

## Histological Analysis of Gills and Liver of *Tor Tambroides* Bleeker, 1854 in Air Dingin River, Padang City

Gabriella Jessica Agatha<sup>1</sup>, Sandi Fransisco Pratama<sup>1\*</sup>, Yusni Atifah<sup>1</sup>, Fadilaturahmah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Indonesia

\*Corresponding author: [sfpratama@fmipa.unp.ac.id](mailto:sfpratama@fmipa.unp.ac.id)

Received March 25, 2026

Revised April 24, 2026

Accepted April 27, 2026

**ABSTRACT.** *Air Dingin River in Padang City is an important aquatic ecosystem that serves as a habitat for freshwater biota and a source of raw water for the community. Anthropogenic activities around the river have the potential to reduce water quality and impact aquatic organisms. This study aims to analyze the histological description of the gills and liver of *Tor tambroides* Bleeker, 1854 in the waters of the Air Dingin River, Padang City. This study uses a descriptive method with a qualitative and quantitative approaches. Sampling was carried out at three locations, namely the upper reaches of the river, the area around the PDAM intake, and the lower reaches of the river. The samples consisted of three individuals of garing fish at each point. The gill and liver organs were fixed using Bouin's solution, then histological preparations were made using the paraffin method and Hematoxylin Eosin (HE) staining. The water quality parameters measured included temperature and pH. The results showed that histological changes were found in the gills and liver, including hyperplasia, lamella fusion, distortion, epithelial lifting, and edema in the gills, as well as hepatocyte degradation, sinusoid dilation, and vacuolar degeneration in the liver. The level of tissue damage at all locations was classified as mild (<25%), with the highest value found at downstream of the river. Water quality parameters were still within the tolerance range for fish life, but showed signs of environmental pressure.*

**Keywords:** histology, gills, liver, *Tor tambroides*.

**ABSTRAK.** Sungai Air Dingin, Kota Padang, merupakan ekosistem perairan penting yang berfungsi sebagai habitat biota air tawar dan sumber air baku bagi masyarakat. Aktivitas antropogenik di sekitar sungai berpotensi menurunkan kualitas perairan dan berdampak pada organisme akuatik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gambaran histologi insang dan hati *Tor tambroides* Bleeker, 1854 di perairan Sungai Air Dingin, Kota Padang. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik lokasi, yaitu hulu sungai, area sekitar intake PDAM, dan hilir sungai. Sampel berupa ikan garing sebanyak tiga individu pada setiap titik. Organ insang dan hati difiksasi menggunakan larutan *Bouin*, kemudian dibuat preparat histologi dengan metode parafin dan pewarnaan *Hematoxylin Eosin* (HE). Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, dan pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur histologi insang dan hati ditemukan perubahan histopatologis berupa hiperplasia, fusi lamela, distorsi, *epithelium lifting*, dan edema pada insang, serta degradasi hepatosit, dilatasi sinusoid, dan degenerasi vakuola pada hati. Tingkat kerusakan jaringan pada seluruh lokasi tergolong ringan (<25%), dengan nilai tertinggi

ditemukan pada hilir sungai. Parameter kualitas air masih berada dalam kisaran toleransi bagi kehidupan ikan, namun menunjukkan adanya tekanan lingkungan.

**Kata kunci:** histologi, insang, hati, *Tor tambroides*.

## 1. PENDAHULUAN

Sungai Air Dingin yang terletak di kawasan Lubuk Minturun merupakan salah satu ekosistem perairan penting di Kota Padang (Samin *et al.*, 2024). Sungai Air Dingin memiliki fungsi strategis sebagai salah satu sumber air baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Kota Padang (Paradis *et al.*, 2024). Sungai sebagai sumber air baku PDAM yang sehat merupakan sumber air minum yang penting bagi kesehatan masyarakat (Maiasnita & Darwis, 2024). Selain itu, sungai yang bersih juga penting untuk kelangsungan hidup ekosistem di dalamnya (Rahmayanti *et al.*, 2022). Namun, peningkatan limbah rumah tangga, industri, dan pertanian yang mengandung bahan kimia berbahaya telah menyebabkan penurunan drastis kualitas air sungai (Harefa *et al.*, 2025). Tingkat pencemaran suatu perairan umumnya dapat dinilai melalui parameter fisika, kimia, dan biologi sederhana yang dibandingkan dengan baku mutu air, sehingga memungkinkan pengelompokan kondisi perairan ke dalam kategori tercemar rendah, sedang, hingga tinggi (Atifah *et al.*, 2023).

Aktivitas manusia yang mendirikan pemukiman dan beraktivitas di sepanjang Sungai Air Dingin berdampak langsung pada penurunan kualitas sungai. Kondisi ini dapat memicu erosi, sedimentasi, longsor, banjir, serta mengganggu ekosistem sungai (Fajri *et al.*, 2022). Kualitas sumber air baku di Sungai Air Dingin perlu dipantau secara berkelanjutan (Afrilia *et al.*, 2022). Ikan merupakan salah satu organisme yang dapat menggambarkan dampak aktivitas manusia di ekosistem sungai (Purwanto *et al.*, 2020).

Beberapa penelitian yang menggunakan ikan diantaranya, ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) di Perairan Teluk Kupang NTT (Lukmini *et al.*, 2024), ikan mujair (*Oreochromis mossambicus* L.) di Lagoon Nusa Dua Bali (Lestari *et al.*, 2018), ikan timpakul (*Periophthalmodon schlosseri*) di Muara Sungai Barito (Santoso & Hidayaturrahmah, 2021), ikan betok (*Anabas testudineus*) di Sungai Desa Geluran Kabupaten Sidoarjo (Prasetyo *et al.*, 2023) dan ikan keting (*Mystus nigriceps*) di Hilir Sungai Welang Pasuruan (Oktavianti, 2021) dan ikan garing (*Tor tambroides*) di Sungai Jorong Ikan Banyak, Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat (Fizikri *et al.*, 2018). Namun, belum terdapat penelitian mengenai *Tor tambroides* di perairan Sungai Air Dingin, Kota Padang.

