

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/psnp.18240>

Domestikasi Ikan Mahseer (*Tor soro*) sebagai Strategi Konservasi Biota Endemik Sungai Tropis Indonesia

Domestication of the Mahseer Fish (*Tor soro*) as a Conservation Strategy for Endemic Indonesian Tropical River Species

Dwi Wahyuni Yulianty

Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Prof. Dr. HR Boenjamin, 53121, Purwokerto
e-mail: dwiwahyuniyulianty95@gmail.com

Abstrak

Domestikasi ikan Mahseer (*Tor soro*) memberikan pendekatan konservasi untuk melindungi populasi ikan endemik sungai tropis di Indonesia yang terancam punah. Metode penelitian berupa kajian konseptual dan aplikatif yang memadukan pendekatan konservasi ex situ dan in situ dengan berbasis pada penelitian lapangan secara langsung di Lokasi Kawasan Konservasi Dusun Kalipagu Desa Ketenger Kecamatan Baturaden dan Rumah Ikan Dewa Desa Karangtengah Kecamatan Cilongok Kabupaten Banyumas. Hasil analisis menjelaskan bahwa domestikasi baik Ex Situ maupun In Situ yang dirancang dengan pendekatan ekosistem dengan mengintegrasikan pemulihan habitat, pemeliharaan genetik, dan keterlibatan komunitas lokal dapat membantu meningkatkan kelangsungan hidup biota, mampu mendukung program konservasi ex situ/in situ, dan memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat. Rekomendasi terkait kebijakan menekankan pada pilot project terkontrol, penguatan kapasitas riset lokal, kerangka kajian hukum untuk pelepasan kembali (restocking), dan integrasi pengetahuan tradisional masyarakat.

Kata kunci: Domestikasi, Mahseer (*Tor soro*), konservasi ex situ, restocking, sungai tropis, Indonesia.

Abstract

The domestication of Mahseer (*Tor soro*) provides a conservation-oriented approach to protect the endangered endemic fish populations of Indonesia's tropical river systems. The research employed both conceptual and applied approaches that integrate ex situ and in situ conservation strategies, grounded in direct field investigations conducted at the Kalipagu Conservation Area in Ketenger Village, Baturaden Subdistrict, and the Rumah Ikan Dewa facility in Karangtengah Village, Cilongok Subdistrict, Banyumas Regency. The analysis indicates that both Ex Situ and In Situ domestication, when designed using an ecosystem-based approach that incorporates habitat restoration, genetic maintenance, and local community engagement, can enhance species survival, support ex situ/in situ conservation programs, and provide economic benefits to surrounding communities. Policy recommendations emphasize the importance of controlled pilot projects, strengthening local research capacity, establishing legal frameworks for restocking, and integrating traditional ecological knowledge.

Keywords: *Domestication, Mahseer (Tor soro), ex situ conservation, restocking, tropical rivers, Indonesia*

Pendahuluan

Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang terkenal memiliki keanekaragaman hayati perairan air tawar tertinggi di dunia. Sungai tropis yang membentang dari Sumatra hingga Papua merupakan habitat bagi berbagai macam biota ikan endemik yang memiliki manfaat dan peran ekologis, ekonomis, dan sosial yang penting (Latuconsina, 2020). Salah satu biota akuatik yang memiliki peran ekologis, ekonomis dan sosial unggulan adalah ikan Mahseer (*Tor soro*), anggota famili Cyprinidae yang dikenal sebagai ikan karismatik perairan pegunungan (Subagja Jojo. *et al.*, 2009). Ikan ini memiliki ciri morfologis yang unik, memiliki daya tahan terhadap arus kuat, serta bernilai ekonomi tinggi sebagai ikan konsumsi dan ikan olahraga (sport fish). Namun, dalam beberapa dekade terakhir, populasi ikan *Tor soro* mengalami penurunan tajam akibat tekanan antropogenik dan degradasi lingkungan (Jaafar *et al.*, 2021).

Penurunan populasi ikan *Tor soro* disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain perusakan habitat akibat deforestasi dan sedimentasi sungai, fragmentasi aliran air oleh kegiatan pembangunan bendungan, serta praktik penangkapan yang merusak dan tidak berkelanjutan (Iskandar *et al.*, 2025). Selain itu, adanya perubahan iklim dan introduksi biota asing turut memperburuk kondisi habitat alami. Akibatnya, biota ini kini tergolong rentan terhadap kepunahan lokal di beberapa wilayah aliran sungai di Indonesia. Upaya konservasi in situ kadang menghadapi kendala terkait keterbatasan ruang hidup alami dan tekanan aktivitas manusia yang terus meningkat, sehingga diperlukan

pendekatan alternatif yang mampu menjaga keberlanjutan biota tanpa bergantung sepenuhnya pada ekosistem alami (Glibert, 2017).

Ikan Mahseer (genus *Tor*) masuk dalam salah satu kelompok ikan air tawar yang unggul secara ekologis dan ekonomis di wilayah Asia Tenggara dan anak benua India. Di kepulauan Indonesia, salah satu biota yang mendapat perhatian lebih adalah ikan *Tor soro* yang merupakan bagian dari keanekaragaman hayati perairan tawar tropis dan memiliki peran dalam jaringan trofik dan siklus nutrisi sungai (Teletchea, 2019). Namun, adanya tekanan antropogenik seperti degradasi habitat, polusi, penangkapan berlebih (over fishing), perubahan pemanfaatan lahan, dan pembangunan infrastruktur seperti bendungan dapat mengancam kelestarian populasi ikan Mahseer di sungai (Pasquet, 2019).

Konservasi ikan Mahseer menghadapi beberapa tantangan seperti keterbatasan data populasi dan ekologi reproduksi, keterbatasan kapasitas budidaya yang sesuai untuk restocking dan kebutuhan untuk menyeimbangkan konservasi dan pemanfaatan oleh masyarakat lokal (Teletchea, 2019). Domestikasi adalah suatu proses adaptasi biota dari kondisi liar ke kondisi budidaya melalui pemeliharaan, pemuliaan selektif, dan manajemen reproduksi. Kegiatan domestikasi bisa dipakai sebagai salah satu strategi konservasi pelengkap yang memungkinkan perlindungan genetik dan jaminan pasokan individu untuk program restorasi populasi untuk komoditas ikan endemik yang terancam punah (Pasquet, 2019).

Domestikasi menjadi salah satu strategi konservasi *in situ* dan *ex situ* unggulan untuk mempertahankan populasi *Tor soro* secara berkelanjutan. Melalui kegiatan domestikasi, organisme-organisme liar diadaptasikan ke dalam lingkungan budidaya sampai mampu reproduksi secara stabil di lingkungan terkontrol (Gustiano *et al.*, 2013). Pendekatan ini tidak hanya berperan dalam menjaga kelestarian genetik biota endemik, tetapi juga bernilai

strategis bagi peningkatan ekonomi masyarakat lokal melalui kegiatan akuakultur berbasis konservasi. Dengan demikian, domestikasi Ikan Mahseer *Tor soro* memiliki dwi fungsi yaitu sebagai upaya mitigasi terhadap ancaman kepunahan di habitat alami dan sebagai sumber daya ekonomi berkelanjutan yang ramah lingkungan (Pasquet, 2019).

Implementasi kegiatan domestikasi ikan Mahseer di Indonesia membutuhkan pemahaman komprehensif dan terpadu mengenai biologi reproduksi, fisiologi pertumbuhan, adaptasi perilaku, serta interaksi ekologisnya di lingkungan buatan (Pasquet, 2019). Penelitian-penelitian terdahulu di beberapa negara Asia Selatan menunjukkan bahwa kesuksesan domestikasi genus *Tor* sangat bergantung pada kesesuaian pola pemberian pakan, aspek parameter lingkungan, serta seleksi genetik individu yang unggul (Gustiano et al., 2013). Oleh karena itu, integrasi antara pendekatan ilmiah, kebijakan konservasi, dan pemberdayaan masyarakat menjadi kunci utama dalam mengembangkan program domestikasi *Tor soro* yang efektif dan berkelanjutan di Indonesia.

Dengan latar belakang tersebut, kajian mengenai domestikasi ikan *Tor soro* sebagai salah satu strategi konservasi biota endemik sungai tropis menjadi lebih relevan. Kajian ini selain memberikan kontribusi terhadap pelestarian keanekaragaman hayati perairan tawar, tetapi juga memberi peluang baru bagi pembangunan perikanan berkelanjutan yang selaras dengan tujuan konservasi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar daerah aliran sungai.

