan Cichlid yang banyak menyebar di perairan darat (Umar et al., 2015). Ikan red devil di Waduk Sermo teridentifikasi secara genetik (COI-DNA Barcoding dan Control Region (*D-Loop*)) dan morfologi (*Generalized Procrustes Analysis-GPA*) sebanyak dua spesies, yaitu *Amphilophus citrinellus* dan *A. labiatus* (BRPSDI, 2019; Suryandari et al., 2021). Ikan red devil (*A. citrinellus* dan *A. labiatus*) berasal dari Nikaragua dan Kosta Rika, Amerika tengah (Froese & Pauly, 2021) yang tergolong sebagai ikan hias dan memiliki spesiasi simpatrik (Barluenga & Meyer, 2004). Kedua jenis ikan red devil tersebut juga diketahui telah menyebar dan mendominasi di perairan Waduk Kedungombo, Jawa Tengah (Adjie & Fatah, 2015). Lebih lanjut, kedua spesies red devil tersebut telah masuk dalam Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan nomor 19 tahun 2020 tentang larangan pemasukan jenis ikan yang membahayakan dan merugikan ke wilayah pengelolaan perikanan Indonesia.

Waduk Sermo yang terletak di Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan perairan darat yang memiliki dominansi populasi ikan red devil yang cukup tinggi (Ariasari et al., 2018) dengan indeks relatif penting (%IRI) untuk jenis *A. citrinellus* dan *A. labiatus* masing-masing sebesar 34,21% dan 60,34% atau mendominasi dengan total 94,56% terhadap komunitas ikan di perairan Waduk Sermo (Suryandari et al., 2021). Jenis ikan asli hanya memiliki persentase sebesar 1,55% yang

terdiri atas ikan melem (*Osteochilus vittatus*), wader (*Barbodes binotatus*), dan wader pari (*Rasbora lateristriata*) (BRPSDI, 2019). Menurut Habibie et al. (2015), ikan red devil telah masuk ke perairan Waduk Sermo sejak tahun 2004. Kehadiran ikan red devil telah memberikan dampak negatif terhadap aspek ekologi dan ekonomi di Waduk Sermo (Ariasari et al., 2018; Ermawati et al., 2017; Widiyanto et al., 2016). Dominansinya di Waduk Sermo telah berdampak pada menurunnya hasil tangkapan jenis ikan ekonomi dan ikan asli, sedangkan ikan red devil kurang laku untuk dijual dan hanya menjadi pakan ternak (Ermawati et al., 2017).

Pengendalian ikan red devil (*Amphilophus* spp.), terutama di Waduk Sermo, juga di perairan darat Indonesia perlu dilakukan. Pengendalian populasi ikan red devil di Waduk Sermo dapat menjadi acuan dalam pengendalian ikan red devil lainnya di perairan darat Indonesia, dikarenakan luasan Waduk Sermo yang relatif kecil sekitar 152 ha (BBWS Serayu Opak, 2021). Kajian mengenai sejarah hidup (*life history*) dari ikan invasif diperlukan sebagai bahan untuk pengendalian populasinya di alam guna memutus siklus hidupnya (McNeely et al., 2001). Penelitian ini dilakukan untuk memperkuat hasil penelitian sebelumnya dengan harapan dapat menjadi bahan rekomendasi bagi pengambil keputusan untuk upaya pengendalian populasi ikan red devil di Waduk Sermo. Lebih lanjut, adanya populasi ikan red devil yang tinggi dan luasan perairan yang tidak terlalu besar dapat menjadikan tingginya peluang keberhasilan upaya eradikasi ikan invasif tersebut di Waduk Sermo, sehingga diharapkan dapat menjadi acuan kedepannya untuk pengendalian ikan red devil yang banyak tersebar di perairan darat Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis status stok terkini dan laju eksploitasi ikan red devil (*Amphilophus* spp.) sebagai dasar untuk pengendalian ikan asing invasif di Waduk Sermo.

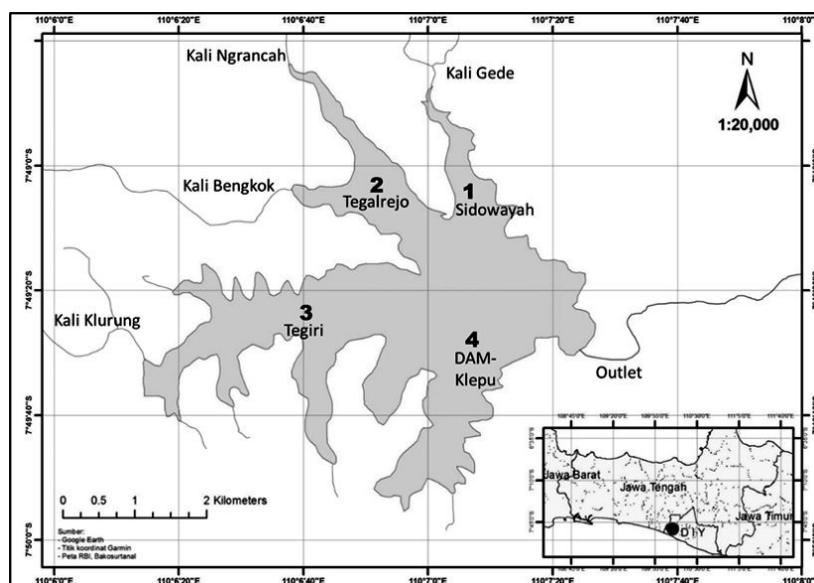
BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Waduk Sermo, yang terletak di Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta selama bulan Agustus 2021 hingga Januari 2022. Penangkapan ikan dilakukan menggunakan jaring insang percobaan (*experimental gillnets*) dengan beberapa ukuran mata jaring (*multi mesh-size*) (Gassner et al., 2015) yang telah disesuaikan berdasarkan penelitian sebelumnya untuk kisaran mata jaring yang efektif menangkap ikan red devil (Widiyanto et al. 2016; BRPSDI 2019), yaitu 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00; 2,25; dan 2,50

inci dengan ketebalan benang nilon monofilamen (*twine*) sebesar 0,15 mm. Spesifikasi dimensi jaring insang adalah *mesh length* berkisar antara 73,2-91,4 m dan *mesh depth* berkisar antara 1,8-6,5 m. Untuk melengkapi data bulanan hasil tangkapan ikan, ditunjuk juga nelayan penangkap ikan yang sekaligus sebagai enumerator, yang dalam hal ini menggunakan jaring insang ukuran mata jaring 3-4 inci. Percobaan penangkapan ikan dilakukan dengan memasang jaring insang percobaan secara sejajar/tegak lurus garis pantai di zona litoral yang dipasang pada sore hari (sekitar pukul 17.00) dan diangkat pada pagi hari keesokannya (pukul 07.00). Penentuan lokasi titik stasiun penelitian ditentukan secara acak berlapis (Cadima *et al.*,

2005) sebanyak empat titik stasiun (Gambar 1). Karakteristik stasiun penelitian di Waduk Sermo terdiri atas (1) Sidowayah tergolong daerah wisata dengan area zona litoral berbatu; (2) Tegalrejo didominasi daerah pemukiman dan sedikit perkebunan di sekitar sempadan waduk dengan area zona litoral batu dan lumpur; (3) Tegiri didominasi daerah perkebunan dan sedikit pemukiman yang berdekatan dengan sempadan waduk yang memiliki area zona litoral dominan berlumpur; dan (4) DAM-Klepu tergolong zona yang berdekatan dengan outlet dan memiliki area zona litoral berbatu, dengan area limnetik lebih luas dibandingkan stasiun lainnya (Gambar 1).



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

Sampel ikan yang tertangkap diukur panjang totalnya menggunakan papan ukur dengan ketelitian 0,1 cm dan ditimbang bobot tubuhnya menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,1 gram. Data panjang total ikan digunakan untuk membuat sebaran frekuensi panjang dengan selang kelas 1,0 cm. Identifikasi jenis ikan mengacu pada beberapa literatur (Barlow & Munsey, 1976; Froese & Pauly, 2021; Loiselle, 1998). Penentuan jenis kelamin dilakukan berdasarkan ciri reproduksi secara primer atau ditentukan melalui organ reproduksinya dengan pembedahan. Jenis kelamin digunakan untuk analisis ukuran panjang pertama kali matang gonad (L_m). Jenis ikan contoh yang memerlukan identifikasi spesies lebih lanjut diawetkan menggunakan larutan formalin 10%, kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel yang telah diberi kode. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Biologi Ikan, Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Analisis Data

Analisis parameter pertumbuhan menggabungkan kedua jenis ikan red devil, hal ini dikarenakan: (1) kedua jenis ikan red devil tergolong jenis ikan spesiasi simpatrik yang memiliki karakter genetik sama (Barluenga *et al.*, 2006; Barluenga & Meyer, 2004) sehingga memungkinkan adanya kawin silang (*in-breeding*) (Pérez *et al.*, 2006); (2) kedua jenis ikan mendominasi struktur komunitas ikan di Waduk Sermo dengan total dominansi mencapai >90% (BRPSDI, 2019; Suryandari *et al.*, 2021); (3) sebaran kedua jenis ikan red devil secara spasial dan temporal tidak berbeda nyata (Suryandari *et al.*, 2021); dan (4) mempermudah dalam pengendalian dikarenakan nelayan setempat cenderung tidak akan membedakan kedua spesies. Lebih lanjut, penggabungan analisis data untuk spesies ikan red devil yang memiliki karakteristik spesiasi simpatrik masih dapat dilakukan mengingat kemungkinan

adanya hibrid antara kedua spesies (*A. citrinellus* dan *A. labiatus*), terutama untuk mempermudah pengelolaan (Kautt et al., 2016).