Salah satu ikan yang potensial di Sungai Air Dingin adalah ikan garing (*Tor tambroides* Bleeker, 1854). Ikan garing (*Tor tambroides*) merupakan spesies asli perairan Sumatera Barat yang termasuk famili Cyprinidae (Syofriani *et al.*, 2024). Ikan ini dikenal sensitif terhadap perubahan kualitas air, hidup di perairan berarus deras dengan kecerahan tinggi, dasar berbatu, suhu rendah, dan oksigen terlarut tinggi (Akbar *et al.*, 2025). Sensitivitas ikan terhadap pencemaran perairan terutama terlihat pada organ insang dan hati (Moneim *et al.*, 2012). Kerusakan histologi pada insang dapat berupa

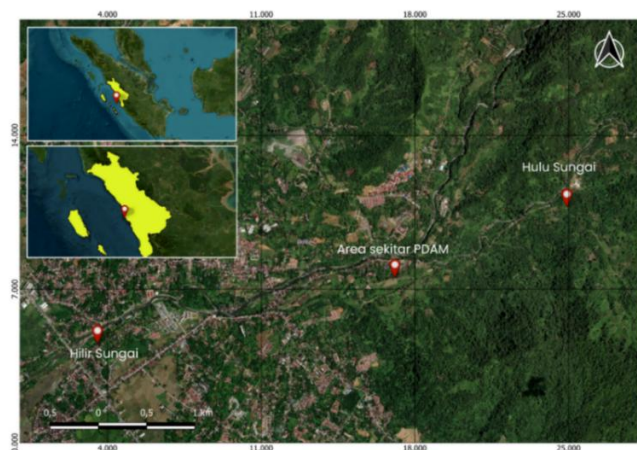
hiperplasia, edema lamela sekunder, hingga fusi antar lamela. Sementara itu, hati berperan penting dalam metabolisme, detoksifikasi, sintesis protein, dan produksi bahan kimia pencernaan (Nazlia *et al.*, 2022). Namun organ ini sangat rentan terhadap zat toksik yang masuk melalui darah (Zulfahmi *et al.*, 2017). Analisis histologi dapat digunakan untuk mengidentifikasi dampak pencemaran terhadap ikan garing (*Tor tambroides*) melalui pengamatan perubahan struktur jaringan (Musada *et al.*, 2022; Sugiantari *et al.*, 2022).

Data terkait dampak pencemaran air sungai terhadap histologi insang dan hati ikan garing (*Tor tambroides* Bleeker, 1854) di perairan Kota Padang masih terbatas. Selain itu, belum ada penelitian terkait histologi insang dan hati ikan garing (*Tor tambroides*) di Sungai Air Dingin, Kota Padang. Sehingga penting untuk dilakukan penelitian untuk menganalisis histologi insang dan hati ikan garing (*Tor tambroides*) di Sungai Air Dingin, Kota Padang. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi studi selanjutnya yang berkaitan dengan perairan di Kota Padang.

## 2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk mendeskripsikan histologi insang dan hati ikan garing (*Tor tambroides*), menilai tingkat kerusakan histologis, serta menganalisis kualitas air di Sungai Air Dingin, Kota Padang. Pendekatan kualitatif digunakan untuk menggambarkan struktur histologi, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan untuk menghitung skor kerusakan berdasarkan Peebua *et al.* (2006) dan mengukur parameter kualitas air seperti suhu dan pH.

### 2.1 Koleksi Sampel



**Gambar 1.** Peta lokasi pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik di Sungai Air Dingin, yaitu hulu, sekitar intake PDAM, dan hilir di Lubuk Minturun, Kota Padang. Sampel ikan diambil dari perairan dangkal menggunakan dip net dan pancing sebanyak tiga individu per titik dengan metode *purposive sampling*. Organ insang dan hati kemudian difiksasi menggunakan larutan *Bouin* dalam tabung *falcon*.

## 2.2 Pembuatan Sediaan Preparat

Pengamatan histologi dilakukan menggunakan metode parafin dengan pewarnaan *Haematoxylin Eosin* (HE) yang mengacu pada Retnoaji *et al.* (2023) dengan beberapa modifikasi. Organ insang dan hati difiksasi dalam larutan *Bouin*, kemudian dicuci dengan alkohol 70%. Jaringan selanjutnya melalui tahap dehidrasi dengan alkohol bertingkat, *clearing* menggunakan toluol, dan infiltrasi parafin. Setelah itu dilakukan embedding, pemotongan jaringan setebal 5  $\mu$ m menggunakan mikrotom, penempelan pada slide yang diberi albumin, dan pengeringan pada *hotplate*. Preparat kemudian diwarnai dengan metode *Ehrlich Hematoxylin Eosin* melalui tahap deparafinasi, pewarnaan, dehidrasi, *clearing*, dan *mounting* sebelum pengamatan.

## 2.3 Pengamatan dan Skoring Kerusakan Histologi Insang dan Hati

Pengamatan histologi insang dan hati dilakukan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 400x dan 1000x. Preparat diamati menggunakan aplikasi ZEISS, kemudian jumlah sel rusak dan normal dihitung dengan ImageJ pada lima bidang pandang tiap preparat. Persentase kerusakan jaringan dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Persentase kerusakan (\%)} = \frac{\text{Jumlah sel yang rusak}}{\text{Jumlah sel keseluruhan}} \times 100\%$$

Penilaian tingkat kerusakan jaringan dilakukan menggunakan metode skoring berdasarkan Peebua *et al.* (2006) yang dimodifikasi, yaitu (-) tidak ada kerusakan, (+) kerusakan ringan (<25% bidang pandang), (++) kerusakan sedang (25–75% bidang pandang), dan (+++) kerusakan berat (>75% bidang pandang).

## 2.4 Deskripsi Kualitas Air

Pengukuran faktor abiotik meliputi suhu dan pH dilakukan di lokasi pengambilan sampel. pH diukur menggunakan pH meter digital yang telah dikalibrasi dengan larutan buffer standar, sedangkan suhu diukur menggunakan termometer yang dilengkapi sensor suhu. Sensor alat dicelupkan ke dalam sampel air hingga nilai stabil, kemudian hasilnya dicatat sebagai data pendukung kualitas air.

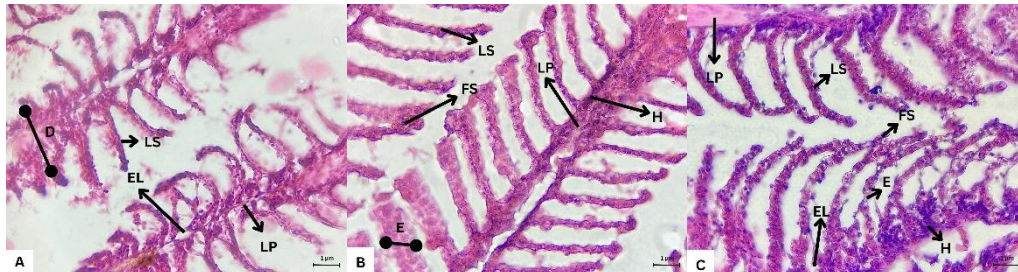
## 2.5 Analisis Data

Data hasil penelitian histopatologi organ insang dan hati ikan garing (*Tor tambroides* Bleeker, 1854) dianalisis secara deskriptif kualitatif. Sementara itu, data skoring kerusakan histologis pada insang dan hati dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan metode dari Peebua *et al.* (2006) dengan beberapa modifikasi. Data hasil histologi ditampilkan dalam bentuk gambar yang dilengkapi uraian deskriptif, sedangkan hasil skoring kerusakan jaringan pada insang dan hati serta parameter kualitas air disajikan dalam tabel, kemudian dipertegas dengan penjelasan deskriptif sebagai pendukung.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Histologi Insang Ikan Garing (*Tor tambroides*)