Rumusan Masalah

Sesuai kajian pada latar belakang, makalah Domestikasi Ikan Mahseer (*Tor soro*) sebagai Strategi Konservasi Biota Endemik Sungai Tropis Indonesia ini dapat dirumuskan beberapa permasalahan penting yaitu :

- 1) Bagaimana sinergi antara strategi domestikasi ikan Mahser (*Tor soro*) dengan rehabilitasi habitat dilaksanakan?

- 2) Bagaimana pelaksanaan tahapan metode domestikasi yang diusulkan?
- 3) Sejauh mana perkembangan etika konservasi keberlanjutan membawa pengaruh terhadap domestikasi ikan Mahseer (*Tor soro*)?
- 4) Apa strategi adaptasi dan mitigasi lanjutan yang dapat diterapkan untuk mendukung keberlanjutan program domestikasi?

Tujuan Penulisan

Sesuai dengan hasil kajian pada latar belakang dan rumusan masalah di atas, penulisan makalah ini bertujuan untuk :

- 1) Menganalisis pelaksanaan sinergi antara strategi domestikasi ikan Mahseer (*Tor soro*) dengan rehabilitasi habitat.
- 2) Menguraikan tahapan metode domestikasi yang diusulkan.
- 3) Menganalisis pengaruh perkembangan etika konservasi keberlanjutan terhadap domestikasi ikan Mahseer (*Tor soro*)
- 4) Merumuskan strategi adaptasi dan mitigasi lanjutan yang dapat diterapkan untuk mendukung keberlanjutan program domestikasi.

Metode Penelitian

Makalah ini disusun dengan metode penelitian berupa kajian konseptual dan aplikatif yang memadukan pendekatan konservasi ex situ dan in situ dengan berbasis pada penelitian lapangan secara langsung di Lokasi Kawasan Konservasi Dusun Kalipagu Desa Ketenger Kecamatan Baturaden Kabupaten Banyumas dan Rumah Ikan Dewa Desa Karangtengah Kecamatan Cilongok Kabupaten Banyumas serta metode literatur ilmiah. Pendekatan metode penelitian secara metodologis dengan mengintegrasikan pendekatan biologis, ekoteknis, sosial, dan etis sehingga tidak hanya menitikberatkan pada keberhasilan teknis konservasi ex situ dengan budidaya, tetapi juga konservasi in situ yang berbasis pemulihan habitat, keberlanjutan ekosistem dan kesejahteraan komunitas lokal.

Hasil dan Pembahasan

Sinergi Domestikasi In Situ dan Rehabilitasi Habitat

Ikan Mahseer merupakan jenis ikan endemik yang populasinya di alam liar semakin langka, sehingga usaha budidaya melalui domestikasi sangat penting untuk mendukung kelestariannya (Pasquet, 2019). Selain untuk konsumsi, ikan Mahseer juga memiliki nilai ekonomi sebagai ikan hias. Beberapa lokasi domestikasi ikan Mahseer di Indonesia adalah di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, yang berhasil memproduksi dan memasarkan ikan ini untuk konsumsi dan ikan hias (Jaafar *et al.*, 2021). Penelitian terkait domestikasi ikan Mahseer untuk mempelajari keanekaragaman biotanya sebagai dasar upaya budidaya juga banyak dilakukan di beberapa daerah di Jawa Timur seperti penelitian identifikasi morfologi yang dilakukan di DAS Banyubiru dan Umbulan Kabupaten Pasuruan, penelitian yang dilakukan di DAS SongTulungagung, dan penelitian yang dilakukan di DAS Senatah Kabupaten Karanganyar (Bursamin, 2015).

Kegiatan domestikasi dapat berkontribusi pada konservasi melalui : (a) kegiatan penyediaan stok untuk restocking/augmentasi populasi liar/in situ (Diakos *et al.*, 2024); (b) kegiatan pemeliharaan cadangan genetik di fasilitas pembenihan/ex situ (Diakos *et al.*, 2024); dan (c) kegiatan penelitian tentang fisiologi dan perilaku yang sulit dilakukan di lapangan (Teletchea, 2019).

Domestikasi *in situ* didefinisikan sebagai upaya adaptasi dan manajemen populasi liar di habitat aslinya melakukan intervensi minimal misalnya dengan suplai pakan tambahan, pengelolaan area pembesaran alami, dan perlindungan substrat pemijahan tanpa memindahkan populasi keluar dari ekosistem asalnya (Milla *et al.*, 2021). Hal ini sebagai upaya pengawetan dan komersialisasi berkelanjutan. Pendekatan ini berbeda dari domestikasi tradisional di luar habitat (ex-situ) karena mempertahankan interaksi ekologis alami sekaligus memungkinkan seleksi adaptif terhadap kondisi lokal (Diakos

et al., 2024). Prinsip-prinsip umum dan kajian tentang domestikasi ikan Mahseer di habitat aslinya menekankan proses berjangka panjang yang mencakup fase adaptasi perilaku, fisiologi, dan reproduksi (Haser *et al.*, 2021)

Contoh Domestikasi In Situ Ikan Mahseer di Kabupaten Banyumas yaitu di Kawasan Wisata Dam Belanda, Situs Lemah Wangi, Curug Jenggala Hulu Sungai Banjaran di Dusun Kalipagu Desa Ketenger Kecamatan Baturaden. Manfaat yang bisa didapatkan dari konservasi berbasis domestikasi in situ di Dusun Kalipagu yaitu pertama sebagai upaya konservasi genetik lokal dengan mempertahankan laju reproduksi di habitat alami untuk membantu menjaga variasi genetik populasi lokal (berbeda dengan pemeliharaan *ex-situ* yang sering memicu bottleneck) (Teletchea, 2019); kedua memberi nilai tambah ekonomi bagi komunitas dimana panen terukur dan ekowisata lokal dengan wisata memancing berkelanjutan atau edukasi dapat meningkatkan pendapatan warga tanpa menghancurkan stok liar (Pasquet, 2019); dan ketiga penguatan peran mata air dan ekosistem yaitu dengan upaya memberi perhatian lebih terhadap upaya perlindungan hulu dan kualitas air sehingga memberi manfaat ekologis yang lebih luas (Pasquet, 2019).

Di domestikasi in situ keterlibatan partisipasi masyarakat lokal sebagai salah satu faktor penentu keberlanjutan (Donny Iqbal, 2023). Di Dusun Kalipagu terdapat kearifan lokal dalam bentuk aturan adat terkait pengelolaan mata air/sungai dan larangan penangkapan yang berperan sangat penting dimana perairan umum seperti Dam/Bendungan peninggalan Belanda, Curug Jenggala, Situs Lemah Wangi dan Hulu Sungai Banjaran di dusun Kalipagu dilarang untuk kegiatan penangkapan ikan. Keberhasilan program domestikasi *in situ* di Dusun Kalipagu juga karena melibatkan pembagian manfaat ekonomi (penjualan bagian tangkapan/panen terkontrol), pelatihan teknis, dan penguatan aturan lokal. Ini sejajar dengan studi domestikasi lokal yang menekankan aspek sosial-ekonomi sebagai kunci keberlanjutan (Teletchea, 2019).

Secara umum keberhasilan program domestikasi yang bertujuan untuk konservasi selain dipengaruhi terkait pengetahuan tradisional mengenai perilaku Mahseer dan lokasi pemijahan juga dipengaruhi oleh dukungan masyarakat lokal (Pinder *et al.*, 2019). Kegiatan Domestikasi dapat menawarkan alternatif peningkatan pendapatan melalui budidaya berkelanjutan, kegiatan pariwisata memancing berbasis konservasi, atau kolaborasi berbagi-untung (profit-sharing) untuk masyarakat setempat (Uddin *et al.*, 2021).

Tahapan Metode Domestikasi Ex Situ yang Diusulkan

Kegiatan domestikasi Ex Situ (diluar habitat aslinya) biota endemik ikan Mahseer (*Tor soro*) sebagai pendekatan yang memindahkan sebagian proses pemeliharaan dan reproduksi keluar dari lingkungan liar ke fasilitas budidaya terkendali (Pasquet, 2019). Salah satu domestikasi ex situ di Kabupaten Banyumas yaitu “Rumah Ikan Dewa” di Desa Karangtengah Kecamatan Cilongok Kabupaten Banyumas. Ini merupakan contoh usaha lokal yang menggabungkan tujuan konservasi untuk mengurangi tekanan tangkap liar, pemulihan stok, dan diversifikasi ekonomi masyarakat

Domestikasi ex situ “Rumah Ikan Dewa” melibatkan beberapa tahap yaitu aklimatisasi induk di fasilitas pembenihan; persiapan pemicu pemijahan (hormon dan manipulasi lingkungan); penetasan dan perawatan larva; pemeliharaan juveniles hingga ukuran restocking; serta program pemuliaan berkelanjutan untuk mempertahankan variasi genetik (Teletchea, 2019). Selain itu biosekuriti, monitoring kesehatan, dan manajemen kerapatan pemeliharaan juga penting dilaksanakan.

