

Kualitas Perairan Sungai Satui Serta Kajian Struktur Histologis Hati Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*)

Raisa Ajrina^{1*}

¹Program Studi S-1 Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

*E-mail: 2211013220012@mhs.ulm.ac.id

Abstrak

Perairan Sungai Satui merupakan wilayah yang dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas, seperti transportasi, pelabuhan, perikanan, dan kegiatan industri, sehingga berpotensi menyebabkan penurunan kualitas perairan dan memberikan dampak terhadap organisme akuatik. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu organisme yang dapat digunakan sebagai respon lingkungan karena organ hatinya sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kualitas perairan Sungai Satui berdasarkan parameter fisika dan kimia serta mengkaji struktur histologis hati ikan nila sebagai respons terhadap kondisi lingkungan. Penelitian dilakukan pada empat stasiun dan dua kali pengulangan pengamatan dengan mengukur parameter pH, suhu, salinitas, *dissolved oxygen* (DO), *biochemical oxygen demand* (BOD), dan *chemical oxygen demand* (COD). Status mutu air dianalisis menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP), sedangkan pengamatan histologis hati dilakukan dengan metode parafin dan pewarnaan Hematoksin-Eosin. Hasil penelitian menunjukkan nilai pH, suhu, salinitas, dan DO masih memenuhi baku mutu, sedangkan nilai BOD dan COD telah melampaui baku mutu kelas II. Status mutu air pada Stasiun 1 tergolong tercemar sedang, sedangkan Stasiun 2–4 tergolong tercemar ringan. Kerusakan histologis hati yang ditemukan meliputi kongesti, degenerasi lemak, degenerasi hepatosit, nekrosis, dan *melanomacrophage center*. Analisis korelasi menunjukkan hubungan positif lemah ($r = 0,42$) antara tingkat pencemaran perairan dan tingkat kerusakan histologis hati ikan nila.

Kata kunci : histopatologi, indeks pencemaran, morfometrik, parameter fisika-kimia, status mutu air.

Abstract

The Satui River is utilized for various activities, including transportation, port operations, fisheries, and industrial activities, which potentially lead to a decline in water quality and adversely affect aquatic organisms. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is one of the organisms that can be used as an environmental response indicator because its liver is sensitive to changes in environmental conditions. This study aimed to assess the water quality of the Satui River based on physical and chemical parameters and to examine the liver histological structure of Nile tilapia as a response to environmental conditions. The study was conducted at four sampling stations with two observation replications by measuring pH, temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), and chemical oxygen demand (COD). Water quality status was analyzed using the Pollution Index (PI) method, while liver histological observations were performed using the paraffin method and Hematoxylin-Eosin staining. The results showed that pH, temperature, salinity, and DO values met the water quality standards, whereas BOD and COD values exceeded the Class II water quality standards. The water quality status at Station 1 was moderately polluted, while Stations 2–4 were lightly polluted. Histological alterations observed in the liver included congestion, fatty degeneration, hepatocyte degeneration, necrosis, and melanomacrophage centers. Correlation analysis indicated a weak positive relationship ($r = 0.42$) between the level of water pollution and the degree of liver histopathological damage in Nile tilapia.

Keywords: histopathology, pollution index, morphometrics, physicochemical parameters, water quality status.

PENDAHULUAN

Perairan muara Sungai Satui merupakan wilayah estuari yang memiliki nilai ekonomis dan ekologis tinggi bagi Kabupaten Tanah Bumbu. Kawasan ini dimanfaatkan sebagai tempat pemukiman, lokasi penangkapan dan budidaya ikan, serta jalur transportasi yang menghubungkan aktivitas pelabuhan dan industri [14]. Lalu lintas kapal nelayan dan tongkang pengangkut batubara yang padat sepanjang aliran sungai menyebabkan masuknya berbagai jenis zat ke dalam perairan, yang berpotensi mengubah kondisi lingkungan secara signifikan [12].