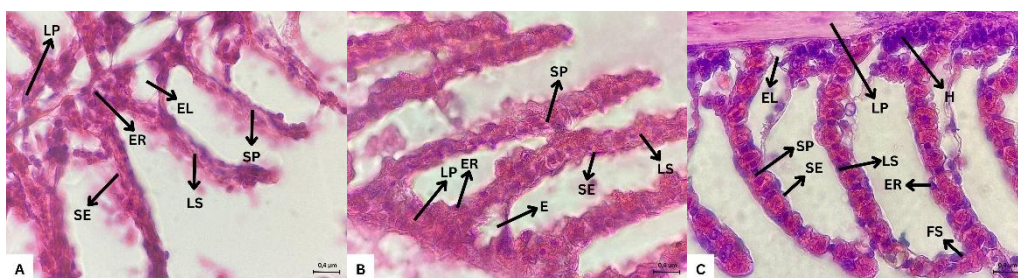
Hasil penelitian histologi insang ikan garing (*Tor tambroides*) menunjukkan struktur jaringan pada lokasi tertentu teridentifikasi adanya perubahan morfologi yang mengindikasikan kerusakan jaringan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



**Gambar 2.** Struktur histologi insang ikan garing (*Tor tambroides*). (A: Titik 1, B: Titik 2, C: Titik 3). LP; Lamela Primer, LS; Lamela Sekunder, HP; Hiperplasia, FS; Fusi Lamela, D; Distorsi, EL; *Epitelium lifting* E; Edema. Perbesaran 400x.

Berdasarkan hasil pengamatan histologi insang ikan garing (*Tor tambroides*) pada Gambar 2, terlihat bahwa filamen insang tersusun atas lamela primer yang memanjang dengan lamela sekunder yang menyebar secara lateral, serta terdiri dari sel pilar dan sel epitel, sejalan dengan penelitian Ernita *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa lamela sekunder tersusun relatif sejajar dan memanjang dari filamen primer. Namun, pada beberapa area pengamatan ditemukan perubahan struktur jaringan berupa hiperplasia, fusi lamela, distorsi, epitelium lifting, dan edema yang menyebabkan struktur lamela sekunder menjadi tidak seragam dibandingkan insang yang normal.

Hiperplasia terlihat sebagai penebalan jaringan epitel pada lamela primer maupun sekunder sehingga lamela tampak lebih tebal pada preparat (Indriana *et al.*, 2020). Penebalan epitel dapat mempersempit ruang antar lamela sehingga memicu fusi lamela sekunder, yang menjadi indikator awal kerusakan insang dan dapat menurunkan luas permukaan respirasi serta mengganggu pertukaran gas pada ikan (Mulyani *et al.*, 2014). Ditemukan adanya distorsi struktur lamela yang ditandai dengan perubahan bentuk lamela sekunder menjadi melengkung, tidak sejajar, atau menyimpang dari susunan normal (Firdaus *et al.*, 2025). Edema juga teramati pada beberapa bagian insang yang ditandai dengan pembengkakan jaringan akibat akumulasi cairan dan peningkatan permeabilitas kapiler (Juanda *et al.*, 2023).



**Gambar 3.** Struktur histologi insang ikan garing (*Tor tambroides*). (A: Titik 1, B: Titik 2, C: Titik 3). LP; Lamela Primer, LS; Lamela Sekunder, ER; Eritrosit, SP; Sel Pilar, SE; Sel Epitel, FS; Fusi Lamela, H; Hiperplasia, EL; *Epitelium lifting* E; Edema. Perbesaran 1000x.

Pengamatan pada Gambar 3 menunjukkan struktur jaringan insang secara lebih rinci, dengan lamela sekunder yang menonjol dan jarak antar lamela relatif merata, serta terlihat eritrosit, sel pilar, dan sel epitel yang berperan dalam menopang struktur dan fungsi respirasi insang (Zayzda & Retnoaji, 2021). Namun, perubahan histopatologis terlihat lebih jelas, yaitu epitelium lifting pada Gambar 3A sebagai respon adaptif awal jaringan insang terhadap tekanan lingkungan, edema pada Gambar 3B yang ditandai pembengkakan jaringan akibat gangguan keseimbangan osmotik, serta pada Gambar 3C ditemukan fusi lamela sekunder, hiperplasia epitel, dan epitelium lifting yang menunjukkan respon jaringan insang yang lebih intens terhadap perubahan kondisi perairan.

Hasil ini memiliki beberapa kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Atifah *et al.* (2020) pada ikan tambra (*Tor tambra*) di Batang Gadis River yang melaporkan adanya perubahan histopatologis insang berupa hiperplasia dan edema, serta keberadaan melanomacrophage centre (MMC). Namun demikian, pada penelitian Atifah *et al.* (2020) juga ditemukan kerusakan yang lebih lanjut seperti kongesti dan bahkan nekrosis pada beberapa lokasi pengamatan, sedangkan pada penelitian ini tidak ditemukan kerusakan berat seperti nekrosis. Selain itu, perubahan seperti distorsi lamela dan epitelium lifting yang teridentifikasi pada penelitian ini tidak secara spesifik dilaporkan pada penelitian tersebut. Perbedaan jenis dan tingkat kerusakan ini diduga berkaitan dengan perbedaan kondisi lingkungan perairan. Pada penelitian Atifah *et al.* (2020), lokasi pengambilan sampel berada di area yang dipengaruhi aktivitas pertanian dengan adanya residu pestisida yang berpotensi meningkatkan tekanan toksik pada ikan, sehingga memicu kerusakan jaringan yang lebih berat. Sebaliknya, pada penelitian ini tekanan lingkungan diduga lebih rendah sehingga perubahan yang muncul masih berupa respon adaptif awal jaringan insang terhadap stres lingkungan.