Analisis data untuk mengetahui parameter pertumbuhan dilakukan menggunakan ELEFAN yang terdiri atas tiga metode, yaitu ELEFAN RSA (*Response Surface Analysis*), ELEFAN GA (*Genetic Algorithm*), dan ELEFAN SA (*Simulated Annealing*) dalam paket TrophfishR melalui perangkat lunak Rstudio (Mildenberger et al., 2017; Taylor & Mildenberger, 2017) melalui persamaan pertumbuhan Von Bertalanffy:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}] \dots\dots\dots (1)$$

- Di mana:
 L_t = panjang total ikan pada saat umur ke-t (cm)
 L_∞ = panjang total asimptotik (cm)
 K = konstanta laju kecepatan pertumbuhan ikan (tahun⁻¹)
 t = umur ikan (tahun)
 t_0 = umur teoritis pada saat panjang ikan berukuran nol

Untuk memilih kurva Von Bertalanffy terbaik didasarkan pada nilai R_n (*Goodness of Fit*) tertinggi dari metode ELEFAN RSA, ELEFAN GA, dan ELEFAN SA (Mildenberger et al., 2017; Taylor & Mildenberger, 2017). Umur teoritis (t_0) dihitung menggunakan persamaan Pauly (Pauly, 1983b), sedangkan performa pertumbuhan ikan di alam digunakan *phi-prime* (ϕ') menggunakan formula Pauly & Munro (1984) sebagai berikut:

$$\text{Log}(-t_0) = -0,3922 - 0,2752 \text{Log}(L_\infty) - 1,038 \text{Log}(K) \dots\dots (2)$$

$$\phi' = \ln K + 2(\ln L_\infty) \dots\dots\dots (3)$$

Mortalitas/tingkat kematian total (Z) tahunan dianalisis menggunakan metode kurva hasil tangkapan yang dikonversikan ke panjang (*Length-Converted Catch Curve*) dengan input data parameter pertumbuhan (L_∞ dan K) (Pauly, 1983a). Mortalitas alami (M) dihitung menggunakan formula sebagaimana pada Then et al. (2015):

$$M = 4,118 K^{0,73} L_\infty^{-0,333} \dots\dots\dots (4)$$

Laju mortalitas penangkapan (F) tahunan didapatkan dari hasil pengurangan mortalitas total tahunan dengan laju mortalitas alami tahunan ($F=Z-M$), kemudian laju eksploitasi (E) didapatkan dari hasil pembagian antara mortalitas penangkapan tahunan dengan mortalitas tahunan ($E=F/Z$) (Pauly, 1980). Analisis *Length-Converted Catch Curve* dan laju eksploitasi (E) dilakukan menggunakan perangkat lunak Rstudio dalam paket TrophfishR (Mildenberger et al., 2017; Taylor & Mildenberger, 2017).

Analisis untuk menduga ukuran panjang ikan rata-rata pada saat pertama kali matang gonad ($L_{m_{50}}$ dan $L_{m_{95}}$) menggunakan metode kurva logistik yang dianalisis dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel 2019 dengan metode Solver (Coulson et al., 2005; Smallwood et al., 2013) dengan persamaan berikut:

$$P = 1 / (1 + \exp[-\ln(19)(L - L_{m_{50}}) / (L_{m_{95}} - L_{m_{50}})]) \dots\dots\dots (5)$$

- Dimana,
 P = probabilitas dari ukuran ikan (%)
 L = panjang ikan (cm)
 $L_{m_{50}}$ = panjang ikan pada saat 50% populasi matang gonad (cm)
 $L_{m_{95}}$ = panjang ikan pada saat 95% populasi matang gonad (cm)

Analisis untuk menduga ukuran panjang ikan rata-rata pada saat pertama kali matang gonad menggunakan metode kurva logistik (King, 2007) yang dianalisis paket yang sama dalam Rstudio dengan persamaan berikut:

$$P = 1 / (1 + \exp[-r(L - L_c)]) \dots\dots\dots (6)$$

- Dimana;
 P = probabilitas dari ukuran rata-rata ikan tertangkap (%)
 r = slope
 L = panjang ikan (cm)
 L_c = intercept/(-slope)

SPR (*Spawning Potential Ratio*) adalah proporsi potensi reproduksi sumber daya ikan setelah/sebelum adanya tekanan penangkapan. SPR diperlukan untuk mengetahui status stok per tahun (*status of annual stock*) dari rasio potensi produksi di bawah pengaruh penangkapan (Badrudin, 2015). Estimasi rasio potensi pemijahan dianalisis dengan metode SPR berbasis data panjang (*Length based SPR/LB-SPR*) yang dianalisis dengan bantuan perangkat lunak Rstudio melalui paket Shiny dengan formula (Hordyk et al., 2015):

$$SPR = SSB_F / SSB_{F=0} \dots\dots\dots (7)$$

- Dimana:
 SPR = ratio potensi pemijahan (%)
 SSB_F = *spawning stock biomass* atau jumlah dari seluruh biomassa saat umur matang gonad (*age at maturity*) pada tingkat mortalitas (F) tertentu
 $SSB_{F=0}$ = *spawning stock biomass* pada saat kondisi pristine

Secara umum, untuk menghitung LB-SPR diperlukan data *life history* yang terdiri atas mortalitas alami (M), mortalitas penangkapan (F), panjang asimptotik (L_∞),

kurvatur pertumbuhan (K), ukuran pertama kali matang gonad ($L_{m_{50}}$ & $L_{m_{95}}$), dan ukuran pertama kali tertangkap ($L_{c_{50}}$ dan $L_{c_{95}}$) (Hordyk *et al.*, 2015). Kondisi stok sumber daya diklasifikasikan berdasarkan nilai persentase SPR, yaitu <20% status stok tergolong lebih tangkap dan potensi reproduksi dapat gagal, 20-25%: status stok tergolong relatif stabil dan cenderung tidak bertambah; >25%-50% status stok tergolong sangat baik dan populasi berkembang (SPR 30% merupakan titik acuan batas agar potensi reproduksi terjaga), dan >60% perlu pendekatan kehati-hatian (*precautionary approach*) dan perhitungan ulang SPR (Ault *et al.*, 2008; Badrudin, 2015). Dalam hal pengendalian ikan invasif, maka penentuan titik acuan dilakukan berkebalikan dengan pengelolaan untuk lestari. Status SPR diharapkan pada titik acuan <20% ($SPR_{<20\%}$) dan setengah dari titik acuan $SPR_{<20\%}$ atau $SPR_{10\%}$ agar populasi ikan invasif diharapkan dapat delesi dengan cepat.