Langkah teknis yang sudah dilaksanakan oleh “Rumah Ikan Dewa” dan juga dapat direkomendasikan untuk program domestikasi *Tor soro* yang berorientasi akhir pada konservasi yaitu sebagai berikut :

- **Survei Awal dan Identifikasi Unit Konservasi**
Sebelum memulai domestikasi, lakukan survei populasi dan genetik untuk mengidentifikasi unit konservasi evolusioner (ESU) dan memastikan bahwa sumber induk untuk pembenihan berasal dari populasi yang cocok secara genetik dan ekologis. Survei harus mencakup pemetaan habitat, status ancaman, dan praktik pemanfaatan lokal (Chew *et al.*, 2021).
- **Desain Fasilitas Pembenihan Ramah Ekologi**
Fasilitas harus dirancang untuk meniru kondisi alami seperti tangki/waduk dengan aliran, substrat untuk pemijahan, dan kontrol parameter air seperti suhu, pH dan oksigen terlarut. Sistem sirkulasi dan filtrasi harus memenuhi standar biosekuriti (Pinder *et al.*, 2019).
- **Manajemen Induk dan Pemijahan**
Rekrutmen induk harus mengikuti pedoman pengambilan yang meminimalkan dampak pada populasi liar. Teknik pemijahan dapat melibatkan pemijahan alami di struktur yang disediakan atau pemijahan terkontrol dengan induksi hormonal bila perlu. Rekam data induk terkait ukuran, usia, dan asal dan sampel genetik setiap individu (Gustiano *et al.*, 2013).
- **Perawatan Larva dan Pembesaran Juvenil**
Pusat pembenihan harus mengembangkan protokol pemberian pakan awal (pakan hidup seperti rotifer atau artemia, lalu transisi ke pakan buatan berkualitas). Monitoring pertumbuhan, mortalitas, dan kesehatan harus dilakukan berkala (Gustiano *et al.*, 2013).
- **Program Pemuliaan untuk Menjaga Variasi Genetik**
Strategi pemuliaan yang menjaga effective population size (N_e). Teknik yang digunakan yaitu pembenihan silang terkontrol antar keluarga,

pencatatan pedigree, dan penggunaan cryopreservation gamet bila memungkinkan (Uddin *et al.*, 2021).

- Uji Rilis dan Monitoring Post-Release

Sebelum pelepasan masal, jalankan uji rilis terkontrol dalam area terbatas untuk memantau adaptasi perilaku, survival, dan integrasi ke populasi liar. Sistem penandaan (tagging) dan monitoring jangka panjang wajib dilakukan (Pinder *et al.*, 2019).

- *Pengelolaan Risiko*

Penerapan protokol biosekuriti terkait karantina induk baru dan pengujian patogen, rencana mitigasi penyakit, dan mekanisme untuk mencegah hibridisasi tidak diinginkan (Chew *et al.*, 2021).

Langkah Domestikasi Berbasis Konservasi terlihat pada Diagram 1.



Diagram 1. Langkah domestikasi berbasis konservasi

Indeks Kualitatif dan Kuantitatif Keberhasilan Domestikasi

Keberhasilan kegiatan domestikasi ikan merupakan indeks utama dalam menilai efektivitas suatu program konservasi dan pengelolaan sumber daya ikan endemik, termasuk ikan Mahseer (*Tor soro*). Kesuksesan kegiatan domestikasi ditandai dengan kemampuan populasi ikan hasil tangkapan alam untuk

beradaptasi, bertumbuh, dan bereproduksi secara stabil dalam lingkungan buatan seperti kolam atau hatchery (Teletchea, 2019). Secara umum, tingkat keberhasilan kegiatan domestikasi dapat diukur melalui dua Indeks utama yaitu Indeks Kuantitatif dan Indeks Kualitatif.

Indeks Kuantitatif mengacu pada parameter yang dapat diukur secara numerik dan objektif, terutama yang berkaitan dengan pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup ikan. Parameter ini mencakup koefien pertumbuhan harian (Specific Growth Rate/SGR), nilai sintasan (Survival Rate/SR), daya cerna pakan (Feed Conversion Ratio/FCR), umur kematangan gonad, serta jumlah dan viabilitas telur yang dihasilkan (Arnenda et al., 2023). Sebagai contoh pada Budidaya Ikan Mahseer di Rumah Ikan Dewa berdasarkan hasil wawancara yaitu adanya peningkatan nilai SR di atas 80%, efisiensi FCR yang rendah ($<1,5$), dan pertumbuhan biomassa yang konsisten yang mampu menunjukkan tingkat adaptasi fisiologis ikan yang baik terhadap lingkungan budidaya (Hariyadi et al., 2018). Selain itu, kemampuan ikan untuk bereproduksi secara alami dalam sistem terkontrol menjadi Indeks kuantitatif penting dari keberhasilan domestikasi tahap lanjut (Teletchea, 2019).

Sementara itu, Indeks Kualitatif pada Budidaya Ikan Mahseer di Rumah Ikan Dewa lebih memfokuskan pada perubahan perilaku, morfologi, dan fisiologi ikan yang memperlihatkan kemampuan adaptasi terhadap kondisi buatan. Indeks ini meliputi dari perubahan perilaku makan (feeding behavior), penurunan tingkat stres, peningkatan toleransi terhadap kepadatan tinggi, serta perubahan morfologi yang mendukung kehidupan dalam sistem lingkungan budidaya yang lebih tertutup (Milla et al., 2021). Misalnya, ikan Mahseer (*Torosoro*) yang telah berhasil didomestikasi akan menunjukkan penurunan reaksi melarikan diri terhadap sinyal aktivitas manusia, peningkatan frekuensi makan sudah bisa di permukaan, dan kemampuan untuk bereproduksi tanpa rangsangan hormonal tambahan (Diakos et al., 2024). Selain itu, daya stabil genetik dan

penurunan ketergantungan terhadap lingkungan alami juga menjadi aspek kualitatif yang menandakan keberhasilan suatu kegiatan domestikasi jentak jangka panjang (Teletchea, 2019).

Dengan demikian, integrasi antara Indeks kuantitatif dan kualitatif menjadi pendekatan yang komprehensif untuk menilai keberhasilan program domestikasi ikan (Milla et al., 2021). Evaluasi secara berkala terhadap kedua Indeks tersebut penting dilakukan untuk memastikan keberlanjutan dan efektivitas program, terutama pada biota endemik yang memiliki nilai ekologis dan ekonomi tinggi seperti *Tor soro*.

Pertimbangan Etika Konservasi Keberlanjutan

Dalam kegiatan domestikasi ikan *Tor soro* baik In Situ atau Ex Situ perlu mempertimbangkan kaidah etika konservasi keberlanjutan (Pinder et al., 2019) Etika konservasi keberlanjutan mengharapkan program domestikasi tidak sampai mengorbankan populasi liar melalui pengambilan induk biota endemik yang berlebihan bahkan sampai merusak habitat (Bordeleau et al., 2018). Oleh karena itu program domestikasi harus terlebih dahulu memastikan keuntungan bagi komunitas lokal yaitu masyarakat pengguna di sekitar habitat sehingga pendapatan mereka sebagai petani tetap sejalan dengan tujuan konservasi dari kegiatan domestikasi (Ciliberti et al., 2023).

Berdasarkan analisis literatur yang dipaparkan oleh (Sandryani, 2023), ada beberapa prinsip utama etika lingkungan yang relevan bagi strategi konservasi ikan *Tor soro* antara lain : (a) Etika tanggung jawab yaitu suatu usaha untuk mengurangi dampak negatif terhadap fungsi ekosistem yang menuntut akuntabilitas pelaku konservasi seperti pemerintah, industri, dan masyarakat; (b) Etika keadilan antargenerasi yaitu tuntutan agar kebijakan pemanfaatan sumber daya tidak merugikan masa depan generasi mendatang terkait pemenuhan kebutuhan mereka; (c) Etika partisipasi yaitu kewajiban keikutsertaan dalam setiap pengambilan keputusan konservasi, yang

menekankan keterlibatan masyarakat lokal dan pemangku kepentingan sebagai aktor kunci pelestarian; dan (d) Etika simbiosis/keharmonisan ekosistem yaitu penilaian moral yang mendorong kegiatan pengelolaan keseimbangan dan interdependensi antarbiota serta habitat (Sandryani, 2023).