Kerusakan yang teridentifikasi digunakan sebagai dasar penilaian dengan metode skoring yang mengacu pada Peebua *et al.* (2006) dengan modifikasi. Penilaian kerusakan dilalui melalui 3 ulangan pada masing-masing titik lokasi dan 5 bidang pandang pada tiap ulangan dengan perbesaran 1000x. Persentase kerusakan histologi insang ikan garing (*Tor tambroides*) ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Skoring kerusakan insang ikan garing (*Tor tambroides*)

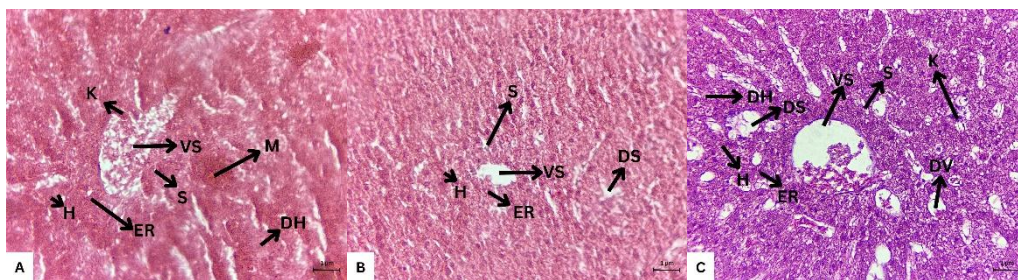
| Lokasi  | Rata-Rata Skor<br>Kerusakan (%) | Tingkat Kerusakan |
|---------|---------------------------------|-------------------|
| Titik 1 | 0,72 ± 0,0072                   | Ringan            |
| Titik 2 | 1,01 ± 0,01                     | Ringan            |
| Titik 3 | 2,74 ± 0,027                    | Ringan            |

Berdasarkan hasil skoring histopatologi jaringan insang, tingkat kerusakan bervariasi antar lokasi pengambilan sampel, yaitu titik 1 sebesar 0,72%, titik 2 sebesar 1,01%, dan tertinggi pada titik 3 sebesar 2,74%. Meskipun demikian, seluruhnya masih terasuk kategori kerusakan ringan (<25%). Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, dimana titik 1 dan 2 memiliki aktivitas antropogenik lebih rendah dibandingkan titik 3 yang merupakan area wisata dan terdampak banjir bandang sebelum pengambilan sampel. Hal ini didukung oleh penelitian Rai *et al.* (2025) menyatakan bahwa perubahan

kualitas air dapat menyebabkan kerusakan insang seperti hiperplasia, epitelium lifting, dan fusi lamela yang berfungsi sebagai biomarker stres lingkungan. Temuan ini juga sejalan dengan penelitian pada genus *Tor* di perairan Sumatera yang melaporkan bahwa variasi kondisi lingkungan dapat memicu munculnya lesi histopatologis ringan hingga sedang pada insang ikan (Atifah *et al.*, 2020; Iskandar *et al.*, 2025). Temuan ini mengindikasikan adanya tekanan lingkungan pada habitat ikan garing (*Tor tambroides*) yang perlu mendapat perhatian dalam upaya pengelolaan dan konservasi sumber daya perairan (Halijah, 2024).

### 3.2 Histologi Hati Ikan Garing (*Tor tambroides*)

Hasil penelitian histologi insang ikan garing (*Tor tambroides*) menunjukkan struktur jaringan pada lokasi tertentu teridentifikasi adanya perubahan morfologi yang mengindikasikan kerusakan jaringan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

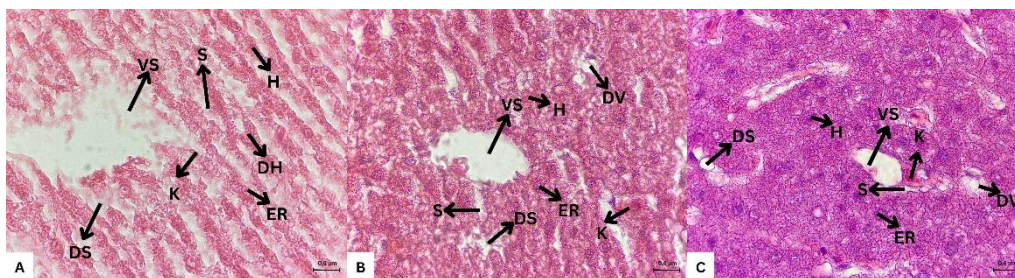


**Gambar 4.** Struktur histologi hati ikan garing (*Tor tambroides*). (A: Titik 1, B: Titik 2, C: Titik 3). H; Hepatosit, ER; Eritrosit, VS; Vena Sentralis, S; Sinusoid, K; Kongesti, M; *Melanomacrophage centre*, DH; Degradasi Hepatosit, DS; Dilatasi Sinusoid, DV; Degenerasi Vakuola. Perbesaran 400x.

Struktur histologis hati ikan garing (*Tor tambroides*) pada penelitian ini umumnya terdiri dari eritrosit, sinusoid, hepatosit, dan vena sentralis, namun pada beberapa lokasi pengamatan ditemukan perubahan morfologi yang mengindikasikan kerusakan jaringan. Pengamatan pada Gambar 4 menunjukkan struktur hati dengan hepatosit yang tersusun radial mengelilingi vena sentralis, sinusoid sebagai ruang antar sel tempat aliran darah, serta eritrosit yang tampak mengisi sinusoid, mencerminkan sirkulasi darah yang normal. Susunan ini sesuai dengan struktur histologis hati ikan pada kondisi fisiologis normal (Roberts, 2012). Meskipun demikian, ditemukan beberapa indikasi kerusakan hati pada Gambar 4, yaitu kongesti, *melanomacrophage centre*, degradasi hepatosit, dilatasi sinusoid, dan degenerasi vakuola.

Kongesti ditandai dengan penumpukan eritrosit di dalam sinusoid sehingga sinusoid tampak lebih padat dan melebar (Kamaruddin, 2021). Dilatasi sinusoid juga ditemukan pada beberapa bagian jaringan hati yang ditandai dengan pelebaran lumen sinusoid yang tidak seragam (Graharti *et al.*, 2023). Keberadaan *melanomacrophage centre* (MMC) juga teramati pada Gambar 4A, yang tampak sebagai kumpulan sel berpigmen yang berperan dalam proses detoksifikasi dan respon imun pada ikan (Juanda *et al.*, 2023). Selain itu, pada beberapa area jaringan hati ditemukan degradasi hepatosit yang ditandai dengan perubahan bentuk sel, batas sel yang tidak jelas, serta susunan hepatosit yang tidak teratur (Fard *et al.*, 2014). Degenerasi vakuola ditandai dengan adanya ruang bening di dalam

sitoplasma hepatosit yang menunjukkan akumulasi cairan atau lemak sebagai respon terhadap gangguan metabolisme lipid dan osmoregulasi sel (Roberts, 2012).