HASIL DAN BAHASAN

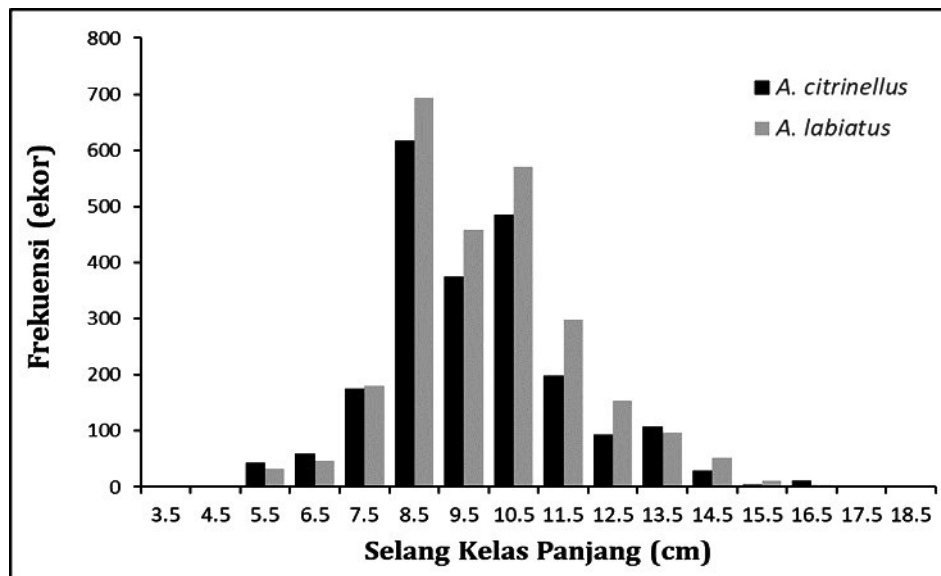
Hasil

Sebaran Ukuran dan Pertumbuhan

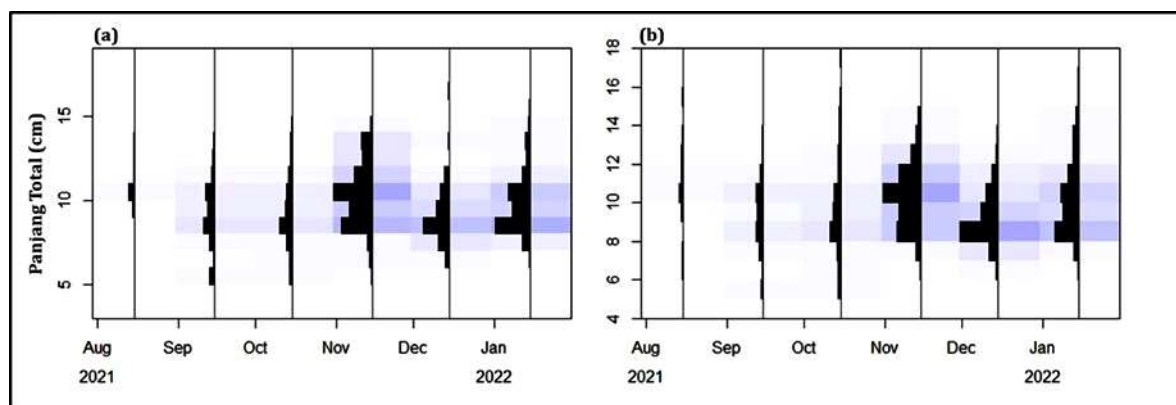
Ikan red devil (*Amphilophus* spp.) yang tertangkap terdiri atas dua spesies, yaitu *A. citrinellus* dan *A. labiatus* dengan total sampel sebanyak 4.806 ekor. Ikan *A. citrinellus* memiliki kisaran panjang total antara 3,3-18,7 cm (rata-rata $9,8 \pm 1,9$ cm) dan bobot tubuh berkisar antara 2,31-119,07 gram (rata-rata $19,30 \pm 12,52$ gram) dengan jumlah sampel sebanyak 2.204 ekor. Ikan *A. labiatus* memiliki kisaran panjang total antara 4,8-17,7 cm (rata-rata

$10,0 \pm 1,8$ cm) dan bobot tubuh berkisar antara 1,63-106,88 gram (rata-rata $19,97 \pm 11,93$ gram) dengan jumlah sampel sebanyak 2.602 ekor (Gambar 2). Ikan *A. citrinellus* terdiri atas 1.211 ekor ikan jantan dan 1.237 ekor ikan betina, sedangkan ikan *A. labiatus* terdiri atas 1.286 ekor ikan jantan dan 1.394 ekor ikan betina. Sebaran panjang bulanan dibuat dengan selang kelas 1 cm untuk setiap bulannya dari masing-masing spesies dengan menggabungkan jantan dan betina (Gambar 3).

Analisis parameter pertumbuhan ikan red devil menggunakan metode ELEFAN dari paket TrophfishR didapatkan berdasarkan nilai R_n tertinggi untuk jenis *A. citrinellus* menggunakan ELEFAN RSA, jenis *A. labiatus* menggunakan ELEFAN SA, dan gabungan keduanya (*Amphilophus* spp.) menggunakan ELEFAN SA (Tabel 1; Gambar 4). Parameter pertumbuhan ikan red devil meliputi panjang asimptotik (L_{∞}), laju pertumbuhan (K), umur teoritis (t_0) dan persamaan pertumbuhannya yang dapat menggambarkan hubungan antara pertambahan panjang terhadap waktu (umur). Pertumbuhan ikan red devil *A. citrinellus* mengikuti persamaan $L_t = 19,7[1 - e^{-0,32(t+0,58)}]$ dengan R_n tertinggi sebesar 0,3350, pertumbuhan ikan *A. labiatus* mengikuti persamaan $L_t = 18,7[1 - e^{-0,33(t+0,58)}]$ dengan R_n tertinggi sebesar 0,3950. Ikan *Amphilophus* spp. sebagai gabungan kedua spesies mengikuti persamaan pertumbuhan $L_t = 19,3[1 - e^{-0,31(t+0,61)}]$ dengan R_n tertinggi sebesar 0,3350 (Gambar 5). Performa pertumbuhan (\dot{O}) ikan red devil *A. citrinellus* dan *A. labiatus* di alam memiliki nilai yang relatif sama, begitupula penggabungan kedua jenis tersebut (*Amphilophus* spp.) (Tabel 1).



Gambar 2. Sebaran panjang dari ikan red devil *Amphilophus citrinellus* dan *A. labiatus*.
 Figure 2. Length distribution of *Amphilophus citrinellus* and *A. labiatus*.

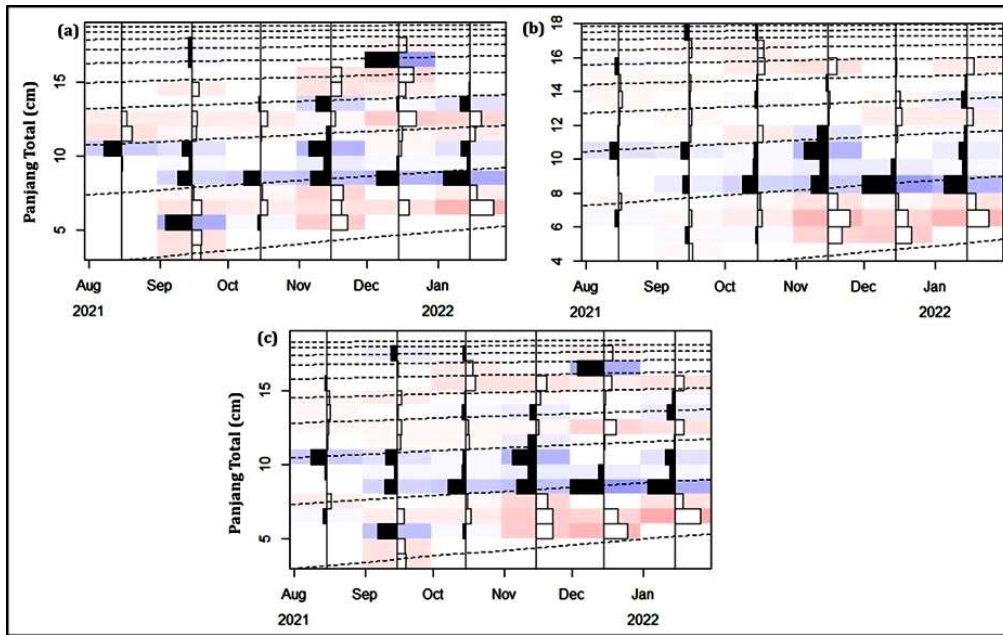


Gambar 3. Sebaran bulanan data panjang dari ikan red devil jenis (a) *A. citrinellus* dan (b) *A. labiatus*.
 Figure 3. Length distribution by month of red devil for species (a) *A. citrinellus* and (b) *A. labiatus*.

Tabel 1. Hasil analisis ELEFAN untuk ikan red devil di Waduk Sermo
 Table 1. Result of ELEFAN analysis for red devil in Sermo Reservoir