Mekanisme pelaksanaan etika dalam praktik konservasi masih menurut (Sandryani, 2023) menguraikan sejumlah mekanisme operasional untuk menerjemahkan prinsip etika konservasi menjadi kebijakan dan tindakan praktis, antara lain: pendidikan moral dan lingkungan yang berkelanjutan, penguatan landasan hukum dan pengawasan sektoral, penyusunan insentif bagi praktik usaha ramah lingkungan, serta integrasi nilai-nilai etika ke dalam perencanaan pembangunan dan pengelolaan sumber daya alam. Pelaksanaan kebijakan tersebut memerlukan pendekatan lintas sektoral dan kerjasama erat antara pemerintah, swasta, akademia, serta masyarakat.

Analisa SWOT Domestikasi Ikan Mahseer

Penelitian ini melakukan Analisa SWOT pada Domestikasi *In Situ* Ikan Mahseer (*Tor soro*) di Kalipagu, Baturaden dan Domestikasi *Ex Situ* Ikan Mahseer (*Tor soro*) di Rumah Ikan Dewa Karangtengah Cilongok Banyumas sebagai Upaya memberikan data secara analitik kualitas terkait rujukan domestikasi Ikan Mahseer (*Tor soro*) sebagai salah satu Upaya konservasi ikan endemic di Indonesia. Secara terperinci Analisa SWOT dapat dilihat pada Table 2. Dan Tabel 3.

Tabel 2. Analisa SWOT Domestikasi *In Situ* Ikan Mahseer (*Tor soro*) di Kalipagu, Baturaden

Aspek	Faktor Utama	Uraian Ilmiah dan Analisis Mendalam	Referensi
Strengths (Kekuatan)	Kualitas habitat alami hulu yang masih baik	Kalipagu memiliki aliran hulu dengan kualitas air relatif stabil, oksigen tinggi, dan substrat berbatu yang ideal bagi pemijahan <i>Tor soro</i> . Lingkungan ini mendukung kegiatan domestikasi <i>in situ</i> tanpa mengubah karakter ekologis alami.	(Listyarini et al., 2022) (Donny Iqbal, 2023)

Aspek	Faktor Utama	Uraian Ilmiah dan Analisis Mendalam	Referensi
Weaknesses (Kelemahan)	Nilai sosial dan budaya ikan Mahseer (Ikan Dewa)	<i>Tor soro</i> memiliki nilai kultural dan spiritual bagi masyarakat lokal, sehingga mendorong partisipasi aktif dalam kegiatan konservasi berbasis masyarakat dan ekowisata perairan.	(Donny Iqbal, 2023)
	Kemajuan riset pembenihan dan domestikasi	Penelitian terkini menunjukkan keberhasilan pemijahan buatan dan pembesaran benih <i>Tor soro</i> dengan tingkat sintasan yang meningkat, menjadi modal penting untuk mendukung program pelepasan di habitat alami.	(Arnenda et al., 2023b)
	Dukungan lembaga riset dan akademik	Keterlibatan perguruan tinggi dan instansi perikanan daerah memperkuat kapasitas teknis dalam pembenihan, pengelolaan genetik, serta pemantauan populasi liar.	(Imron et al., 2022; Uddin et al., 2021)
	Risiko erosi genetik akibat populasi kecil	Populasi induk yang terbatas di Kalipagu berisiko kehilangan variasi genetik akibat <i>inbreeding</i> ; hal ini dapat menurunkan adaptabilitas terhadap perubahan lingkungan.	(Imron et al., 2022)
	Keterbatasan protokol teknis pembenihan alami	Meskipun pemijahan buatan berhasil di laboratorium, standar prosedur <i>in situ</i> (suhu, pakan larva, substrat) masih perlu adaptasi untuk kondisi sungai alami.	(Arnenda et al., 2023) (Fadhillah et al., 2022)
	Sumber daya manusia dan fasilitas terbatas	Tenaga teknis dan infrastruktur pendukung (kolam pemeliharaan, sistem monitoring genetik, dan laboratorium lapangan) masih terbatas di tingkat lokal.	(Arifin et al., 2022)
	Risiko penyakit dan hibridisasi	Pengelolaan induk dan benih tanpa kontrol biosekuriti dapat menimbulkan penyakit menular atau hibridisasi dengan spesies lain (<i>Tor douronensis</i>).	(Fadhillah et al., 2022) (Listyarini et al., 2022)

Aspek	Faktor Utama	Uraian Ilmiah dan Analisis Mendalam	Referensi
Opportunities (Peluang)	Integrasi dengan program rehabilitasi habitat	Program <i>in situ</i> dapat dikolaborasikan dengan restorasi riparian (penanaman vegetasi peneduh, pengendalian erosi) untuk memperbaiki ekosistem sungai Kalipagu secara menyeluruh.	(Listyarini et al., 2022)
	Pendanaan dan kemitraan konservasi	Adanya peluang dukungan dana dari instansi lingkungan hidup, CSR pariwisata Baturaden, dan program konservasi biodiversitas ikan endemik.	(Donny Iqbal, 2023)
	Pemanfaatan teknologi genetik dan kriopreservasi	Penerapan kriopreservasi sperma dan analisis DNA dapat menjaga keanekaragaman genetik jangka panjang dan mendukung bank gen <i>Tor soro</i> .	Fadhillah (2022)
	Potensi ekowisata edukatif berbasis konservasi	Domestikasi <i>in situ</i> dapat dikembangkan menjadi objek wisata edukatif dan penelitian konservasi, memperkuat ekonomi lokal serta kesadaran ekologi masyarakat.	(Donny Iqbal, 2023)
Threats (Ancaman)	Degradasi dan fragmentasi habitat	Aktivitas wisata masif, konversi lahan, serta sedimentasi menyebabkan penurunan kualitas air dan hilangnya area pemijahan alami.	(Listyarini et al., 2022)
	Penangkapan berlebih dan perburuan benih	Eksplorasi tanpa izin dapat menekan stok liar, terutama jika tidak diimbangi dengan regulasi tangkap dan penegakan hukum di kawasan konservasi.	(Donny Iqbal, 2023)
	Dampak perubahan iklim	Kenaikan suhu dan fluktuasi curah hujan ekstrem berpotensi mengganggu waktu pemijahan dan meningkatkan mortalitas larva di habitat alami.	(Iskandar et al., 2025)
	Penyakit dan pencemaran biologis	Introduksi ikan non-endemik atau pelepasan ikan hasil budidaya tanpa karantina dapat memperkenalkan patogen baru ke populasi liar.	(Fadhillah et al., 2022)

Tabel 3. Analisa SWOT Domestikasi *Ex Situ* Ikan Mahseer (*Tor soro*) di Rumah Ikan Dewa Karangtengah Cilongok Banyumas

Aspek	Faktor	Uraian ilmiah, konsekuensi operasional	Referensi
Strengths (Kekuatan)	Infrastruktur budidaya & pasar lokal	Rumah Ikan Dewa/ resto & unit budidaya di Karangtengah telah mengoperasikan produksi dan pemasaran ikan dewa sehingga ada jalur pemasaran lokal dan potensi diversifikasi produk (segar/olahan/eduwisata). Keberadaan jaringan pemasaran memperpendek rantai nilai sehingga meningkatkan insentif ekonomi untuk praktik domestikasi terkontrol.	Resto Ikan Dewa di Banyumas Ini, Sediakan Menu Pecak Si Ikan Kahyangan
	Pengetahuan budidaya yang berkembang	Studi-studi pembenihan dan kinerja tumbuh <i>Tor soro</i> (lab/ hatchery) menunjukkan protokol budidaya yang semakin matang (pembenihan, pemberian pakan, periode kultur), sehingga kapasitas teknis ex-situ meningkat. Hal ini penting untuk menghasilkan juveniles berkualitas untuk pasar dan untuk program konservasi terkontrol.	(Arnenda et al., 2023b)
	Nilai gizi dan permintaan konsumen	Profil nutrisi <i>Tor soro</i> (PUFA tinggi) dan daya tarik kuliner lokal mendukung nilai tambah produk budidaya, meningkatkan daya tarik komersial.	(Chasanah et al., 2021)
Weaknesses (Kelemahan)	Risiko domestikasi selektif	Produksi berulang di unit budidaya tanpa manajemen genetik (pemilihan induk, rotasi broodstock, catatan genetik & silsilah) dapat menyebabkan penurunan keragaman genetik, maladaptasi bila terjadi pelepasan, dan menurunnya ketahanan terhadap penyakit.	(Imron et al., 2022)
	Keterbatasan kesehatan	Unit budidaya skala usaha lokal sering belum menerapkan protokol biosekuriti & karantina, skrining patogen, atau manajemen fasilitas sanitasi memadai; meningkatkan risiko wabah yang dapat menghancurkan produksi dan	(Oktavia et al., ini 2024)