**Gambar 5.** Struktur histologi hati ikan garing (*Tor tambroides*). (A: Titik 1, B: Titik 2, C: Titik 3). H; Hepatosit, ER; Eritrosit, VS; Vena Sentralis, S; Sinusoid, K; Kongesti, M; DH; Degradasi Hepatosit, DS; Dilatasi Sinusoid, DV; Degenerasi Vakuola. Perbesaran 1000x.

Pengamatan pada Gambar 5 menunjukkan detail morfologi jaringan hati yang lebih jelas, dengan inti hepatosit yang tampak tegas dan susunan sel di sekitar vena sentralis lebih rinci. Pada perbesaran ini, kerusakan seperti kongesti dan dilatasi sinusoid terlihat lebih nyata melalui penumpukan eritrosit dan pelebaran lumen sinusoid yang tidak seragam (Krihariyani *et al.*, 2024). Selain itu, degradasi hepatosit dan degenerasi vakuola juga terlihat lebih jelas pada Gambar 5, menunjukkan adanya respon seluler hati terhadap tekanan lingkungan meskipun kerusakan masih tergolong ringan. Menurut Yancheva *et al.* (2016), perubahan histopatologis hati pada tahap awal sering bersifat adaptif dan masih dapat dipulihkan apabila kondisi lingkungan kembali optimal.

Temuan ini juga sejalan dengan penelitian Atifah *et al.* (2020) pada ikan tambra (*Tor tambra*) di Batang Gadis River yang juga melaporkan adanya perubahan histopatologis hati berupa MMC, degenerasi jaringan, hemoragi, dan nekrosis pada lokasi tertentu. Meskipun terdapat kesamaan berupa keberadaan MMC dan perubahan degeneratif pada jaringan hati, penelitian ini tidak menemukan kerusakan berat seperti nekrosis maupun hemoragi yang dilaporkan pada penelitian tersebut. Sebaliknya, pada penelitian ini ditemukan dilatasi sinusoid dan degenerasi vakuola yang menunjukkan adanya gangguan metabolisme sel hati, namun masih berada pada tahap awal kerusakan. Perbedaan jenis kerusakan ini kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan tingkat paparan bahan pencemar di lingkungan perairan. Pada penelitian Atifah *et al.* (2020), paparan residu pestisida dari aktivitas pertanian diduga meningkatkan beban detoksifikasi pada hati sehingga memicu kerusakan jaringan yang lebih berat. Sementara itu, pada penelitian ini kondisi perairan yang relatif lebih stabil menyebabkan perubahan histopatologis hati masih bersifat ringan dan menunjukkan respon adaptif fisiologis terhadap tekanan lingkungan.

Kerusakan yang teridentifikasi digunakan sebagai dasar penilaian dengan metode skoring yang mengacu pada Peebua *et al.* (2006) dengan modifikasi. Penilaian kerusakan dilalui melalui 3 ulangan pada masing-masing titik lokasi dan 5 bidang pandang pada tiap ulangan dengan perbesaran 1000x. Persentase kerusakan histologi hati ikan garing (*Tor tambroides*) ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Skoring kerusakan hati ikan garing (*Tor tambroides*)

| Lokasi  | Rata-Rata Skor Kerusakan (%) | Tingkat Kerusakan |
|---------|------------------------------|-------------------|
| Titik 1 | 1,33 ± 0,0132                | Ringan            |
| Titik 2 | 0,53 ± 0,0052                | Ringan            |
| Titik 3 | 3,35 ± 0,033                 | Ringan            |

Berdasarkan hasil skoring histopatologi hati, tingkat kerusakan jaringan menunjukkan variasi antar lokasi. Titik 1 memiliki nilai kerusakan sebesar 1,33%, titik 2 sebesar 0,53%, dan nilai tertinggi ditemukan pada titik 3 sebesar 3,35%. Meskipun terdapat variasi antar lokasi, seluruh nilai kerusakan masih tergolong ringan (<25%). Perbedaan tingkat kerusakan ini diduga dipengaruhi oleh variasi kondisi lingkungan perairan. Titik 1 dan 2 relatif lebih stabil, sedangkan titik 3 mengalami gangguan akibat aktivitas wisata dan banjir bandang sebelum pengambilan sampel, yang berpotensi meningkatkan beban kerja hati sebagai organ metabolisme dan detoksifikasi (Iskandar *et al.*, 2025). Hati ikan sangat peka terhadap perubahan kualitas air, sehingga paparan stres lingkungan dapat memicu perubahan histopatologis ringan sebagai respon adaptif awal terhadap kondisi perairan yang kurang optimal, sebagaimana dilaporkan pada genus *Tor* di perairan sungai Sumatera dengan karakteristik lingkungan yang berbeda antar lokasi (Atifah *et al.*, 2020). Temuan ini menunjukkan bahwa jaringan hati ikan garing masih memiliki kemampuan adaptasi fisiologis yang baik meskipun terdapat tekanan lingkungan ringan.

### 3.3 Habitat dan Kualitas Air

Lokasi pengambilan sampel ikan garing (*Tor tambroides*) di Sungai Air Dingin terdiri atas tiga titik yang memiliki karakteristik habitat perairan yang relatif berbeda.



**Gambar 6.** Lokasi pengambilan sampel (A; titik 1, B; titik 2, C; titik 3).

Habitat sungai merupakan komponen penting bagi kehidupan organisme akuatik, termasuk ikan, dimana kondisi fisik seperti arus, substrat dasar, dan vegetasi berperan dalam menyediakan lingkungan untuk mencari makan, berlindung, dan berkembang biak (Tesfay *et al.*, 2019). Pada titik 1, habitat masih relatif alami dengan arus tenang, substrat batu dan pasir, serta vegetasi riparian yang baik. Vegetasi ini berperan menjaga stabilitas habitat dan kualitas air dengan mengurangi erosi serta menyediakan tempat berlindung bagi organisme akuatik. Perubahan habitat fisik sungai akibat aktivitas manusia atau gangguan lingkungan diketahui dapat memengaruhi kondisi biologis organisme, seperti menurunnya keanekaragaman biota air saat terjadi degradasi habitat atau pencemaran (Trisnaini *et al.*, 2018).

Titik 2 berada di bagian tengah sungai dengan arus sedang dan substrat batu–kerikil, yang menunjukkan adanya pengaruh aktivitas di sekitar bantaran sungai. Temuan ini mengacu pada O'Mara *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa variasi habitat fisik dapat memengaruhi komposisi komunitas ikan dan organisme air karena perbedaan struktur dasar dan energi aliran menentukan jenis organisme yang dapat hidup. Pada titik 3 yang berada di hilir, banjir bandang sebelum pengambilan sampel menyebabkan perubahan habitat seperti meningkatnya kekeruhan, dasar sungai menjadi tidak homogen akibat endapan sedimen, dan berkurangnya vegetasi, yang dapat menurunkan kualitas habitat bagi ikan dan organisme akuatik lainnya. (Haikal *et al.*, 2023). Adapun studi menyatakan bahwa perubahan suhu, arus, dan struktur habitat akibat kejadian ekstrem atau gangguan antropogenik mampu menurunkan fungsi ekologis sungai meskipun parameter kualitas air tertentu masih berada dalam batas toleransi organisme (Huang & Han, 2025).