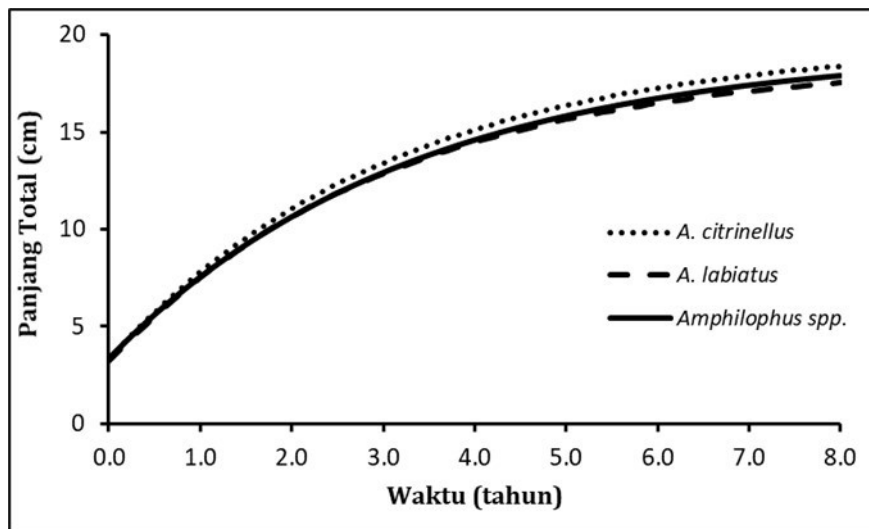
Parameter Populasi/ Population Parameters	ELEFAN		
	RSA	GA	SA
<i>A. citrinellus</i>			
L_{∞} (cm TL)	19,7	22,1	20,9
K (tahun ⁻¹)	0,32	0,40	0,46
t_0 (tahun)	-0,58	-0,45	-0,39
Φ'	2,09	2,29	2,30
Rn	0,3930*	0,3288	0,3288
<i>A. labiatus</i>			
L_{∞} (cm TL)	19,4	20,9	18,7
K (tahun ⁻¹)	0,31	0,34	0,33
t_0 (tahun)	-0,60	-0,54	-0,58
Φ'	2,07	2,17	2,06
Rn	0,3320	0,3366	0,3950*
<i>Amphilophus</i> spp. (Gabungan/Combine)			
L_{∞} (cm TL)	19,6	19,2	19,3
K (tahun ⁻¹)	0,30	0,33	0,31
t_0 (tahun)	-0,62	-0,57	-0,61
Φ'	2,06	2,08	2,06
Rn	0,3170	0,3040	0,3335*

Ket: * ELEFAN yang diterima/accepted ELEFAN analysis



Gambar 4. Kurva ELEFAN ikan red devil jenis (a) *A. citrinellus* dengan ELEFAN RSA, (b) *A. labiatus* dengan ELEFAN SA, dan (c) *Amphilophus* spp. dengan ELEFAN SA.

Figure 4. ELEFAN RSA of ELEFAN growth fit curve of *A. citrinellus*, (b) ELEFAN SA of *A. labiatus*, and (c) ELEFAN SA of *Amphilophus* spp.



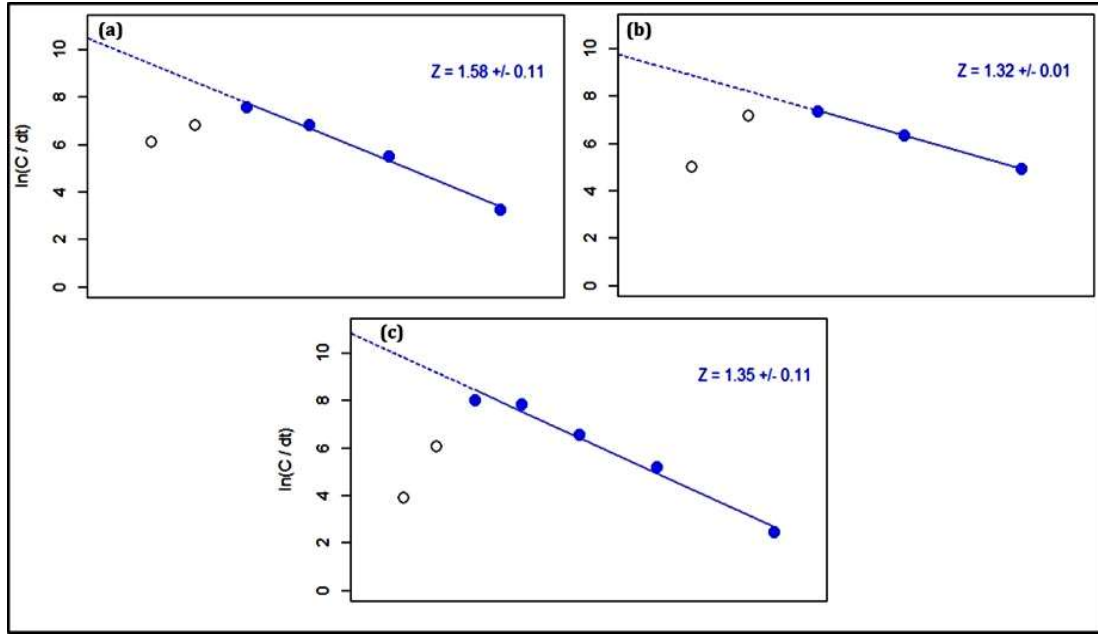
Gambar 5. Kurva pertumbuhan ikan red devil di Waduk Sermo.

Figure 5. Growth curve of red devil in Sermo Reservoir.

Mortalitas dan Tingkat Pemanfaatan

Mortalitas total (Z) tahunan ikan red devil yang merupakan hasil analisis menggunakan metode kurva hasil tangkapan yang dikonversikan ke panjang (*length-converted catch curve*) dari paket TrophfishR adalah sebesar $1,58 \pm 0,11 \text{ tahun}^{-1}$ untuk jenis *A. citrinellus*, $1,32 \pm 0,01 \text{ tahun}^{-1}$ untuk jenis *A. labiatus*, dan $1,35 \pm 0,11 \text{ tahun}^{-1}$ untuk gabungan *Amphilophus* spp. (Gambar 6; Tabel 2). Mortalitas alami (M) red devil di Waduk Sermo masing-masing untuk jenis *A. citrinellus*, *A. labiatus*, dan *Amphilohus* spp. adalah $0,6710 \text{ tahun}^{-1}$, $0,6930 \text{ tahun}^{-1}$, dan $0,6532 \text{ tahun}^{-1}$.

Oleh karena itu, mortalitas penangkapan (F) dari red devil jenis jenis *A. citrinellus*, *A. labiatus*, dan *Amphilohus* spp. masing-masing sebesar $0,6710 \text{ tahun}^{-1}$, $0,6930 \text{ tahun}^{-1}$, dan $0,6532 \text{ tahun}^{-1}$ (Tabel 2). Laju mortalitas alami tahunan ikan red devil untuk seluruh jenis lebih rendah daripada mortalitas penangkapannya ($F/M > 1$), kecuali untuk ikan *A. labiatus*. Laju eksploitasi ikan red devil menunjukkan tingkat pemanfaatan yang optimum pada level mendekati $E=0,5$ (Tabel 2), dimana hal tersebut mengindikasikan bahwa ikan ini sudah dimanfaatkan secara optimal oleh nelayan sekitar.



Gambar 6. Kurva hasil tangkapan yang dikonversikan ke panjang ikan red devil untuk jenis (a) *A. citrinellus*, (b) *A. labiatus*, dan (c) *Amphilophus* spp.

Figure 6. Length-converted catch curve of (a) *A. citrinellus*, (b) *A. labiatus*, and (c) *Amphilophus* spp.

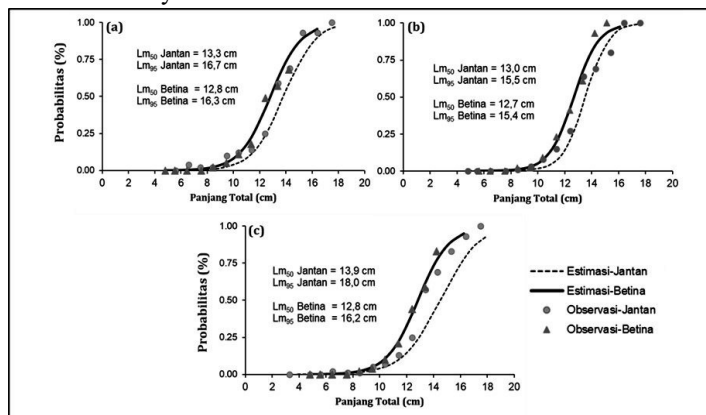
Tabel 2. Mortalitas dan laju eksploitasi ikan red devil di Waduk Sermo
Table 2. Mortality and exploitation rate of red devil in Sermo Reservoir

Mortalitas & Laju Eksploitasi/ Mortality & Exploitation Rate	Jenis Ikan Red Devil/ Species of Red Devil		
	<i>A. citrinellus</i>	<i>A. labiatus</i>	<i>Amphilophus</i> spp.
M (tahun ⁻¹)	0,67	0,69	0,65
F (tahun ⁻¹)	0,91	0,63	0,70
F/M	1,36	0,91	1,07
Z (tahun ⁻¹)	1,58 ± 0,11	1,32 ± 0,01	1,35 ± 0,11
E	0,58	0,48	0,52

Ukuran Pertama Kali Matang Gonad dan Tertangkap

Ikan red devil *A. citrinellus* dan *A. labiatus* jantan memiliki ukuran pertama kali matang gonad (L_{m50} dan L_{m95}) yang lebih besar daripada ikan betinanya. Hal ini sama