Perubahan kualitas lingkungan perairan secara langsung memengaruhi kehidupan organisme yang hidup di dalamnya [15]. Kondisi air yang tidak sesuai dapat menimbulkan tekanan fisiologis atau stres pada ikan, yang ditandai dengan gangguan pada proses metabolisme, pertumbuhan, hingga kelangsungan hidupnya. Stres ini dapat dipicu oleh perubahan faktor fisika, kimia, maupun biologi lingkungan [5]. Salah satu dampak yang paling nyata adalah penurunan kadar oksigen terlarut akibat peningkatan bahan organik yang masuk ke perairan. Bahan organik menjadi sumber nutrisi bagi mikroorganisme, sehingga proses penguraiannya membutuhkan oksigen dalam jumlah besar dan menurunkan ketersediaan oksigen bagi biota akuatik [13].

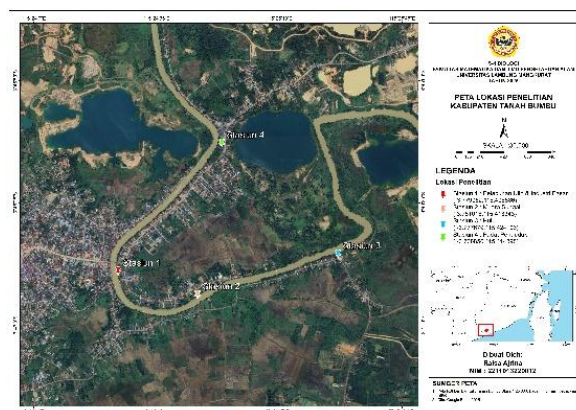
Organ hati merupakan salah satu organ paling rentan terhadap perubahan lingkungan karena berfungsi sebagai pusat metabolisme dan detoksifikasi zat berbahaya. Hati menerima sekitar 89% suplai darah dari seluruh tubuh, sehingga zat pencemar yang terlarut dalam air akan terakumulasi dan diproses terlebih dahulu di organ ini [8]. Paparan zat beracun dapat mengganggu struktur dan fungsi hati, yang kemudian terlihat sebagai perubahan bentuk sel dan jaringan secara mikroskopis. Oleh karena itu, pengamatan kondisi hati dapat digunakan sebagai indikator awal untuk mendeteksi adanya tekanan lingkungan sebelum gangguan ekosistem terlihat secara kasat mata [10].

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dipilih sebagai organisme uji karena memiliki sejumlah keunggulan: tersedia melimpah, mudah dijumpai di seluruh bagian Sungai Satui, serta memiliki kemampuan adaptasi yang cukup baik terhadap berbagai kondisi lingkungan. Selain itu, ikan ini bersifat menetap sehingga secara terus-menerus terpapar kondisi air di habitatnya, sehingga gambaran kondisi tubuhnya mencerminkan kualitas air dalam jangka waktu tertentu [1]. Pengamatan karakter morfometrik dan struktur histologis hati ikan nila menjadi pelengkap penting dalam penilaian kualitas air, karena pengukuran parameter fisika dan kimia saja hanya memberikan gambaran sesaat, belum menggambarkan dampak nyata terhadap kehidupan biota [2].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menilai kualitas perairan Sungai Satui berdasarkan parameter fisika dan kimia; (2) menganalisis status mutu air menggunakan metode Indeks Pencemaran; serta (3) mengkaji hubungan antara kualitas air dengan perubahan struktur histologis hati ikan nila. Hasil penelitian diharapkan memberikan data ilmiah yang komprehensif untuk mendukung upaya pengelolaan dan pemantauan kualitas lingkungan Sungai Satui secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2026 di Sungai Satui, Desa Sungai Cuka, Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. Pengambilan sampel dan pengukuran parameter lapangan dilakukan secara langsung di empat stasiun yang mewakili kondisi lingkungan berbeda, yaitu: Stasiun 1 (Kawasan Pelabuhan dan Industri), Stasiun 2 (Muara Sungai), Stasiun 3 (Bagian Hulu Sungai), dan Stasiun 4 (Kawasan Pemukiman Padat Penduduk). Analisis sampel air dilakukan di Laboratorium Terpadu, sedangkan pembuatan preparat dan pengamatan struktur histologis hati ikan dilakukan di Laboratorium Anatomi dan Fisiologi, keduanya berada di lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Sungai Satui

Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian menggunakan desain survei lapangan dan eksperimen laboratorium dengan dua kali pengulangan pada setiap stasiun. Alat yang digunakan meliputi alat pancing dan bedah untuk pengambilan sampel, termometer, refraktometer, pH meter, dan DO meter untuk pengukuran parameter fisika-kimia secara langsung, serta spektrofotometer UV-Vis, botol DO, inkubator, mikrotom, mikroskop cahaya, oven, *waterbath*, dan peralatan pendukung lainnya untuk analisis di laboratorium. Bahan yang digunakan terdiri dari sampel air dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*), larutan fiksasi BNF 10%, alkohol bertingkat, xilol, parafin, pewarna Hematoksilin-Eosin, serta reagen kimia untuk pengujian BOD dan COD.