Aspek	Faktor	Uraian ilmiah, konsekuensi operasional	Referensi
		berpotensi menularkan patogen ke lingkungan jika ada pelepasan/limbah biologis.	
	Variabilitas kualitas benih standar pakan, suhu, dan teknik pembesaran	Sintasan larva dan performa tumbuh dapat bervariasi antar batch jika standar pakan, suhu, dan teknik pemeliharaan tidak konsisten; membutuhkan SOP dan pelatihan teknis untuk kestabilan produksi.	(Arnenda et al., 2023a)
Opportunities (Peluang)	Diversifikasi pendapatan (resto & budidaya ekowisata)	Integrasi unit budidaya dengan resto (nilai tambah olahan) dan wisata edukatif (kunjungan pembelajaran, demo budidaya) dapat meningkatkan pendapatan lokal dan pembiayaan kegiatan konservasi/budidaya.	Bagi Penggemar Olahan Makanan Ikan Ini, di Banyumas Terdapat Resto Ikan Dewa dengan Harga Terjangkau - Pikiran Rakyat Jateng
	Akses ke riset & dukungan akademik	Tersedianya penelitian nasional terkait pembenihan, genetik, dan pemantauan <i>Tor soro</i> membuka peluang kolaborasi untuk meningkatkan protokol budidaya, manajemen genetik, dan penanganan penyakit.	(Imron et al., 2022)
	Potensi ruang pasar nasional premium	Daya tarik pasar (sebutan “Salmon Van Java” untuk nilai gizi) memungkinkan pengembangan produk premium (fresh, smoked, frozen fillet) dan penetrasi pasar pariwisata Jawa Tengah.	(Chasanah et al., 2021)
Threats (Ancaman)	Penyakit massal & kegagalan produksi	Wabah patogen (bakteri, parasit, virus) dapat menimbulkan mortalitas tinggi; tanpa sistem biosekuriti/karantina, risiko ini menurunkan kepercayaan pasar dan keuntungan ekonomi.	(Oktavia et al., 2024)
	Tekanan pengambilan liar & subordinasi konservasi	Jika budidaya komersial mendorong pengambilan induk dari alam atau pelepasan sembarangan, hal ini dapat merusak populasi liar dan	(Gustiano et al., 2013)

Aspek	Faktor	Uraian ilmiah, konsekuensi operasional	Referensi
		menyebabkan masalah genetik/lingkungan.	
	Perubahan iklim & ketersediaan sumber air	Fluktuasi suhu dan kualitas air mengancam stabilitas kultur (sintasan, feed conversion) dan dapat memaksa penyesuaian teknis yang memerlukan biaya.	(Gustiano et al., 2013)

Strategi Adaptasi dan Mitigasi Lanjutan

Kegiatan domestikasi dengan tujuan konservasi tanpa diikuti upaya memperbaiki habitat asli biota endemik tersebut tentu tidak akan menghasilkan populasi liar yang berkelanjutan. Oleh karena itu, program domestikasi ikan Mahseer harus dikombinasikan dengan rehabilitasi habitat seperti penanaman riparian, pengurangan pencemaran, penanganan dampak polutan, pembuatan jalur migrasi, dan mitigasi hambatan sungai seperti fish passage di bendungan (Silva *et al.*, 2018). Jalinan kerja sama antar lembaga akademik, pemerintah baik Pemerintah Daerah atau Pemerintah Pusat, dan LSM sangat diperlukan untuk mendukung keberhasilan upaya konservasi biota endemik melalui kegiatan domestikasi.

Strategi lanjutan untuk domestikasi ikan Mahseer melibatkan kombinasi adaptasi (menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan) dan mitigasi (mengurangi dampak negatif) dengan fokus pada peningkatan infrastruktur, penguatan kelembagaan, adopsi inovasi terbaru dan peningkatan kualitas sumber daya manusia. Sebagai tambahan adaptasi ekologis seperti revitalisasi habitat dan diversifikasi misalnya diversifikasi jenis pakan juga penting, sejalan dengan upaya mitigasi melalui pengurangan emisi dan pengelolaan risiko yang lebih baik (Chen *et al.*, 2023).

Strategi Adaptasi Lanjutan dalam domestikasi ikan Mahseer (*Tor soro*) dalam bentuk adaptasi infrastruktur dan ekologis seperti infrastruktur kolam

yang tahan bencana dengan membangun kolam budidaya yang lebih tahan terhadap cuaca ekstrem (banjir, gelombang pasang) seperti tanggul dan pemecah gelombang di sekitar area budidaya, rehabilitasi dan pemulihan habitat yaitu memulihkan habitat alami ikan mahseer termasuk sungai dan area sekitarnya untuk menjaga kualitas air dan mendukung siklus hidup ikan (Chen *et al.*, 2023) dan diversifikasi pakan yaitu dengan mengembangkan dan menggunakan jenis pakan yang lebih beragam dan tahan terhadap perubahan iklim serta dapat memenuhi kebutuhan nutrisi Mahseer secara optimal.

Strategi dalam bentuk adaptasi kelembagaan dan sosial yaitu penguatan kelembagaan dengan membangun kemitraan antara pemerintah, akademisi, dan pelaku usaha untuk mengkaji rencana dan strategi yang kondusif yang bisa mendukung domestikasi Mahseer secara berkelanjutan (Jolly *et al.*, 2023); dan Sosialisasi serta Pelatihan untuk mengedukasi masyarakat tentang risiko perubahan iklim yang rentan terjadi dalam domestikasi dan cara mengatasinya. Selain itu juga memberikan pelatihan tentang teknik budidaya yang inovatif dan adaptif, integrasi dengan perencanaan wilayah dengan upaya memasukkan isu domestikasi Mahseer kajian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Rencana Pembangunan Daerah (RPJMD) untuk memastikan keberlanjutannya (FAO, 2019).

Adaptasi Teknologi yang meliputi Adopsi Teknologi Budidaya dengan menerapkan teknologi modern dalam pemeliharaan, pemantauan, dan pengelolaan kualitas air kolam untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, pengembangan genetik dengan melakukan riset untuk meningkatkan jenis ikan Mahseer yang lebih tangguh dan kokoh dalam menghadapi dinamika ekologis (Abisha *et al.*, 2022).

Mitigasi Bencana dan Pengelolaan Risiko dalam kegiatan Domestikasi ikan Mahseer (*Tor soro*) antara lain dalam bentuk kegiatan seperti: (1) Implementasi sistem peringatan dini bencana berbasis data dan teknologi untuk

memberikan informasi akurat tentang potensi risiko banjir, kekeringan, atau cuaca ekstrem (Buurman *et al.*, 2014); (2) Diversifikasi Usaha Budidaya ikan endemik sungai dimana budidaya tidak cuma pada komoditas ikan Mahseer, tetapi juga diversifikasi ke jenis ikan endemik yang lain dengan penggunaan sistem smart aquaculture (Puthumana *et al.*, 2024); (3) Kemitraan Asuransi dengan mempertimbangkan skema asuransi untuk melindungi usaha budidaya biota endemik dari kerugian akibat bencana alam/force major (Adams, 2020).

Secara lebih terperinci strategi adaptasi dan mitigasi dalam domestikasi Ikan Mahseer terlihat pada Tabel 1.