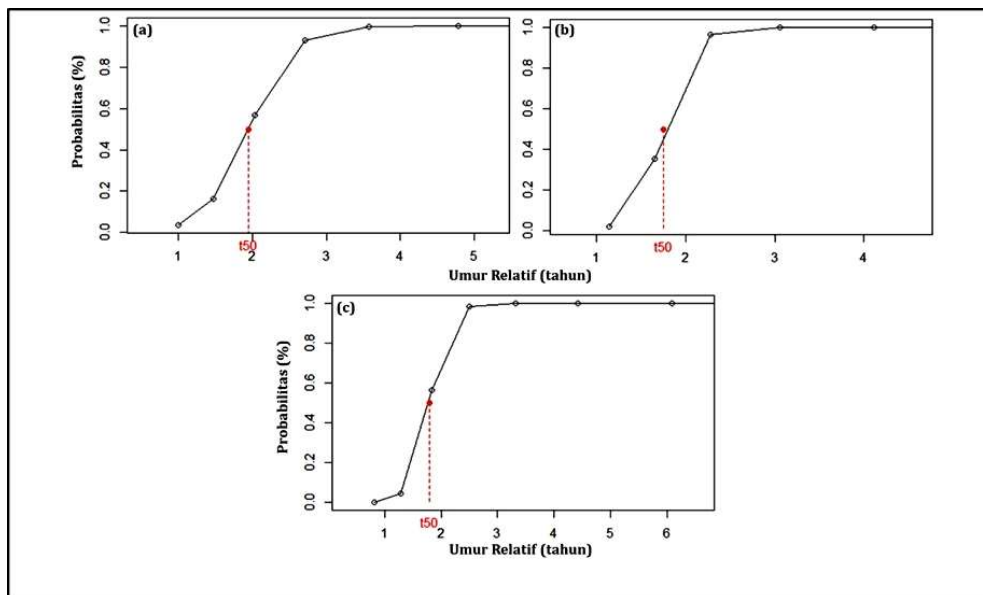
pula ketika kedua spesies digabungkan (*Amphilophus* spp). Nilai ukuran pertama kali matang gonad (L_{m50} dan L_{m95}) *A. citrinellus* sedikit lebih besar daripada *A. labiatus*, baik untuk ikan jantan maupun betina (Gambar 7).



Gambar 7. Ukuran pertama kali matang gonad ikan red devil untuk jenis (a) *A. citrinellus*, (b) *A. labiatus*, dan (c) *Amphilophus* spp.
Figure 7. Length at first maturity of (a) *A. citrinellus*, (b) *A. labiatus*, and (c) *Amphilophus* spp.

Ukuran ikan red devil pertama kali tertangkap (L_{c50}) yang dianalisis dengan menggabungkan seluruh jenis kelamin dengan rincian untuk jenis *A. citrinellus*, *A. labiatus*, dan *Amphilophus* spp diperoleh nilai masing-masing sebesar 9,1 cm, 8,1 cm, dan 8,2 cm. Ukuran pertama

kali tertangkap L_{c95} untuk jenis *A. citrinellus*, *A. labiatus*, dan *Amphilophus* spp masing-masing sebesar 11,7 cm, 9,6 cm, dan 9,7 cm (Gambar 8). Jika dibandingkan dengan ukuran pertama kali tertangkap (L_m), maka L_c memiliki nilai yang lebih rendah.



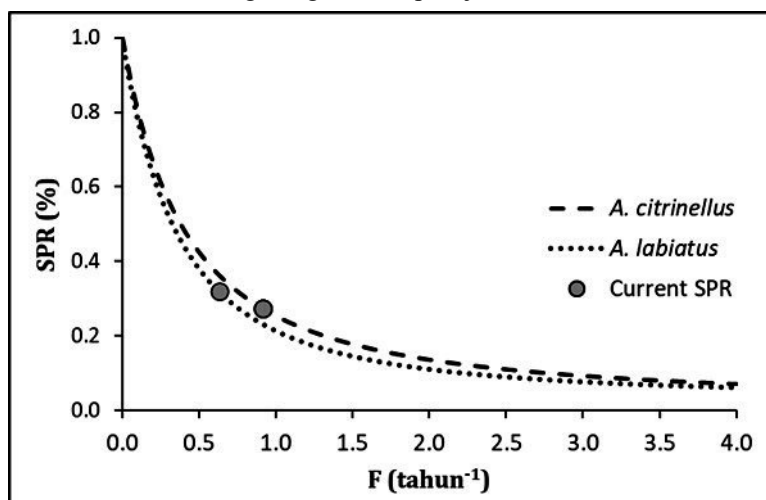
Gambar 8. Ukuran pertama kali tertangkap ikan red devil untuk jenis (a) *A. citrinellus*, (b) *A. labiatus*, dan (c) *Amphilophus* spp.

Figure 8. Length at first capture of (a) *A. citrinellus*, (b) *A. labiatus*, and (c) *Amphilophus* spp.

Status Stok

Status stok ikan red devil di Waduk Sermo melalui analisis LB-SPR menunjukkan bahwa jenis *A. citrinellus* memiliki ratio potensi pemijahan sebesar 27%, sedangkan jenis *A. labiatus* sebesar 32% (Gambar 9). Status stok sumber daya ikan *A. citrinellus* masih tergolong baik

(fully-fished) dengan upaya pemanfaatan optimal (fully-fishing), sedangkan sumber daya ikan *A. labiatus* tergolong masih kurang ditangkap (under-fished). Oleh karena itu, sebagai upaya pengendalian ikan asing invasif, maka status stok kedua jenis red devil perlu diupayakan lebih tangkap (over-fishing) dengan ratio potensi pemijahan minimal <20%.



Gambar 9. Status stok terkini ikan red devil di Waduk Sermo.

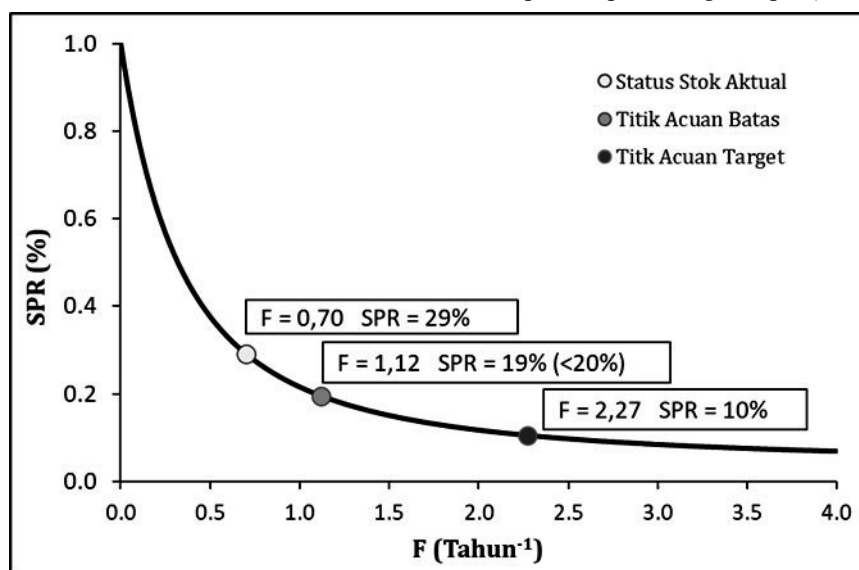
Figure 9. Current stock status of red devil in Sermo Reservoir.

Analisis status stok penggabungan dari kedua jenis ikan red devil (*Amphilophus* spp.) di Waduk Sermo menghasilkan ratio potensi pemijahan sebesar 29% yang

menunjukkan status stok masih dalam kondisi baik (fully-fished) dengan upaya penangkapan yang optimal (fully-fishing). Pengendalian perlu dilakukan dengan

penambahan upaya yang ada saat ini menjadi $F=1,12$ tahun⁻¹ dengan estimasi SPR sebesar 19% atau pada saat $SPR_{<20\%}$. Nilai ini menjadi titik acuan batas (*limit reference point*) untuk pengendalian ikan red devil di Waduk Sermo.

Selanjutnya, untuk titik acuan target (*target reference point*) perlu diupayakan $F=2,27$ tahun⁻¹ dengan estimasi $SPR_{10\%}$ sebagai upaya maksimum agar populasi red devil diharapkan deplesi dengan cepat (Gambar 10).



Gambar 10. Rasio potensi pemijahan (SPR) dan titik acuan pengelolaan untuk ikan red devil (*Amphilophus* spp.) di Waduk Sermo.

Figure 10. Spawning potential ratio (SPR) and reference point used to manage red devil (*Amphilophus* spp.) in Sermo Reservoir.