Prosedur penelitian dan Analisis Data

Prosedur penelitian diawali dengan pengambilan sampel air pada kedalaman 30–50 cm dari permukaan air, kemudian dilakukan pengukuran suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut secara langsung di lapangan, sedangkan sampel untuk analisis laboratorium disimpan dalam wadah tertutup dan didinginkan. Sampel ikan ditangkap menggunakan pancing, selanjutnya diukur karakter morfometriknya meliputi panjang total, panjang standar, tinggi badan, dan parameter lainnya, sebelum dibedah secara aseptis untuk mengambil organ hati yang segera dimasukkan ke dalam larutan BNF 10% untuk proses pengawetan. Pembuatan preparat histologis dilakukan dengan metode parafin melalui tahapan fiksasi, dehidrasi, pembersihan, penanaman dalam blok parafin, pemotongan jaringan setebal 5 μ m, pewarnaan dengan Hematoksilin-Eosin, hingga pemasangan pada kaca objek untuk diamati struktur jaringannya di bawah mikroskop.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran parameter air dengan baku mutu air Kelas II menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, kemudian status mutu air dihitung menggunakan metode Indeks Pencemaran sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003. Kerusakan jaringan hati diidentifikasi dan diberi skor tingkat keparahan dari 0 hingga 3, selanjutnya hubungan antara nilai Indeks Pencemaran dan tingkat kerusakan hati dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan antarvariabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

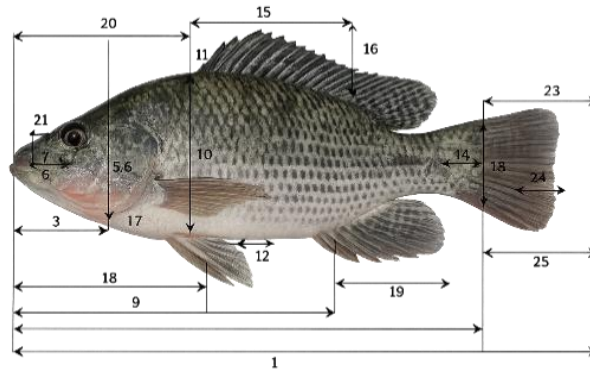
Berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada ikan nila yang tertangkap di keempat stasiun, diperoleh data ukuran tubuh yang relatif seragam. Panjang total ikan berkisar antara 20,8–22,1 cm, panjang standar antara 16,7–17,8 cm, dan tinggi badan antara 7,8–8,4 cm. Data lengkap karakter morfometrik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Karakter Morfometrik Ikan Nila di Setiap Stasiun

Karakter Pengukuran	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
Panjang Total (cm)	21,5	22,1	20,8	21,9
Panjang Standar (cm)	17,3	17,8	16,7	17,6

Panjang Kepala (cm)	6,2	6,4	6,0	6,3
---------------------	-----	-----	-----	-----

Secara keseluruhan, tidak ditemukan perbedaan signifikan pada bentuk dan proporsi tubuh ikan, yang menunjukkan bahwa sampel berasal dari populasi yang sama dan memiliki kondisi fisik yang relatif seragam. Gambaran pengukuran morfometrik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Pengukuran Morfometrik Ikan Nila

Berikut hasil dari pengukuran parameter fisika dan kimia air pada empat stasiun disajikan pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Rata-rata Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air

Parameter	Satuan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Baku Mutu Kelas II*
pH	-	7,5	7,5	7,5	8,0	6,0 – 9,0
Suhu	°C	27,0	27,0	28,0	29,0	28 – 30
Salinitas	‰	0,0	0,0	0,0	0,0	-
DO	mg/L	6,60	6,20	5,90	5,75	≥ 4,0
BOD	mg/L	21,67	20,00	19,67	19,17	≤ 3,0
COD	mg/L	27,83	27,83	28,09	26,52	≤ 25,0