Tabel 4. Strategi Adaptasi dan Mitigasi Domestikasi Ikan Mahseer (*Tor soro*)

Kategori Strategi	Bentuk Strategi / Pendekatan	Deskripsi Kegiatan Utama	Tujuan / Dampak Positif
Rehabilitasi Habitat (Mitigasi Lingkungan)	Penanaman vegetasi riparian	Menanam vegetasi di tepi sungai untuk menjaga kualitas air dan mengurangi erosi.	Memulihkan ekosistem sungai alami dan menyediakan area pemijahan alami.
	Pengurangan pencemaran dan polutan	Mengendalikan limbah pertanian, industri, dan rumah tangga di sekitar habitat ikan.	Meningkatkan kualitas air dan kelangsungan hidup ikan.
	Pembuatan jalur migrasi & fish passage	Membangun jalur migrasi di bendungan agar ikan dapat berpindah antar habitat.	Mempertahankan konektivitas ekosistem dan siklus hidup Mahseer.
Adaptasi Infrastruktur	Pembangunan kolam tahan bencana	Mendesain kolam budidaya dengan tanggul dan pemecah gelombang untuk menghadapi cuaca ekstrem.	Mengurangi risiko kerusakan akibat banjir, hujan ekstrem, dan perubahan iklim.
	Revitalisasi habitat alami	Rehabilitasi sungai dan daerah sekitarnya agar kualitas air tetap baik untuk budidaya dan konservasi.	Menjamin keberlanjutan ekosistem alami ikan Mahseer.
Adaptasi Ekologis	Diversifikasi pakan	Mengembangkan jenis pakan yang beragam dan tahan terhadap perubahan iklim.	Memenuhi kebutuhan nutrisi ikan secara optimal dan meningkatkan efisiensi budidaya.

Kategori Strategi	Bentuk Strategi / Pendekatan	Deskripsi Kegiatan Utama	Tujuan / Dampak Positif
Adaptasi Kelembagaan dan Sosial	Penguatan kelembagaan	Membangun kemitraan antara pemerintah, akademisi, dan pelaku usaha untuk mendukung kebijakan domestikasi berkelanjutan.	Meningkatkan efektivitas tata kelola dan implementasi program konservasi.
	Sosialisasi & pelatihan masyarakat	Memberikan edukasi dan pelatihan teknik budidaya adaptif terhadap perubahan iklim.	Meningkatkan kapasitas masyarakat dan ketahanan sistem budidaya.
	Integrasi ke perencanaan wilayah (RTRW, RPJMD)	Memasukkan isu domestikasi dan konservasi ikan Mahseer dalam kebijakan pembangunan daerah.	Memastikan keberlanjutan program domestikasi melalui dukungan kebijakan formal.
Mitigasi Sosial dan Teknologi	Pengurangan emisi dan manajemen risiko	Menerapkan teknologi ramah lingkungan dan sistem pengelolaan air tertutup.	Mengurangi dampak negatif budidaya terhadap lingkungan dan iklim.
Kolaborasi Multi Pihak	Sinergi akademik–pemerintah–LSM	Kolaborasi lintas lembaga untuk konservasi dan pengelolaan Mahseer endemik.	Meningkatkan efektivitas konservasi jangka panjang.

Kesimpulan

- 1) Kegiatan domestikasi dapat berkontribusi pada konservasi melalui : (a) kegiatan penyediaan stok untuk restocking/augmentasi populasi liar (in situ); (b) kegiatan pemeliharaan cadangan genetik di fasilitas pembenihan (ex situ); dan (c) kegiatan penelitian tentang fisiologi dan perilaku yang sulit dilakukan di lapangan.
- 2) Langkah-langkah operasional yang direkomendasikan untuk program domestikasi *Tor soro* yang berorientasi akhir pada konservasi yaitu Survei Awal dan Identifikasi Unit Konservasi, Desain Fasilitas Pembenihan Ramah Ekologi, Manajemen Induk dan Pemijahan, Perawatan Larva dan Pembesaran Juvenil, Program Pemuliaan untuk Menjaga Variasi Genetik, Uji Rilis dan Monitoring Post-Release, dan Pengelolaan Risiko.

- 3) Beberapa prinsip utama etika lingkungan yang relevan bagi strategi konservasi ikan *Tor soro* antara lain : (a) Etika tanggung jawab pelaku konservasi (pemerintah, industri, masyarakat); (b) Etika keadilan antargenerasi; (c) Etika partisipasi, dan (d) Etika simbiosis/keharmonisan ekosistem.
- 4) Strategi Adaptasi Lanjutan dalam domestikasi ikan Mahseer (*Tor soro*) meliputi : (1) Adaptasi infrastruktur dan ekologis; (2) adaptasi kelembagaan dan sosial; dan (3) Adaptasi Teknologi. Sedangkan Mitigasi Bencana dan Pengelolaan Risiko dalam kegiatan Domestikasi ikan Mahseer (*Tor soro*) antara lain dalam bentuk kegiatan seperti : (1) Pengembangan Sistem Peringatan Dini; (2) Diversifikasi Usaha Budidaya ikan endemik; dan (3) Kemitraan Asuransi untuk kerugian akibat bencana alam (force major).

Ucapan Terima Kasih

Teriring ucapan terima kasih yang tulus atas arahan dan bimbingan dalam penulisan makalah ini untuk :

- 1) Dr. Andin Taryoto, untuk arahan dan evaluasi terkait isi makalah
- 2) Dr. Nuning Vita Hidayati, S.Pi, M.Si., PhD selaku Dosen Mata Kuliah Manajemen Sumber Daya Akuatik Berkelanjutan Pasca Sarjana MSDA Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto untuk segala bimbingan dan koreksi dari isi makalah.

Daftar Pustaka

- Abisha, R., Krishnani, K. K., Sukhdhane, K., Verma, A. K., Brahmane, M., & Chadha, N. K. (2022). Sustainable development of climate-resilient aquaculture and culture-based fisheries through adaptation of abiotic stresses: a review. *Journal of Water and Climate Change*, 13(7), 2671–2689. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.045>
- Adams, D. M. (2020). FAO's Blue Growth Initiative. Blue guidance finance notes: Aquaculture insurance for small-scale producers. *Food and Agriculture Organization of the United Nations Fisheries and Aquaculture*

- Department, 12. <https://www.fao.org/3/ca8745en/CA8745EN.pdf>
- Arnenda, G. L., Kurniawan, K., Radona, D., Cahyanti, W., Prakoso, V. A., Ath-Thar, M. H. F., Putri, F. P., Prihadi, T. H., & Kusmini, I. I. (2023a). Growth performance of hatchery-reared mahseer (Tor soro) based on different cultural periods. *E3S Web of Conferences*, 442, 02016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344202016>
- Arnenda, G. L., Kurniawan, K., Radona, D., Cahyanti, W., Prakoso, V. A., Ath-Thar, M. H. F., Putri, F. P., Prihadi, T. H., & Kusmini, I. I. (2023b). Growth performance of hatchery-reared mahseer (Tor soro) based on different cultural periods. *E3S Web of Conferences*, 442, 1–9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344202016>
- Bordeleau, X., Hatcher, B. G., Denny, S., Fast, M. D., Whoriskey, F. G., Patterson, D. A., & Crossin, G. T. (2018). Consequences of captive breeding: Fitness implications for wild-origin, hatchery-spawned Atlantic salmon kelts upon their return to the wild. *Biological Conservation*, 225, 144–153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.033>
- Bursamin, E. a. (2015). *ANALISIS KEBERLANJUTAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN DAERAH ALI- RAN SUNGAI AIR BENGKULU BERBASIS KEMASYARAKATAN*. 188–191.
- Buurman, J., Dahm, R., & Goedbloed, A. (2014). Monitoring and Early Warning Systems for Droughts: Lessons from Floods. *SSRN Electronic Journal, October*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2518758>
- Chasanah, E., Fithriani, D., Poernomo, A., Halim Jeinie, M., & Huda, N. (2021). The nutritional profile of indonesian salmon van Java mahseer T. soro species. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 566–574. <https://doi.org/10.5219/1552>
- Chen, Q., Li, Q., Lin, Y., Zhang, J., Xia, J., Ni, J., Cooke, S. J., Best, J., He, S., Feng, T., Chen, Y., Tonina, D., Benjankar, R., Birk, S., Fleischmann, A. S., Yan, H., & Tang, L. (2023). River Damming Impacts on Fish Habitat and Associated Conservation Measures. *Reviews of Geophysics*, 61(4), 1–64. <https://doi.org/10.1029/2023RG000819>
- Chew, P. C., Christianus, A., Zudaity, J. M., Ina-salwany, Y., Chong, C. M., & Tan, S. G. (2021). *for Improvement of Broodstock Management and Utilization*. 1–28.
- Ciliberti, R., Alfano, L., & Petralia, P. (2023). Ethics in aquaculture: animal welfare and environmental sustainability. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 64(4), E443–E447. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2023.64.4.3136>
- Diakos, E., Chevalier, C., Shahjahan, M., Hardy, A., Lambert, S., Kestemont, P., Fontaine, P., Pasquet, A., & Lecocq, T. (2024). Early impact of domestication on aggressiveness, activity, and stress behaviors in zebrafish (Danio rerio) using mirror test and automated videotracking. *Scientific*