Bahasan

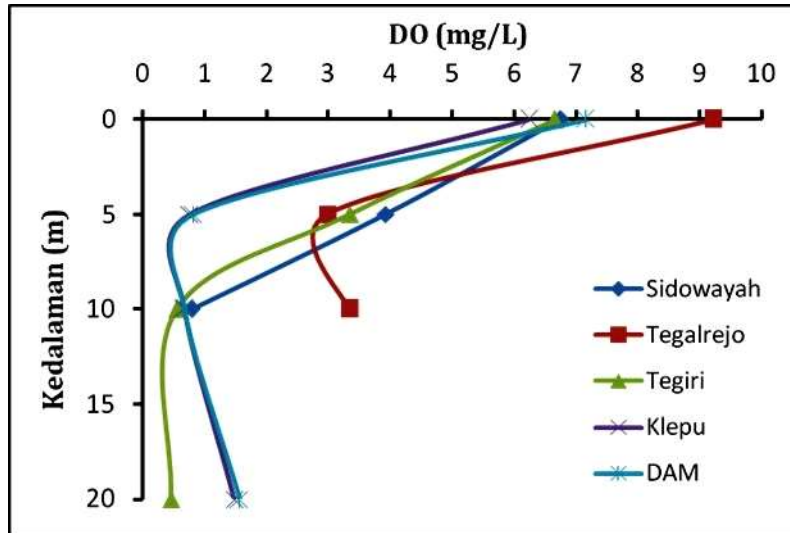
Ikan *A. citrinellus* memiliki panjang infinti (L_{∞}) lebih besar daripada *A. labiatus* yang menunjukkan bahwa ikan *A. citrinellus* memiliki ukuran cenderung lebih panjang pada umur yang sama. Nilai L_{∞} ikan red devil *A. citrinellus* dan *A. labiatus* jika dibandingkan dengan ikan *A. citrinellus* di perairan Waduk Ir. H. Djuanda, Jawa Barat memiliki nilai yang lebih rendah. Adanya keterbatasan penelitian mengenai dinamika populasi ikan red devil, memerlukan pendekatan parameter populasi L_{∞} berbasis data panjang maksimum (L_{max}) dari persamaan Froese & Binohlan (2000) dengan rumus $\log L_{\infty} = 0,044 + 0,9841 \log(L_{max})$ sebagai perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian mengenai ikan red devil lainnya di perairan darat Indonesia. Nilai parameter pertumbuhan (L_{∞} dan K) ikan red devil di Waduk Sermo cenderung lebih rendah dibandingkan jenis yang sama di perairan lainnya, namun lebih besar daripada di perairan Danau Batur (Tabel 3). Ukuran panjang infinti (L_{∞}) ikan berkaitan dengan ukuran maksimum ikan tanpa adanya batasan waktu. Panjang infinti berkaitan dengan faktor penangkapan, lingkungan (suhu dan oksigen), predasi dan persaingan dalam komunitas ikan (Ahti *et al.*, 2020) juga ketersediaan makanan, genetik, penyakit dan parasit (Effendie, 1997). Faktor penangkapan sedikitnya telah berpengaruh terhadap nilai L_{∞} ikan red devil di Waduk Sermo yang lebih rendah daripada lokasi lainnya, walaupun tingkat eksploitasi belum terjadi *overfishing* dan status stok

sangat baik. Upaya pengendalian ikan red devil di Waduk Sermo sudah pernah dilakukan pada tahun 2019 dengan diadakan lomba menangkap red devil oleh Stasiun Karantina Yogyakarta, Kementerian Kelautan dan Perikanan (BRPSDI, 2019). Dari perlombaan tersebut diperoleh sebanyak 750 kg ikan red devil dalam waktu tiga hari saja. Namun demikian, populasi ikan red devil hingga saat ini belum menurun secara signifikan. Adanya dominansi yang tinggi dari populasi dua jenis ikan red devil di Waduk Sermo telah mengarah pada kondisi *overabundance/overpopulation* yang menyebabkan pertumbuhannya terhambat, seperti halnya terjadi pada ikan invasif yellow perch (*Perca flavescens*) di Danau Long, Nova Scotia, Kanada (Munro & Macmillan, 2012). Faktor pembatas lainnya terhadap populasi ikan red devil di Waduk Sermo diduga dipengaruhi oleh keterbatasan oksigen terlarut, dimana rata-rata pada kedalaman $e \geq 10$ meter cenderung deplesi (<3 mg/L) (BRPSDI, 2019).

Namun demikian, performa pertumbuhan (\emptyset') ikan red di Waduk Sermo masih tergolong baik jika dibandingkan dengan perairan lainnya (Tabel 3). Hal tersebut menjadi salah satu faktor yang menjadikan populasi ikan tersebut tetap tinggi dengan status stok yang baik. Ikan red devil masih mampu berkembang walaupun dengan keterbatasan lingkungan (oksigen terlarut) dan tinggi persaingan terhadap makanan dan ruang karena dominansi yang tinggi dari populasinya. Adanya kondisi tersebut

menunjukkan bahwa ikan red devil memiliki *phenotypic plasticity* yang tinggi sehingga dapat beradaptasi sesuai keadaan lingkungannya (Machado-Schiaffino *et al.*, 2014; Muschick *et al.*, 2011; Umar *et al.*, 2015). Menurut Pauly & Munro (1984), nilai indeks ϕ' bisa berbeda untuk jenis

ikan yang sama di lingkungan yang berbeda, kemudian dapat digunakan untuk membandingkan performa pertumbuhan ikan dalam hal pertumbuhan panjang. Lebih lanjut, indeks ϕ' sangat baik dalam membandingkan kemampuan adaptasi ikan yang hidup di alam terhadap



Gambar 10. Kondisi oksigen terlarut di Waduk Sermo (sumber: (BRPSDI, 2019).

Figure 10. Dissolve oxygen performance of Sermo Reservoir (source: (BRPSDI, 2019).

variabel lingkungan dan ketersediaan pakan (Pauly, 1991).

Nilai parameter kurvatur (K) dapat menentukan seberapa cepat ikan akan mencapai panjang asimptotiknya. Nilai K dari ikan red devil di Waduk Sermo menunjukkan nilai lebih besar dari 0,2 namun kurang dari 0,5 (Tabel 1 & 3) yang menunjukkan pertumbuhan moderat (Sparre & Venema, 1999). Nilai K berkorelasi pula dengan umur maksimumnya (t_{max}) (Pauly, 1980). Berdasarkan nilai K diketahui bahwa ikan red devil *A. citrinellus*, *A. labiatus*, dan gabungan keduanya memiliki umur maksimum masing-masing 9,24, 9,80, dan 10,02 tahun. Umur maksimum ini tergolong panjang dengan laju pertumbuhan moderat (Sparre & Venema, 1999). Umur maksimum ikan red devil di Waduk Sermo yang tergolong panjang dapat berdampak pada kontinuitas dalam pengendalian populasinya.

Populasi perlu dikendalikan dengan peningkatan dan mempertahankan mortalitas penangkapan (F) pada tingkat tertentu, tidak hanya berpegang pada mortalitas alami (M).

Ukuran pertama kali matang gonad ikan red devil (*A. citrinellus* dan *A. labiatus*) di Waduk Sermo masih lebih tinggi dibandingkan jenis ikan yang sama di perairan Waduk Kedungombo, Jawa Tengah (Adjie & Fatah, 2015). Umur ikan red devil *A. citrinellus*, *A. labiatus*, dan *Amphilophus* spp. saat pertama kali matang gonad (t_{m50}) dicapai pada umur 2,7, 2,9, dan 3,0 tahun berdasarkan persamaan pertumbuhan Von Bertalanffy masing-masing. Menurut Froese & Pauly (2021), laju penggandaan populasi (*minimum population doubling time*) beberapa jenis ikan Cichlidae cenderung moderat (sekitar 1,4-4,4

Tabel 3. Nilai parameter pertumbuhan ikan red devil di perairan Waduk Sermo dan lokasi lainnya
 Table 3. Growth parameters of red devil in Sermo Reservoir and other locations

No.	Jenis Ikan/ Fish Species	Spesies/ Species	L_{∞} (cm TL)	K (tahun ⁻¹)	\emptyset^*	Lokasi/ Location
1.	Oskar	<i>A. citrinellus</i>	21,6	0,39	2,26	Waduk Ir. H. Djuanda, Jawa Barat ¹
2.	Red devil (Jantan)	<i>A. labiatus</i>	20,5	0,19	1,90	Rawa Pening, Jawa Tengah ²
3.	Red devil (Betina)	<i>A. labiatus</i>	21,00	0,20	1,95	Rawa Pening, Jawa Tengah ²
4.	Red devil	<i>Amphilophus</i> sp.	14,3 ^{*)}	-	-	Danau Batur, Bali ³
5.	Red devil	<i>A. labiatus</i>	19,5 ^{*)}	-	-	Waduk Jatibarang, Jawa Tengah ⁴
6.	Red Devil	<i>A. citrinellus</i>	19,7	0,32	2,09	Penelitian saat ini
7.	Red Devil	<i>A. labiatus</i>	18,7	0,33	2,06	Penelitian saat ini
8.	Red Devil (Gabungan <i>A. citrinellus</i> dan <i>A. labiatus</i>)	<i>Amphilophus</i> spp.	19,3	0,31	2,06	Penelitian saat ini

Keterangan/Note: TL = total length; ^{*)} L_{∞} berbasis L_{\max} (Froese & Binohlan, 2000)