Adapun kondisi air yang optimal sangat diperlukan guna mendukung pertumbuhan dan perkembangan ikan secara maksimal. Parameter kualitas air yang diamati dalam penelitian ini meliputi suhu dan pH. Hasil pengukuran parameter kualitas air adalah sebagai berikut.

**Tabel 3.** Pengukuran kualitas air di Sungai Air Dingin

| Lokasi  | Parameter |      |
|---------|-----------|------|
|         | Suhu (°C) | pH   |
| Titik 1 | 29,4      | 8.22 |
| Titik 2 | 31,4      | 8.01 |
| Titik 3 | 33,2      | 8.29 |

Pengukuran kualitas air penting dalam penelitian kesehatan ikan dan ekosistem perairan karena perubahan kualitas air dapat tercermin langsung pada struktur histologis jaringan ikan (Mendrofa, 2025). Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air di Sungai Air Dingin, suhu perairan bervariasi antar lokasi dengan nilai tertinggi di titik 3 (33,2°C), diikuti titik 2 (31,4°C), dan terendah di titik 1 (29,4°C). Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya matahari, kedalaman perairan, kecepatan aliran, dan penutupan vegetasi di sekitar sungai (Yanti, 2023). Suhu perairan yang lebih tinggi dapat meningkatkan metabolisme dan kebutuhan oksigen ikan sehingga memicu respon adaptif pada insang sebagai organ respirasi utama (Mendrofa, 2025). Secara umum, ikan air tawar memiliki kisaran suhu optimal sekitar 25–30 °C untuk pertumbuhan, sedangkan suhu di luar kisaran tersebut dapat menyebabkan stres fisiologis atau menurunkan kelangsungan hidup (Nur & Fitriah, 2021).

Nilai pH perairan Sungai Air Dingin pada seluruh titik pengamatan berada dalam kisaran basa, yaitu antara 8,01–8,29. Sementara, toleransi pH spesifik setiap spesies bisa berbeda, Mustapha & Atolagbe (2018) menyebutkann kisaran pH 6,5–9,0 umumnya optimal bagi ikan air tawar, sedangkan pH di luar kisaran tersebut dapat menimbulkan efek fisiologis merugikan. Variasi pH juga dapat memengaruhi permeabilitas insang dan aktivitas metabolik hati sehingga memicu perubahan struktur

jaringan sebagai respon terhadap kondisi lingkungan. (Muna *et al.*, 2026). Secara keseluruhan, kualitas air Sungai Air Dingin masih mendukung kehidupan ikan garing (*Tor tambroides*), namun variasi suhu dan pH antar lokasi diduga memengaruhi perbedaan tingkat kerusakan histologis pada insang dan hati. Menurut Irene *et al.* (2021), perubahan ringan parameter kualitas air yang berlangsung terus-menerus dapat memicu respon adaptif jaringan, seperti hiperplasia insang dan perubahan struktur hepatosit. Hal ini mendukung temuan histopatologis adanya respon adaptif pada insang dan hati ikan garing (*Tor tambroides*) terhadap variasi lingkungan Sungai Air Dingin.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, histologi insang dan hati ikan garing (*Tor tambroides*) pada seluruh titik pengamatan menunjukkan adanya kerusakan jaringan dengan tingkat keparahan yang bervariasi. Kerusakan ringan ditemukan pada titik 1, meningkat pada titik 2 dengan adanya hiperplasia dan fusi lamela pada insang serta dilatasi sinusoid pada hati, dan tertinggi pada titik 3 yang ditandai hiperplasia, fusi lamela, distorsi, edema pada insang serta degradasi hepatosit dan degenerasi vakuola pada hati. Meskipun demikian, seluruh tingkat kerusakan masih tergolong ringan (<25%). Kondisi kualitas air Sungai Air Dingin berdasarkan suhu dan pH masih berada dalam kisaran toleransi bagi ikan garing, namun variasi antar lokasi diduga memengaruhi perbedaan tingkat kerusakan jaringan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar pengelola lingkungan dan pemangku kebijakan melakukan pemantauan kualitas air Sungai Air Dingin secara berkala, khususnya terhadap parameter suhu dan pH, guna mencegah peningkatan tekanan lingkungan yang berpotensi menimbulkan kerusakan jaringan ikan yang lebih berat. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan parameter kualitas air lainnya, seperti oksigen terlarut (DO), amonia, nitrit, dan logam berat, serta menggunakan biomarker tambahan seperti analisis enzim hati atau stres oksidatif, sehingga hubungan antara kondisi perairan dan perubahan histopatologis organ ikan dapat dianalisis secara lebih komprehensif. Upaya konservasi ikan garing (*Tor tambroides*) juga perlu terus ditingkatkan mengingat spesies ini memiliki nilai ekologis dan ekonomis yang penting serta sensitif terhadap perubahan kualitas lingkungan perairan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan terlibat dalam penelitian. Naskah ini merupakan bagian yang diambil dari skripsi penulis untuk program Sarjana Sains, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