- Reports*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71451-x>
- Donny Iqbal. (2023). Ikan Dewa, Pelindung Mata Air Sedari Nenek Moyang. *Mongabay.Co.Id*, 1–9. <https://mongabay.co.id/2023/04/21/ikan-dewa-pelindung-mata-air-sedari-nenek-moyang/>
- Fadhillah, Pamungkas, M. A. B., Kristanto, A. H., Lestari, R., & Abinawanto. (2022). The Effects of Brown Sugar as a Natural Cryoprotectant on Tor Soro (Valenciennes 1842) Spermatozoa Quality. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(3), 1–13. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.3.1>
- FAO. (2019). *FAO's work on climate change - Fisheries & aquaculture*.
- Glibert, P. M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity — Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine Pollution Bulletin*, 124(2), 591–606. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.027>
- Gustiano, R., Kontara, E. K., Wahyuningsih, H., Subagja, J., Asih, S., & Saputr, A. (2013). Domestication of Mahseer (Tor soro) in Indonesia. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 78(4), 165–168.
- Haser, T. F., Supriyono, E., Radona, D., Azmi, F., Nirmala, K., Prihadi, T. H., Budiardi, T., & Valentine, R. Y. (2021). *Reproductive Biology of Mahseer (Tor tambroides) from Atu Suasah and Lawe Melang Rivers in Aceh Province to Support Sustainable Fisheries Management Teuku*. 1–7.
- Imron, I., Asrori, A., Umam, K., Arifin, O. Z., & Astuti, D. N. (2022). Cross-Species Amplification and Variability of Microsatellite DNA Markers in Domesticated Indonesian Mahseer; A Case Study with Tor soro, Tor douronensis and their Interspecific Hybrids. *HAYATI Journal of Biosciences*, 29(3), 409–416. <https://doi.org/10.4308/hjb.29.3.409-416>
- Iskandar, N. S., Noor, N. M., Cob, Z. C., Das, S. K., & Abdullah, M. A. A. (2025). Climate-driven physiological changes in Mahseer (Tor tambroides) juveniles. *Scientific Reports*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13762-1>
- Jaafar, F., Na-Nakorn, U., Srisapoome, P., Amornsakun, T., Duong, T. Y., Gonzales-Plasus, M. M., Hoang, D. H., & Parhar, I. S. (2021). A current update on the distribution, morphological features, and genetic identity of the southeast asian mahseers, tor species. *Biology*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/biology10040286>
- Jolly, C. M., Nyandat, B., Yang, Z., Ridler, N., Matias, F., Zhang, Z., Murekezi, P., & Menezes, A. (2023). Dynamics of aquaculture governance. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(2), 427–481. <https://doi.org/10.1111/jwas.12967>
- Latuconsina, H. (2020). *Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman, dan Pengelolaannya*. Gadjah Mada University Press.

- Yogyakarta. May, 1–32.
- Listyarini, D. W., Sulmartiwi, L., Hasan, V., & Andriyono, S. (2022). Karakteristik Morfologi Dua Spesies Mahseer (Cyprinidae; Torinae) Asal Jawa Timur. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 5(2), 171. <https://doi.org/10.15578/jkpt.v5i2.11781>
- Milla, S., Pasquet, A., El Mohajer, L., & Fontaine, P. (2021). How domestication alters fish phenotypes. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 388–405. <https://doi.org/10.1111/raq.12480>
- Oktavia, N., Prakoso, V. A., Kamal, M. M., Arifin, O. Z., Subagja, J., Kurniawan, K., Iswantari, A., Kusmini, I. I., Irawan, D., Cahyanti, W., Radona, D., Putri, F. P., Bosman, O., Wibowo, A., Kristanto, A. H., & Gustiano, R. (2024). GROWTH AND PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF TINFOIL BARB (*Barbonymus schwanenfeldii* Bleeker, 1854) TO pH VARIABILITY. *Indonesian Aquaculture Journal*, 19(1), 35. <https://doi.org/10.15578/iaj.19.1.2024.35-44>
- Pasquet, A. (2019). Effects of Domestication on Fish Behaviour. *Animal Domestication*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78752>
- Pinder, A. C., Britton, J. R., Harrison, A. J., Nautiyal, P., Bower, S. D., Cooke, S. J., Lockett, S., Everard, M., Katwate, U., Ranjeet, K., Walton, S., Danylchuk, A. J., Dahanukar, N., & Raghavan, R. (2019). Mahseer (*Tor* spp.) fishes of the world: status, challenges and opportunities for conservation. In *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (Vol. 29, Issue 2). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09566-y>
- Puthumana, J., Chandrababu, A., Sarasan, M., Joseph, V., & Singh, I. S. B. (2024). Genetic improvement in edible fish: status, constraints, and prospects on CRISPR-based genome engineering. *3 Biotech*, 14(2), 1–26. <https://doi.org/10.1007/s13205-023-03891-7>
- Sandryani, et al. (2023). *Penerapan Etika Dalam Menjaga Kelestarian Lingkungan*. September, 1–17. <https://doi.org/10.11111/nusantara.xxxxxxx>
- Silva, A. T., Lucas, M. C., Castro-Santos, T., Katopodis, C., Baumgartner, L. J., Thiem, J. D., Aarestrup, K., Pompeu, P. S., O'Brien, G. C., Braun, D. C., Burnett, N. J., Zhu, D. Z., Fjeldstad, H. P., Forseth, T., Rajaratnam, N., Williams, J. G., & Cooke, S. J. (2018). The future of fish passage science, engineering, and practice. *Fish and Fisheries*, 19(2), 340–362. <https://doi.org/10.1111/faf.12258>
- Subagja Jojo., Sulhi M., Asih S., & Haryono H. (2009). Aspek Ekologi Ikan Kancera (*Tor soro*) Kuningan dan Pematangan Gonad Melalui Implantasi Hormon Gonadotropin (HCG). *Jurnal Biologi Indonesia*, 5(3), 259–267. <https://jurnalbiologi.perbiol.or.id/public/home/search?query=gonadal+maturation>

- Teletchea, F. (2019). Fish domestication in aquaculture: Reassessment and emerging questions. *Cybium*, 43(1), 7–15. <https://doi.org/10.26028/cybium/2019-431-001>
- Uddin, M. M., Schneider, P., Asif, M. R. I., Rahman, M. S., Arifuzzaman, & Mozumder, M. M. H. (2021). Article fishery-based ecotourism in developing countries can enhance the social-ecological resilience of coastal fishers—a case study of bangladesh. *Water (Switzerland)*, 13(3), 1–21. <https://doi.org/10.3390/w13030292>
- Abisha, R., Krishnani, K. K., Sukhdhane, K., Verma, A. K., Brahmane, M., & Chadha, N. K. (2022). Sustainable development of climate-resilient aquaculture and culture-based fisheries through adaptation of abiotic stresses: a review. *Journal of Water and Climate Change*, 13(7), 2671–2689. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.045>
- Adams, D. M. (2020). FAO's Blue Growth Initiative. Blue guidance finance notes: Aquaculture insurance for small-scale producers. *Food and Agriculture Organization of the United Nations Fisheries and Aquaculture Department*, 12. <https://www.fao.org/3/ca8745en/CA8745EN.pdf>
- Arnenda, G. L., Kurniawan, K., Radona, D., Cahyanti, W., Prakoso, V. A., Ath-Thar, M. H. F., Putri, F. P., Prihadi, T. H., & Kusmini, I. I. (2023a). Growth performance of hatchery-reared mahseer (Tor soro) based on different cultural periods. *E3S Web of Conferences*, 442, 02016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344202016>
- Arnenda, G. L., Kurniawan, K., Radona, D., Cahyanti, W., Prakoso, V. A., Ath-Thar, M. H. F., Putri, F. P., Prihadi, T. H., & Kusmini, I. I. (2023b). Growth performance of hatchery-reared mahseer (Tor soro) based on different cultural periods. *E3S Web of Conferences*, 442, 1–9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344202016>
- Bordeleau, X., Hatcher, B. G., Denny, S., Fast, M. D., Whoriskey, F. G., Patterson, D. A., & Crossin, G. T. (2018). Consequences of captive breeding: Fitness implications for wild-origin, hatchery-spawned Atlantic salmon kelts upon their return to the wild. *Biological Conservation*, 225, 144–153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.033>
- Bursamin, E. a. (2015). *ANALISIS KEBERLANJUTAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN DAERAH ALI- RAN SUNGAI AIR BENGKULU BERBASIS KEMASYARAKATAN*. 188–191.
- Buurman, J., Dahm, R., & Goedbloed, A. (2014). Monitoring and Early Warning Systems for Droughts: Lessons from Floods. *SSRN Electronic Journal*, October. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2518758>
- Chasanah, E., Fithriani, D., Poernomo, A., Halim Jeinie, M., & Huda, N. (2021). The nutritional profile of indonesian salmon van Java mahseer T. soro species. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 566–574. <https://doi.org/10.5219/1552>