Berdasarkan data tersebut, parameter pH, suhu, salinitas, dan DO masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan, sedangkan kadar BOD dan COD telah melebihi ambang batas yang diizinkan. Hasil perhitungan Indeks Pencemaran menunjukkan variasi status mutu air antar stasiun, seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Indeks Pencemaran dan Kategori Mutu Air

Stasiun	Nilai Indeks Pencemaran	Kategori Status Mutu Air
1	5,23	Tercemar Sedang
2	4,84	Tercemar Ringan
3	4,76	Tercemar Ringan
4	4,64	Tercemar Ringan

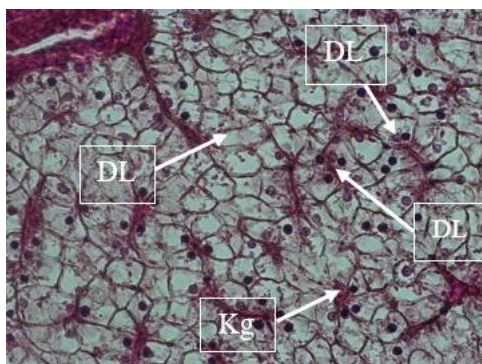
Stasiun 1 memiliki tingkat pencemaran tertinggi, sedangkan stasiun lainnya menunjukkan kondisi yang lebih baik namun tetap tergolong tercemar ringan. Pengamatan mikroskopis menunjukkan adanya perubahan struktur jaringan hati di semua lokasi pengambilan sampel. Jenis kerusakan yang ditemukan meliputi kongesti, degenerasi lemak, degenerasi hepatosit, nekrosis, dan pembentukan pusat makrofag melanositik. Tingkat keparahan kerusakan diberi skor 0–3, dengan hasil rata-rata seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Jenis dan Skor Rata-rata Kerusakan Hati Ikan Nila

Stasiun	Jenis Kerusakan Utama	Skor Rata-rata
1	Kongesti pembuluh darah	2,5

2	Degenerasi lemak dan kongesti	3,0
3	Degenerasi hepatosit dan lemak	2,0
4	Nekrosis dan pusat makrofag melanositik	2,0

Gambaran perubahan struktur jaringan histologi hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Histologis Hati Ikan Nila, Degenerasi Lemak (DL) dan Kongesti (Kg)

Analisis korelasi Pearson menunjukkan nilai koefisien $r = 0,42$, yang berarti terdapat hubungan positif dengan kekuatan lemah antara tingkat pencemaran perairan dan tingkat kerusakan jaringan hati ikan nila menggunakan rumus (1) serta data lengkap hubungan kedua variabel disajikan pada Tabel 5.

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (1)$$

Tabel 5. Hasil Analisis Korelasi Indeks Pencemaran dan Skor Kerusakan Hati

No	Stasiun	Indeks Pencemaran (IP) Rata-rata	Skor Kerusakan Hati Rata-rata
1.	1	5,23	2,5
2.	2	4,84	3,0
3.	3	4,76	2,0
4.	4	4,64	2,0

Pembahasan

Keseragaman ukuran dan bentuk tubuh ikan nila pada seluruh stasiun menunjukkan bahwa kondisi lingkungan masih memungkinkan ikan untuk tumbuh dan berkembang secara fisik normal. Meskipun demikian, pengamatan pada tingkat seluler memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai dampak pencemaran yang belum terlihat secara morfologi luar. Hal ini sesuai dengan pendapat Handayani *et al.* [4] bahwa karakter morfometrik seringkali belum cukup sensitif untuk mendeteksi perubahan lingkungan dalam jangka pendek.

Hasil pengukuran parameter kualitas air menunjukkan bahwa nilai pH yang berkisar antara 7,5–8,0 masih berada dalam rentang optimal untuk kehidupan ikan nila, yaitu antara 6,0–9,0 [2]. Suhu air yang tercatat 27–29°C juga mendukung proses metabolisme dan pertumbuhan ikan, meskipun mendekati batas atas baku mutu. Salinitas 0 ‰ menegaskan bahwa Sungai Satui merupakan perairan tawar yang sesuai dengan habitat alami ikan nila [1]. Kadar oksigen terlarut yang masih di atas 4 mg/L menjamin ketersediaan oksigen untuk proses respirasi, namun nilainya cenderung menurun seiring dengan meningkatnya nilai BOD dan COD.