Sumber/Sources: ¹(Tampubolon *et al.*, 2012); ²(Hasanah, 2022); ³(Juliawan *et al.*, 2020); ⁴(Isroliyah *et al.*, 2021)

Tabel 4. Estimasi laju mortalitas dan eksploitasi ikan red devil dan jenis ikan Cichlid lainnya
 Table 4. Estimation of annual mortality and exploitation of red devil and other Cichlid fishes

No.	Jenis Ikan/ Fish Species	Spesies/ Species	Z (tahun ⁻¹)	M (tahun ⁻¹)	F (tahun ⁻¹)	E	Lokasi/ Location
1.	Louhan	Hibrid	1,46	1,08	0,38	0,26	Danau Matano, Sulawesi Selatan ¹
2.	Louhan	<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	1,29	1,05	0,24	0,18	Waduk Sempor, Jawa Tengah ²
3.	Red devil (Gabungan)	<i>A. labiatus</i>	0,74	0,70	0,04	0,04	Rawa Pening, Jawa Tengah ³
4.	Red Devil	<i>A. citrinellus</i>	1,58	0,67	0,91	0,58	Penelitian saat ini
5.	Red Devil	<i>A. labiatus</i>	1,32	0,69	0,63	0,48	Penelitian saat ini
6.	Red Devil (Gabungan <i>A. citrinellus</i> dan <i>A. labiatus</i>)	<i>Amphilophus</i> spp.	1,35	0,65	0,70	0,52	Penelitian saat ini

Sumber/Sources: ¹(Hedianto & Satria, 2017); ²(Hedianto *et al.*, 2014); ³(Hasanah, 2022)

tahun).

Laju mortalitas alami tahunan ikan red devil di Waduk Sermo memiliki nilai yang hampir sama dengan ikan yang sama di perairan Rawa Pening. Mortalitas penangkapan ikan red devil di Waduk Sermo ternyata cukup tinggi ($F/M > 1$) yang mengindikasikan bahwa ikan tersebut lebih banyak ditangkap daripada ikan red devil di perairan Rawa Pening. Pada umumnya, ikan invasif dari famili Cichlidae memiliki mortalitas penangkapan yang rendah, karena cenderung tidak disukai oleh nelayan sehingga tingkat

eksploitasinya rendah (*under-fishing*) seperti halnya ikan louhan di Danau Matano dan Waduk Sempor, serta ikan red devil di Rawa Pening (Tabel 4).

Laju eksploitasi ikan red devil saat ini telah berada pada kondisi optimum, dimana hal ini merupakan informasi yang baik untuk pengendalian populasinya. Adanya tingkat *fully-exploitation* dari populasi ikan red devil dikarenakan adanya pemanfaatan sebagai produk krispi oleh nelayan dengan skala usaha yang tidak terlalu masif

(Ermawati *et al.*, 2017; Fatma, 2017), juga adanya pengendalian dalam bentuk perlombaan pada tahun 2019 (BRPSDI, 2019).

Pengendalian perlu diupayakan secara maksimal agar populasi red devil dapat deplesi dengan optimal. Pengendalian populasi ikan red devil perlu dilakukan dengan penambahan upaya melalui peningkatan mortalitas penangkapan (F) sebesar 37,5% dari yang ada saat ini dengan estimasi SPR sebesar 19% (titik acuan $SPR_{<20\%}$) sebagai titik acuan batas dan peningkatan F sebesar 69,2% ($SPR_{10\%}$) sebagai titik acuan target. Laju eksploitasi perlu ditingkatkan hingga tangkap berlebih (*over-fishing*) agar populasi ikan red devil deplesi dengan cepat. Selain itu, perlu adanya sinergi para stakeholder dalam mengoptimalkan upaya pengendalian.

KESIMPULAN

Status stok ikan red devil (*Amphilophus* spp.) di Waduk sermo menunjukkan dalam kondisi baik dengan ratio potensi pemijahan sebesar 29%. Laju eksploitasi ikan red devil menunjukkan tingkat pemanfaatan yang optimum. Pengendalian populasi ikan red devil perlu dilakukan dengan penambahan upaya melalui peningkatan mortalitas penangkapan (F) sebesar 37,5% dari yang ada saat ini dengan estimasi SPR sebesar 19% (titik acuan $SPR_{<20\%}$) sebagai titik acuan batas dan peningkatan F sebesar 69,2% ($SPR_{10\%}$) sebagai titik acuan target.

Laju eksploitasi ikan red devil di Waduk Sermo perlu ditingkatkan hingga taraf berlebih (*over-fishing*) agar populasi dapat deplesi dengan cepat. Peningkatan upaya (*effort*) yang perlu dilakukan di Waduk Sermo adalah peningkatan jumlah nelayan dan jumlah alat tangkap jaring insang (direkomendasikan ukuran mata jaring dari interval 1,25-1,75 inci) hingga sebesar 37,5-69,2% agar produksi tangkapan red devil saat ini meningkat tajam. Program pengendalian dapat dilakukan dengan berbasis perlombaan seperti yang pernah dilakukan oleh BKIPM Yogyakarta pada tahun 2019 ataupun berbasis pemberdayaan masyarakat. Program tersebut perlu melibatkan sinergitas antar stakeholder agar tujuan pengendalian ikan red devil di Waduk Sermo dapat terwujud dan terpantau dengan komprehensif. Selain itu, pendataan yang runut waktu sebagai bagian dari monitoring dan upaya pengendalian ikan invasif dapat lebih terukur.

PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan bagian dari Tesis Magister Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Institut Pertanian Bogor dengan judul "Karakterisasi Populasi Ikan Red Devil (*Amphilophus* spp.) Invasif Sebagai Dasar Pengendalian Di Waduk Sermo, Daerah Istimewa Yogyakarta". Pada

kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya pada Henra Kuslani, Bapak Kemidi dan Bapak Sutrisman yang telah membantu dalam pengambilan sampel di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjie, S., & Fatah, K. (2015). Biologi reproduksi ikan red devil (*Amphilopus labiatus*) dan (*Amphilopus citrinellus*) di Waduk Kedungombo, Jawa Tengah. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 7(1), 17–24. <https://doi.org/10.15578/bawal.7.1.2015.17-24>
- Ahti, P. A., Kuparinen, A., & Uusi-Heikkilä, S. (2020). Size does matter - the eco-evolutionary effects of changing body size in fish. *Environmental Reviews*, 28, 311–324. <https://doi.org/10.1139/er-2019-0076>
- Ariasari, A., Helmiati, S., & Setyobudi, E. (2018). Food preference of red devil (*Amphilophus labiatus*) in the Sermo Reservoir, Kulon Progo Regency. In A. Isnansetyo, I. D. Puspita, N. M. Adzahan, Suadi, D. W. K. Sari, & A. D. Jayanti (Eds.), *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 139, p. 012018). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/139/1/012018>
- Ault, J. S., Smith, S. G., Luo, J., Monaco, M. E., & Appeldoorn, R. S. (2008). Length-based assessment of sustainability benchmarks for coral reef fishes in Puerto Rico. *Environmental Conservation*, 35(3), 221–231. <https://doi.org/10.1017/S0376892908005043>
- Badrudin, M. (2015). Pedoman Teknis Estimasi Spawning Potential Ratio (SPR). In A. Ghofar, P. Martosubroto, & Wudianto (Eds.), *Protokol Pengkajian Stok Sumber Daya Ikan* (pp. 65–80). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Barlow, G. W., & Munsey, J. W. (1976). The red devil-Midas-arrow cichlid species complex in Nicaragua. *Investigations of the Ichthyofauna of Nicaraguan Lakes*, 24, 359–369. <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=ichthyonicar>
- Barluenga, M., & Meyer, A. (2004). The Midas cichlid species complex: Incipient sympatric speciation in Nicaraguan cichlid fishes? *Molecular Ecology*, 13, 2061–2076. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02211.x>
- Barluenga, M., Stölting, K. N., Salzburger, W., Muschick, M., & Meyer, A. (2006). Sympatric speciation in Nicaraguan crater lake cichlid fish. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature04325>