## REFERENSI

- Afrilia, D., Yusrianti, Hakim, A., & Amrullah. (2022). Bioindikator Untuk Menentukan Status Kualitas. *Jurnal Envirotek Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 14(1), 26–32. DOI: <https://doi.org/10.33005/envirotek.v14i1.175>
- Akbar, M. A., Nugraha, A., & Anjani, T. P. (2025). Teknik Pembenikan Ikan Tor (*Tor tambroides*) di Instalasi Riset Plasma Nutfah Perikanan Air Tawar Cijeruk, Bogor, Jawa Barat. *Amreta Meena*, 2(2), 50-55.
- Atifah, Y., Achyar, A., Amanda, G., Afra, H. A., & Marten, T. W. (2023). Deteksi Pencemaran Air Danau Talang dan Danau Tambau Nagari Kampung Batu Dalam Kecamatan Danau Kembar Kabupaten Solok Secara Sederhana. *EKSAKTA: Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran MIPA*, 8(1), 105–111.
- Atifah, Y., Sumarmin, R., & Tussifah, L. (2020). Histological Analysis of Gills and Liver of Tamba Fish (*Tor tambra*) From Batang Gadis River in Mandailing Natal North Sumatera. *International Conference on Biology, Sciences and Education (ICoBioSE 2019)*, 10–12. <https://doi.org/10.2991/absr.k.200807.003>
- Bimantio, M. P., Putra, D. P., Ferhat, A., & Nugraha, N. S. (2024). Edukasi Biotilik: Program Pelatihan Biomonitoring Kualitas Sungai menggunakan Indikator Biota di Sungai Pusur, Polanharjo, Klaten. *Abdimasku : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 324. <https://doi.org/10.62411/ja.v7i1.1806>
- Ernita, Munawir, Faumi, R., Yusrizal, A., Muliari, & Zulfahmi, I. (2020). Perbandingan Secara Anatomi Insang Ikan Keureling (*Tor tambroides*), Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dan Ikan Nila, (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Veteriner*, 21(2), 234–246. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2020.21.2.234>
- Fajri, M., Febrianto, H., & Suryani, N. (2022). 837-37-1724-1-10-20230223. 4(2).
- Fard, E., Salleh Kamarudin, M., Ehteshami, F., Shakiba Zadeh, S., Roos Saad, C., & Zokaeifar, H. (2014). Effect of dietary linolenic acid (18:3n-3)/linoleic acid (18:2n-6) ratio on growth performance, tissue fatty acid profile and histological alterations in the liver of juvenile *Tor tambroides*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(1), 185–200.
- Firdaus, M., Kusuma, W. E., Mahariawan, I. M. D., Rangkuti, R. F. A., & Sukardi, M. I. (2025). *Histologi Reproduksi Ikan*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Fizikri, S. L., Zainuddin, Winaruddin, & Jalaluddin, M. (2018). Gambaran Histologi Esofagus, Lambung dan Usus Ikan Garing (*Tor tambroides*) yang Hidup di Sungai Jorong Ikan Banyak Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 2(1), 124–129.
- Graharti, R., Ruslani, N. O., & Susianti, S. (2023). Pengaruh Pemberian Ekstrak Etanol Daun Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium* Walp) Terhadap Gambaran Sinusoid Hepar Tikus Putih Jantan Galur Sprague-Dawley. *Medical Profession Journal of Lampung*, 13(2), 194–197.
- Haikal, F., Adibrata, S. D., & Gustomi, A. (2023). Freshwater Fish Community Structure in the Flood Swamp of the Mahali River Belilik Village Namang District. *Aquatic Science*, 5(1), 35-44.
- Halijah, S. P. (2024). Biologi Perairan Bab. *Biologi Perairan*, 54.
- Harefa, M., Halawa, H., & Telaumbanua, A. T. P. (2025). Strategi Manajemen Kualitas Air di Perairan Umum untuk Mendukung Kehidupan Akuatik. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 2(1), 47–54.
- Huang, W., & Han, Y. (2025). Habitat degradation and restoration in aquatic ecosystems: implications for fish populations. *International Journal of Aquaculture*, 15.
- Indriana, E. F., Risandiansyah, R., & Aini, N. (2020). Efek paparan kronik cadmium chloride (CdCl<sub>2</sub>) dosis rendah terhadap hiperplasia lamela sekunder insang dan nekrosis sel tubulus proksimal ginjal ikan zebra dewasa (*Danio rerio*). *Jurnal Kedokteran Komunitas (Journal of Community Medicine)*, 8(1).
- Irene, C., Eddiwan, E., & Windarti, W. (2021). Study of Gill, Kidney, and Liver Structure of *Pangasius hypophthalmus* in the Tanjung Kudu Lake and Sail Rivers, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(2), 134–143.
- Iskandar, N. S., Noor, N., Cob, Z. C., & Das, S. K. (2025). *Climate-driven physiological changes in Mahseer (Tor tambroides) juveniles*. 1–12.
- Juanda, S. J., Lukmini, A., Rahman, I. S., & Panuntun, M. F. (2023). Histopatologi Ginjal Dan Insang Ikan Kakatua (*Scarrus ghobban*) Yang Diambil Dari Perairan Teluk Kupang, NTT. *Prosiding*

- Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian*, 6(1), 392–401.
- Kamaruddin, S. Z. A. (2021). *Uji Toksisitas Akut Minyak Cengkeh (Oleum caryophylli) TERHADAP Struktur Jaringan Hati Tikus (Rattus norvegicus)*. Universitas Hasanuddin.
- Krihariyani, D., Manalu, E., PK, S., Sari, A. I., Hadi, N. T. P., Kep, M., Widada, S. T., Rizky, V. A., Supriyanta, B., & Rahayu, M. (2024). *Patologi Klinis*. CV Eureka Media Aksara.
- Lestari, W. P., Wiratmini, N. I., & Dalem, A. (2018). Struktur Histologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus* L) Sebagai Indikator Kualitas Air Lagoon Nusa Dua Bali. *Simbiosis*, 6(2), 45–49.
- Lukmini, A., Juanda, S. J., Nuban, S. R., & Panuntun, M. F. (2024). Gambaran Histopatologi Insang Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) sebagai Bioindikator Perairan Teluk Kupang, NTT. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (Jvip)*, 5(1), 98. <https://doi.org/10.35726/jvip.v5i1.7366>
- Maiasnita, Y., & Darwis, Y. (2024). Pentingnya Sistem Pelayanan Informasi Bagi Pemerintah Dan Publik (Studi Kasus Aplikasi Kaba Aia Perumda Padang). *Jurnal Ilmu Komunikasi Dan Sosial Politik*, 01(03), 394–401. <https://pdam-kota-padang.business.site/>,
- Mendrofa, E. A. Y. (2025). Parameter Fisik dan Kimia Perairan Kolam untuk Menunjang Pertumbuhan Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 2(1), 145–152.
- Moneim, A. M., Al-Kahtani, M. A., & Elmenshawy, O. M. (2012). Histopathological biomarkers in gills and liver of *Oreochromis niloticus* from polluted wetland environments, Saudi Arabia. *Chemosphere*, 88(8), 1028–1035. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.04.001>
- Mulyani, F. A. M., Widiyaningrum, P., & Utami, N. R. (2014). Uji Toksisitas Dan Perubahan Struktur Mikroanatomi Insang Ikan Nila Larasati (*Oreochromis niloticus*) yang dipapar Timbal Asetat. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 37(1).
- Muna, Z., Handayani, L., Rahmadiyah, T., Firman, S. W., Krettiawan, H., Urabi, D., Beruatjaan, M. Y., Negara, S. P. P. S., & Abubakar, Y. (2026). *Fisiologi ikan air tawar: adaptasi, fungsi, dan kelangsungan hidup di lingkungan perairan tawar*. Kamiya Jaya Aquatic.
- Musada, Z., Indrawati, E., & Mulyani, S. (2022). Gambaran Histologi Organ Insang Dan Hati Pada Berbagai Umur Ikan Nila *Oreochromis niloticus* Yang Dipapar Logam Timbal. *Journal of Aquaculture and Environment*, 5(1), 08–13. <https://doi.org/10.35965/jae.v5i1.1952>
- Mustapha, M. K., & Atolagbe, S. D. (2018). *Tolerance level of different life stages of Nile tilapia Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) to low pH and acidified waters*. 3.
- Nazlia, S., Andri, I., & Nurhayati. (2022). Gambaran Histopatologi Hati Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) yang Diberi Arang Aktif Tulang Ikan Tuna (*Thunnus* sp) pada Pakan. *Jurnal Tilapia*, 3(2), 18–23.
- Nur, M., & Fitriah, R. (2021). Analisis Kesesuaian Kualitas Air Sungai Dalam Mendukung Kegiatan Budidaya Perikanan Di Desa Batetangnga, Kecamatan Binuang, Provinsi Sulawesi Barat Feasibility Study on Water Quality for Aquaculture Purposes in Batetangnga Rivers, Binuang District, West Sulawesi *SIGANUS: Journal of Fisheries and Marine Science Vol 3. No. 1 (2021)*. 3(1).
- Oktavianti, D. D. (2021). *Analisis Histologi Ginjal Ikan Keting (Mystus nigriceps) yang Terpapar oleh Logam Berat Kadmium (Cd) di Hilir Sungai Welang, Pasuruan*. Universitas Brawijaya.
- O'Mara, K., Venarsky, M., Stewart-Koster, B., McGregor, G. B., Schulz, C., Marshall, J., & Bunn, S. E. (2024). Hydrological connectivity and environment characteristics explain spatial variation in fish assemblages in a wet–dry tropical river. *Hydrobiologia*, 851(21), 5207–5221.
- Paradis, I., Syamsudin, U., & Rantau, M. I. (2024). Optimalisasi Pelayanan Air Minum Oleh PDAM Tirta Benteng Kota Tangerang. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(8), 491–528. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11107719>.
- Peebua, P., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., & Kosiyachinda, P. (2006). Histological effects of contaminated sediments in Mae Klong river tributaries, Thailand, on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *ScienceAsia*, 32(2), 143–150. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32.143>
- Prasetyo, Y. E., Abida, I. W., Laksani, M. R. T., & Putri, R. R. (2023). Histopatologi Jaringan Insang Ikan Betok (*Anabas testudineus* Bloch, 1792) Akibat Paparan Logam Berat Kromium (Cr) DI Sungai Desa Geluran Kabupaten Sidoarjo. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 3(4), 134–142. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v3i4.17615>