- Chen, Q., Li, Q., Lin, Y., Zhang, J., Xia, J., Ni, J., Cooke, S. J., Best, J., He, S., Feng, T., Chen, Y., Tonina, D., Benjankar, R., Birk, S., Fleischmann, A. S., Yan, H., & Tang, L. (2023). River Damming Impacts on Fish Habitat and Associated Conservation Measures. *Reviews of Geophysics*, *61*(4), 1–64. <https://doi.org/10.1029/2023RG000819>
- Chew, P. C., Christianus, A., Zudaity, J. M., Ina-salwany, Y., Chong, C. M., & Tan, S. G. (2021). *for Improvement of Broodstock Management and Utilization*. 1–28.
- Ciliberti, R., Alfano, L., & Petralia, P. (2023). Ethics in aquaculture: animal welfare and environmental sustainability. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, *64*(4), E443–E447. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2023.64.4.3136>
- Diakos, E., Chevalier, C., Shahjahan, M., Hardy, A., Lambert, S., Kestemont, P., Fontaine, P., Pasquet, A., & Lecocq, T. (2024). Early impact of domestication on aggressiveness, activity, and stress behaviors in zebrafish (*Danio rerio*) using mirror test and automated videotracking. *Scientific Reports*, *14*(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71451-x>
- Donny Iqbal. (2023). Ikan Dewa, Pelindung Mata Air Sedari Nenek Moyang. *Mongabay.Co.Id*, 1–9. <https://mongabay.co.id/2023/04/21/ikan-dewa-pelindung-mata-air-sedari-nenek-moyang/>
- Fadhillah, Pamungkas, M. A. B., Kristanto, A. H., Lestari, R., & Abinawanto. (2022). The Effects of Brown Sugar as a Natural Cryoprotectant on Tor Soro (*Valenciennes 1842*) Spermatozoa Quality. *Journal of Human University Natural Sciences*, *49*(3), 1–13. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.3.1>
- FAO. (2019). *FAO's work on climate change - Fisheries & aquaculture*.
- Glibert, P. M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity — Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine Pollution Bulletin*, *124*(2), 591–606. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.027>
- Gustiano, R., Kontara, E. K., Wahyuningsih, H., Subagja, J., Asih, S., & Saputr, A. (2013). Domestication of Mahseer (*Tor soro*) in Indonesia. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, *78*(4), 165–168.
- Haser, T. F., Supriyono, E., Radona, D., Azmi, F., Nirmala, K., Prihadi, T. H., Budiardi, T., & Valentine, R. Y. (2021). *Reproductive Biology of Mahseer (Tor tambroides) from Atu Suasah and Lawe Melang Rivers in Aceh Province to Support Sustainable Fisheries Management Teuku*. 1–7.
- Imron, I., Asrori, A., Umam, K., Arifin, O. Z., & Astuti, D. N. (2022). Cross-Species Amplification and Variability of Microsatellite DNA Markers in Domesticated Indonesian Mahseer; A Case Study with *Tor soro*, *Tor douronensis* and their Interspecific Hybrids. *HAYATI Journal of*

- Biosciences*, 29(3), 409–416. <https://doi.org/10.4308/hjb.29.3.409-416>
- Iskandar, N. S., Noor, N. M., Cob, Z. C., Das, S. K., & Abdullah, M. A. A. (2025). Climate-driven physiological changes in Mahseer (*Tor tambroides*) juveniles. *Scientific Reports*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13762-1>
- Jaafar, F., Na-Nakorn, U., Srisapoome, P., Amornsakun, T., Duong, T. Y., Gonzales-Plasus, M. M., Hoang, D. H., & Parhar, I. S. (2021). A current update on the distribution, morphological features, and genetic identity of the southeast asian mahseers, tor species. *Biology*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/biology10040286>
- Jolly, C. M., Nyandat, B., Yang, Z., Ridler, N., Matias, F., Zhang, Z., Murekezi, P., & Menezes, A. (2023). Dynamics of aquaculture governance. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(2), 427–481. <https://doi.org/10.1111/jwas.12967>
- Latuconsina, H. (2020). *Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman, dan Pengelolaannya*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. May, 1–32.
- Listyarini, D. W., Sulmartiwi, L., Hasan, V., & Andriyono, S. (2022). Karakteristik Morfologi Dua Spesies Mahseer (Cyprinidae; Torinae) Asal Jawa Timur. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 5(2), 171. <https://doi.org/10.15578/jkpt.v5i2.11781>
- Milla, S., Pasquet, A., El Mohajer, L., & Fontaine, P. (2021). How domestication alters fish phenotypes. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 388–405. <https://doi.org/10.1111/raq.12480>
- Oktavia, N., Prakoso, V. A., Kamal, M. M., Arifin, O. Z., Subagja, J., Kurniawan, K., Iswantari, A., Kusmini, I. I., Irawan, D., Cahyanti, W., Radona, D., Putri, F. P., Bosman, O., Wibowo, A., Kristanto, A. H., & Gustiano, R. (2024). GROWTH AND PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF TINFOIL BARB (*Barbonymus schwanenfeldii* Bleeker, 1854) TO pH VARIABILITY. *Indonesian Aquaculture Journal*, 19(1), 35. <https://doi.org/10.15578/iaj.19.1.2024.35-44>
- Pasquet, A. (2019). Effects of Domestication on Fish Behaviour. *Animal Domestication*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78752>
- Pinder, A. C., Britton, J. R., Harrison, A. J., Nautiyal, P., Bower, S. D., Cooke, S. J., Lockett, S., Everard, M., Katwate, U., Ranjeet, K., Walton, S., Danylchuk, A. J., Dahanukar, N., & Raghavan, R. (2019). Mahseer (*Tor* spp.) fishes of the world: status, challenges and opportunities for conservation. In *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (Vol. 29, Issue 2). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09566-y>
- Puthumana, J., Chandrababu, A., Sarasan, M., Joseph, V., & Singh, I. S. B. (2024). Genetic improvement in edible fish: status, constraints, and

- prospects on CRISPR-based genome engineering. *3 Biotech*, *14*(2), 1–26.
<https://doi.org/10.1007/s13205-023-03891-7>
- Sandryani, et al. (2023). *Penerapan Etika Dalam Menjaga Kelestarian Lingkungan*.
September, 1–17.
<https://doi.org/10.11111/nusantara.xxxxxxx>
- Silva, A. T., Lucas, M. C., Castro-Santos, T., Katopodis, C., Baumgartner, L. J., Thiem, J. D., Aarestrup, K., Pompeu, P. S., O'Brien, G. C., Braun, D. C., Burnett, N. J., Zhu, D. Z., Fjeldstad, H. P., Forseth, T., Rajaratnam, N., Williams, J. G., & Cooke, S. J. (2018). The future of fish passage science, engineering, and practice. *Fish and Fisheries*, *19*(2), 340–362.
<https://doi.org/10.1111/faf.12258>
- Subagja Jojo., Sulhi M., Asih S., & Haryono H. (2009). Aspek Ekologi Ikan Kancera (Tor soro) Kuningan dan Pematangan Gonad Melalui Implantasi Hormon Gonadotropin (HCG). *Jurnal Biologi Indonesia*, *5*(3), 259–267.
<https://jurnalbiologi.perbiol.or.id/public/home/search?query=gonadal+maturaturation>
- Teletchea, F. (2019). Fish domestication in aquaculture: Reassessment and emerging questions. *Cybium*, *43*(1), 7–15.
<https://doi.org/10.26028/cybium/2019-431-001>
- Uddin, M. M., Schneider, P., Asif, M. R. I., Rahman, M. S., Arifuzzaman, & Mozumder, M. M. H. (2021). Article fishery-based ecotourism in developing countries can enhance the social-ecological resilience of coastal fishers—a case study of bangladesh. *Water (Switzerland)*, *13*(3), 1–21. <https://doi.org/10.3390/w13030292>