Kadar BOD dan COD yang jauh melampaui ambang batas mengindikasikan adanya masukan bahan organik yang cukup tinggi ke dalam perairan. Sumber pencemar ini diduga berasal dari limbah

rumah tangga, sisa aktivitas pelabuhan, dan lalu lintas kapal pengangkut batubara [14]. Tingginya nilai BOD dan COD berarti banyak oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik, sehingga berpotensi menurunkan ketersediaan oksigen bagi organisme hidup dalam jangka panjang [12].

Berdasarkan perhitungan Indeks Pencemaran, Stasiun 1 yang terletak di kawasan pelabuhan dan industri menunjukkan tingkat pencemaran paling tinggi. Hal ini sejalan dengan temuan Saputra dan Hartono [11] yang menyatakan bahwa aktivitas manusia yang padat memberikan kontribusi signifikan terhadap penurunan kualitas air. Semakin jauh dari sumber aktivitas utama, nilai Indeks Pencemaran cenderung menurun akibat proses pengenceran dan dekomposisi alami sepanjang aliran sungai.

Perubahan struktur histologis hati merupakan respons fisiologis ikan terhadap tekanan lingkungan. Kongesti terjadi akibat gangguan aliran darah yang disebabkan oleh peningkatan beban kerja hati dalam proses detoksifikasi zat asing [6]. Degenerasi lemak terlihat sebagai akumulasi lemak di dalam sel hati yang menandakan terganggunya metabolisme lemak akibat paparan zat pencemar [9]. Nekrosis dan pembentukan pusat makrofag melanositik merupakan mekanisme pertahanan tubuh untuk mengurangi dampak racun, namun jika berlanjut dapat menyebabkan kerusakan jaringan yang permanen [7].

Meskipun nilai korelasi yang diperoleh tergolong lemah ($r = 0,42$), arah hubungan yang positif membuktikan bahwa semakin tinggi tingkat pencemaran, semakin parah kerusakan yang terjadi pada hati ikan. Hal ini menunjukkan bahwa analisis histopatologi hati dapat digunakan sebagai indikator biologis yang melengkapi pengukuran kualitas air secara fisika dan kimia [3]. Dengan demikian, hati ikan nila terbukti sensitif terhadap perubahan lingkungan dan dapat menjadi alat pemantauan awal kondisi kesehatan ekosistem perairan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran, analisis kualitas perairan, serta pengamatan struktur histologis hati ikan nila yang telah dilakukan di Sungai Satui, dapat disimpulkan bahwa kondisi perairan tersebut menunjukkan variasi kualitas yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sekitarnya. Secara umum, parameter fisika dan kimia seperti pH, suhu, salinitas, dan oksigen terlarut masih memenuhi baku mutu air Kelas II yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, sehingga masih mendukung keberlangsungan hidup organisme akuatik. Namun demikian, kadar kebutuhan oksigen secara biologis (BOD) dan kebutuhan oksigen secara kimiawi (COD) di seluruh titik pengamatan telah melampaui ambang batas yang diizinkan, mengindikasikan adanya masukan bahan organik dan zat pencemar yang cukup signifikan. Berdasarkan perhitungan Indeks Pencemaran, status mutu air di kawasan pelabuhan dan industri tergolong tercemar sedang, sedangkan di kawasan muara, hulu, dan pemukiman tergolong tercemar ringan. Kondisi lingkungan ini tercermin pula pada perubahan struktur hati ikan nila, di mana ditemukan berbagai tingkat kerusakan mulai dari kongesti, degenerasi lemak, degenerasi hepatosit, hingga nekrosis dan pembentukan pusat makrofag melanositik. Analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan positif lemah antara tingkat pencemaran perairan dengan tingkat kerusakan jaringan hati, yang membuktikan bahwa penurunan kualitas air berdampak pada kondisi fisiologis ikan dan organ hati dapat dijadikan sebagai bioindikator yang sensitif terhadap perubahan lingkungan.