- BBWS [Balai Besar Wilayah Sungai] Serayu Opak. (2021). *Bendungan Sermo*. <https://sda.pu.go.id/balai/bbwsserayuopak/projects-item/bendungan-sermo/>
- BRPSDI [Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan]. (2019). Riset teknologi mitigasi dan pengendalian spesies asing invasif cichlid: studi kasus Waduk Sermo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Laporan Teknis*. Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Cadima, E. L., Caramelo, A. M., Afonso-Dias, M., De Barros, P. C., Tandstad, M. O., & De Leiva-Moreno, J. I. (2005). Sampling Methods Applied to Fisheries Science/ : a Manual. In *FAO Fisheries Technical Paper* (FAO Fisher, Issue No. 434). FAO Fisheries Technical Paper 434. <http://www.fao.org/docrep/009/a0198e/a0198e00.htm>
- Canonico, G. C., Arthington, A., Mccrary, J. K., & Thieme, M. L. (2005). The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(5), 463–483. <https://doi.org/10.1002/aqc.699>
- Coulson, P. G., Hesp, S. A., Potter, I. C., & Hall, N. G. (2005). Comparisons between the biology of two co-occurring species of whiting (Sillaginidae) in a large marine embayment. *Environmental Biology of Fishes*, 73, 125–139. <https://doi.org/10.1007/s10641-004-4568-8>
- Effendie, M. I. (1997). *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama.
- Ermawati, R., Aynuddin, & Lisawati, N. (2017). Invasive fish species in Sermo: ecological threat and economic value. *International Graduate Student Conference on Indonesia* 5, 13. <http://igsci.pasca.ugm.ac.id/archive/v2.0/assets/files/igsc-05-030-ristie-ermawati.pdf>
- Fatma, R. A. (2017). Pengolahan red devil (*Amphilophus labiatus*) Waduk Sermo menjadi asam amino sebagai sumber nutrisi tanaman durian (*Durio Zibethinus*). *Jurnal Agroekoteknologi USU*, 5(1), 42–46. <https://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/JA/article/view/92>
- Froese, R., & Binohlan, C. (2000). Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology*, 56, 758–773. <https://doi.org/10.1006/jfbi.1999.1194>
- Froese, R., & Pauly, D. (2021). *FishBase*. World Wide Web Electronic Publication. Date Access 2019/06/24. www.fishbase.org
- Gassner, H., Achleitner, D., & Luger, M. (2015). *Guidance on Surveying the Biological Quality Elements Part B1-Fish*. Austrian Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management Department.
- Habibie, S. A., Djumanto, & Rustadi. (2015). Penggunaan otolit untuk penentuan umur dan waktu pemijahan ikan red devil, *Amphilophus labiatus* [Günther, 1864] di Waduk Sermo, Yogyakarta. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 15(2), 87–98.
- Hasanah, C. N. (2022). *Dinamika populasi ikan red devil (Amphilopus labiatus, Gunther 1864) di Rawa Pening Kabupaten Semarang*. [Universitas Gadjah Mada]. <http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- Hedianto, D. A., Purnomo, K., Kartamihardja, E. S., & Warsa, A. (2014). Parameter populasi ikan lohan (*Cichlasoma trimaculatum*, Günther 1867) di Waduk Sempor, Jawa Tengah. *Jurnal Pen*, 20(2), 81–88. <https://doi.org/10.15578/jppi.20.2.2014.81-88>
- Hedianto, D. A., & Satria, H. (2017). Pendekatan pola peremajaan dan laju eksploitasi ikan louhan untuk pengendalian ikan asing invasif di Danau Matano, Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23(4), 227–239. <https://doi.org/10.15578/jppi.23.4.2017.227-239>
- Helfman, G. S. (2007). *Fish Conservation: a Guide to Understanding and restoring global aquatic biodiversity and Fishery Resources*. Island Press.
- Hordyk, A., Ono, K., Valencia, S., Loneragan, N., & Prince, J. (2015). A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisherie. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 217–231. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu004>
- Isroliyah, A., Solichin, A., & Rudiyantri, S. (2021). Kebiasaan makanan dan luas relung ikan red devil (*Amphilophus labiatus*) di Perairan Waduk Jatibarang, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 5(2), 96–102. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/pasirlaut>
- Juliawan, I. W., Arthana, I. W., & Suryaningtyas, E. W. (2020). Sebaran pola pertumbuhan ikan red devil (*Amphilophus sp.*) di kawasan Danau Batur, Bali.

- Jurnal Bumi Lestari*, 20(02), 40–49. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/blje.2020.v20.i02.p05> ©
- Kautt, A. F., Machado-Schiaffino, G., & Meyer, A. (2016). Multispecies outcomes of sympatric speciation after admixture with the source population in two radiations of Nicaraguan Crater Lake Cichlids. *PLoS Genetics*, 12(6), 1–33. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006157>
- King, M. (2007). *Fisheries Biology, Assessment and Management* (2nd Ed.). Blackwell Publishing.
- Loiselle, P. V. (1998, November 7). The *Amphilophus labiatus* species complex. *Cichlid Room Companion*. <http://www.cichlidae.com/articles/a106.html>
- Machado-Schiaffino, G., Henning, F., & Meyer, A. (2014). Species-specific differences in adaptive phenotypic plasticity in an ecologically relevant trophic trait: hypertrophic lips in midas cichlid fishes. *Evolution*, 68(7), 2086–2091. <https://doi.org/10.1111/evo.12367>
- McNeely, J. A., Mooney, H. A., Neville, L. E., Schei, P., & Waage, J. K. (2001). Global Strategy on Invasive Alien Species. In *Planetuwcacza*. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge. <http://planet.uwc.ac.za/nisl/Biodiversity/pdf/globalstrategy.pdf>
- Mildenberger, T. K., Taylor, M. H., & Wolff, M. (2017). TropFishR/ : an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(1), 1520–1527. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12791>
- Munro, C. L., & Macmillan, J. L. (2012). Growth and overpopulation of yellow perch and the apparent effect of increased competition on brook trout in Long Lake, Halifax County, Nova Scotia. *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science (NSIS)*, 47(1), 131–141. <https://doi.org/10.15273/pnsis.v47i1.3379>
- Muschick, M., Barluenga, M., Salzburger, W., & Meyer, A. (2011). Adaptive phenotypic plasticity in the Midas cichlid fish pharyngeal jaw and its relevance in adaptive radiation. *BMC Evolutionary Biology*, 11(116), 1–12. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-11-116>
- Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 39(3), 175–192.
- Pauly, D. (1983a). Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I). *Fishbyte*, 1(2), 9–13.
- Pauly, D. (1983b). *Some simple methods for assessment to tropical stock* (FAO Fisher). FAO Fisheries Technical Paper 234.
- Pauly, D., & Munro, J. L. (1984). One more on the comparison of growth in fish and invertebrates. In *Fishbyte* (Vol. 2, Issue 1, p. 21).
- Pérez, J. E., Alfonsi, C., Nirchio, M., & Barrios, J. (2006). The inbreeding paradox in invasive species. *Interciencia*, 31(7), 544–546.
- Reid, W., & Miller, K. (1989). Keeping Options Alive: The Scientific Basis for Conserving Biodiversity. In *World Resources Institute, a center for policy research* (Issue January 1989). World Resources Institute.
- Silva, S., Subasinghe, R., Bartley, D., & Lowther, A. (2004). *Tilapias as alien aquatics in Asia and the Pacific: a review*. FAO Fisheries Technical Paper 453.
- Smallwood, C. B., Hesp, S. A., & Beckley, L. E. (2013). Biology, stock status and management summaries for selected fish species in south-western Australia. In *Fisheries Research Report No. 242*.
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1999). *Introduksi Pengkajian Stok Ikan Tropis Buku 1: Manual*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan.
- Suryandari, A., Hediando, D. A., & Indriatmoko. (2021). Fish community structure in Sermo Reservoir, Yogyakarta, Indonesia: Initial study on invasive fish species. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 744(1), 012086. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012086>
- Tampubolon, P. A. R. P., Rahardjo, M. F., & Krismono. (2012). Pertumbuhan ikan oskar (*Amphilophus citrinellus*, Günther 1864) di Waduk Ir H. Djuanda, Jawa Barat. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 12(2), 195–202.
- Taylor, M. H., & Mildenberger, T. K. (2017). Extending electronic length frequency analysis in R. *Fisheries Management and Ecology*, 24(4), 330–338. <https://doi.org/10.1111/fme.12232>
- Then, A. Y., Hoenig, J. M., Hall, N. G., & Hewitt, D. A. (2015). Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using

- information on over 200 fish species. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 82–92. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu136>
- Umar, C., Kartamihardja, E. S., & Aisyah. (2015). Dampak invasif ikan red devil (*Amphilophus citrinellus*) terhadap keanekaragaman ikan di perairan umum daratan Indonesia. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 7(1), 55–61. <https://doi.org/10.15578/jkpi.7.1.2015.55-61>
- Verbrugge, L. N. H., Velde, G. Van Der, Hendriks, A. J., Verreycken, H., & Leuven, R. S. E. W. (2012). Risk classifications of aquatic non-native species: application of contemporary European assessment protocols in different biogeographical settings. *Aquatic Invasions*, 7(1), 49–58. <https://doi.org/10.3391/ai.2012.7.1.006>
- Widiyanto, A. T., Pramonowibowo, & Setiyanto, I. (2016). Pengaruh perbedaan ukuran mesh size dan hanging ratio serta lama perendaman jaring insang (gill net) terhadap hasil tangkapan ikan red devil (*Amphilophus labiatus*) di Waduk Sermo, Kulonprogo. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 5(2), 19–26.