- Purwanto, A. I., Prihatmo, G., & Pakpahan, S. (2020). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bawal (*Colossoma macropomum*) di Sungai Winongo, Yogyakarta. *Sciscitatio*, 1(2), 70–78.
- Rahmayanti, R., Safwan, S., Hadijah, S., Erlinawati, E., Darmawati, D., Fitriana, F., ... & Nazir, N. (2022). Peduli kebersihan lingkungan melalui kegiatan bersih-bersih bantaran sungai Krueng Aceh di Gampong Lampulo Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh. *Jurnal PADE: Pengabdian & Edukasi*, 4(1), 22-27.
- Rai, S. K., Sharma, M., Kanaujiya, S., Chaudhury, S., & Kshatri, A. S. (2025). *Histopathological alterations in gills of common carp (Cyprinus carpio Linnaeus, 1758) as a biomarker of heavy metal pollution in Narmada River*. 9(9), 354–361.
- Retnoaji, B., Nurhidayat, L., Pratama, S. F., Anshori, K., Hananya, A., Sofyantoro, F., & Bessho, Y. (2023). Embryonic development of Indonesian native fish yellow rasbora (*Rasbora lateristriata*). *Journal of King Saud University-Science*, 35(7), 102810.
- Roberts, R. J. (2012). *Fish pathology*. John Wiley & Sons.
- Samin, R. V., Fauzan, & Milantara, N. (2024). Keanekaragaman jenis amfibi di sungai air dingin lubuk minturun kota padang skripsi. *Skripsi*, 8(2), 346–356.
- Santoso, H. B., & Hidayaturrehman, B. S. S. (2021). Aplikasi Biomarker Histopatologi Hati dan Ginjal Ikan Timpakul (*Periophthalmodon schlosseri*) Sebagai Peringatan Dini Toksisitas Logam Berat Timbal (Pb) di Muara Sungai Barito. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 6(3).
- Sugiantari, I. A. P., Sukmaningsih, A. A. S. A., & Wijana, I. M. S. (2022). Kajian Struktur Histologi Hati, Insang dan Lambung Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Danau Batur, Bangli. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 7(1), 51–59. <https://doi.org/10.14710/baf.7.1.2022.51-59>
- Syofriani, S., Ulfauza, U., & Nazran, N. (2024). Pelatihan Domestikasi Ikan Garing (*Tor tambroides*) Pada Kolam Air Mengalir Dinagari Guguk Kuranji Hilir Kecamatan Sungai Limau Kabupaten Padang Pariaman. *Jurnal Pemberdayaan Sosial Dan Teknologi Masyarakat*, 4(2), 170. <https://doi.org/10.54314/jpstm.v4i2.2269>.
- Tesfay, S., Teferi, M., & Tsegazeabe, H. H. (2019). Habitat selectivity of fresh water fishes of two second-order tropical streams in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Ecology and Environment*, 43(1), 9.
- Trisnaini, I., Sari, T. N. K., & Utama, F. (2018). Identifikasi habitat fisik sungai dan keberagaman biotilik sebagai indikator pencemaran air sungai musi kota Palembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(1), 1-8.
- Yancheva, V., Velcheva, I., Stoyanova, S., & Georgieva, E. (2016). Histological biomarkers in fish as a tool in ecological risk assessment and monitoring programs: a review. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(1), 47–75.
- Yanti, E. V. (2023). *Dinamika Musiman Kualitas Air di Daerah Aliran Sungai Kahayan Kalimantan Tengah*. Penerbit NEM.
- Zayzda, M. Z., & Retnoaji, B. (2021). Struktur Histologi Insang pada Combtooth blennies (Blenniidae) di Pantai Krakal, Gunung Kidul, Yogyakarta. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(2), 107–112.
- Zulfahmi, I., Muliari, & Akmal, Y. (2017). Indeks Hepatosomatik dan Histopatologi Hati Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) yang Dipapar Limbah Cair Kelapa Sawit. *Prosiding SEMDI-UNAYA (Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA)*, 1(1), 301–314. <http://ocs.abulyatama.ac.id/>