Berkaitan dengan hasil penelitian tersebut, disampaikan beberapa saran yang bersifat praktis dan terarah. Bagi pemerintah daerah dan instansi pengelola lingkungan, disarankan untuk melakukan pengawasan dan pengendalian yang lebih ketat terhadap sumber pencemar, terutama yang berasal dari limbah domestik dan aktivitas pelabuhan, serta menetapkan standar operasional yang jelas guna mencegah peningkatan kadar BOD dan COD yang sudah melampaui batas. Bagi pengelola kawasan pelabuhan dan industri, diperlukan penerapan sistem pengolahan limbah sebelum dibuang ke perairan serta pengaturan jadwal operasional kapal agar tidak menimbulkan tekanan pencemaran yang berlebihan. Bagi masyarakat yang tinggal di sekitar aliran sungai, disarankan untuk mengubah kebiasaan membuang sampah dan limbah rumah tangga secara langsung ke sungai, serta berpartisipasi aktif dalam menjaga kebersihan lingkungan perairan. Selain itu, bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan pemantauan berkala dengan rentang waktu yang lebih panjang dan mengamati organ tubuh lain atau jenis ikan yang berbeda guna melengkapi data dan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kondisi ekosistem Sungai Satui secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat atas dukungan fasilitas penelitian, serta kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Affandi, R., & Tang, U. M. (2002). *Fisiologi Hewan Air*. Unri Press, Pekanbaru.
- [2] Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*. Kanisius, Yogyakarta.
- [3] Getnet, M. A., dkk. (2024). Histopathology based study of Nile tilapia as a biomarker for water pollution evaluation. *BMC Veterinary Research*, 20, 409.
- [4] Handayani, T. A., dkk. (2024). Karakter morfometrik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada budidaya di Desa Buah Jakung. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 11(1), 29–36.
- [5] Hertika, A. M. S., Diana, A., Evellin, D. L., & Renanda, B. D. S. P. (2021). Analisis hubungan kualitas air dan kadar glukosa darah ikan di perairan Sungai Brantas. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3), 522–530.
- [6] Hidayatullah, A., dkk. (2024). Respons histopatologi hati ikan nila terhadap perubahan kualitas air di sungai pesisir. *Jurnal Akuakultur dan Lingkungan*, 10(1), 45–54.
- [7] Nurhaliza, S., dkk. (2023). Pusat makrofag melanositik sebagai respons pertahanan hati ikan nila terhadap pencemaran lingkungan. *Jurnal Biologi Laut dan Perairan*, 5(1), 33–41.
- [8] Pikturaliistik, P. P. (2013). Toksisitas limbah terhadap struktur mikroanatomi hati ikan. *Jurnal Biologi dan Lingkungan*, 4(1), 22–30.
- [9] Pratama, Y., & Wulandari, S. (2025). Gambaran degenerasi lemak pada hati ikan nila sebagai indikator pencemaran bahan organik. *Jurnal Anatomi dan Fisiologi Hewan*, 6(1), 22–30.
- [10] Putra, A. D., Agatha, G. J., & Pratama, S. F. (2025). Pendekatan histologi hati ikan nila sebagai bioindikator kualitas perairan. *Jurnal Biogenerasi*, 11(1), 137–144.
- [11] Saputra, R., & Hartono, T. (2025). Pengaruh aktivitas pelabuhan dan permukiman terhadap kualitas air sungai di Kabupaten Tanah Bumbu. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Perairan*, 7(1), 45–56.
- [12] Sari, W., & Utami, R. (2024). Hubungan kadar COD dan BOD dengan status mutu air sungai di kawasan pesisir Kalimantan Selatan. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terpadu*, 9(2), 78–86.
- [13] Simbolon, A. R. (2016). Pencemaran bahan organik dan eutrofikasi di perairan. *Jurnal Pro-Life*, 3(2), 109–118.
- [14] Sufyan, A., Akhwady, R., Risandi, J., & Indriasari, V. Y. (2021). Kajian pasang surut dan arus di muara untuk pengembangan pelabuhan Satui, Kalimantan Selatan. *Jurnal Kelautan*, 14(3), 284–290.
- [15] Yazwar. (2021). Dinamika kualitas air dan keanekaragaman biota di perairan tawar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(1), 45–52.