

Kajian Struktur Histologi Hati, Insang dan Lambung Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Danau Batur, Bangli

The Study of The Structure Histology of Liver, Gills and Stomach of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Batur Lake, Bangli

Ida Ayu Putu Sugiantari^{1*}, Anak Agung Sagung Alit Sukmaningsih K², I Made Sara Wijana²

¹Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

²Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

Jl. Kampus Bukit Jimbaran, Jimbaran, Badung, Bali 80361, Indonesia

* Email : tarimanuaba@gmail.com

Diterima 31 Januari 2022 / Disetujui 6 April 2022

ABSTRAK

Danau Batur saat ini sudah mulai tercemar akibat tingginya beban pencemaran yang masuk ke perairan disebabkan oleh aktivitas masyarakat di sekitar danau. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kerusakan struktur histologi hati, insang, dan lambung, ikan nila serta mengetahui jenis logam berat yang terdapat di perairan Danau Batur. Penelitian ini menggunakan 5 titik lokasi pengambilan sampel ikan nila. Sampel dibuat sayatan histologi organ dengan metode *embedding* dan analisis logam berat dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer*. Hasil skoring pada insang luar, diperoleh kejadian patologi berturut-turut hiperplasia, edema lamela sekunder, dan fusi lamela paling berat 25% pada 4 lokasi, 18,7% pada lokasi 5, dan 25,00% pada lokasi 2. Pada insang dalam menunjukkan berturut-turut hiperplasia, edema lamela sekunder dan fusi lamela paling berat dengan frekuensi masing-masing 25,00% pada 4 lokasi, 25,00% pada lokasi 5, dan 25,00% pada lokasi 4. Lambung ditemukan kerusakan berupasel kariolisis, infiltrasi sel radang, dan desquamasi epitel. Histologi hati menunjukkan adanya kariolisis, karioreksis, dan degenerasi melembak. Konsentrasi logam berat di organ hati terdeteksi Fe dengan konsentrasi paling besar 3,96 ppm pada lokasi 2 dan Cu dengan konsentrasi paling besar 0,7 ppm pada lokasi 5. Ditemukannya kerusakan organ serta adanya logam berat, menandakan bahwa perairan Danau Batur mengalami pencemaran oleh aktivitas manusia di sekitar danau.

Kata kunci : Danau Batur, histologi, ikan nila, logam berat, pencemaran

ABSTRACT

Lake Batur is currently starting to be polluted due to the high pollution load enters into waters which caused of the people activities around the lake. This study aims to observe the histological structure damage of the liver, gills, and stomach, on the tilapia fishes, as well as to determine heavy metal types found in the Batur Lake water. This study was carried out 5 points of Batur Lake. The fish samples were prepared histological section by using the embedding method. Heavy metals were determined by using the *Atomic Absorption Spectrophotometer*. The scoring on the external gills showed there were pathological occurrences of hyperplasia, secondary lamellae edema, and lamellae fusion with most severe frequency of 25% at 4 locations, 18.7% at location 5, and 20% at location 2 respectively. Internal gills showed hyperplasia, secondary lamellae edema and most severe lamella fusion with most severe frequency of 25% at 4 sites, 25% at location 5, 25% at location 4 respectively. The stomach damaged were karyolytic cells, inflammatory cell infiltration, and epithelial desquamation. Liver histology showed karyolysis, karyorrhexis, and fatty degeneration. The heavy metals Fe and Cu were detected in the liver with Fe with the highest concentration of 3.96 ppm (Fe) at location 2 and 0.7 ppm (Cu) at location 5. The discovery of organ damages and the presence of heavy metals on the tilapia fish body indicated that Batur Lake water has been polluted by human activity around the lake.

Keywords : contamination, Batur Lake, heavy metal, histology, tilapia fish

PENDAHULUAN

Danau merupakan salah satu ekosistem yang menempati daerah relatif kecil pada permukaan bumi. Pulau Bali memiliki salah satu danau terbesar, yaitu Danau Batur yang berada di wilayah Kabupaten Bangli. Perkembangan pembangunan di sekitar Danau Batur berpusat di sektor ekonomi belum sepenuhnya memperhatikan masalah lingkungan. Penelitian tentang kualitas air Danau Batur dilaporkan telah melampaui baku mutu, dengan indeks pencemaran (IP) air menunjukkan Danau Batur termasuk pada cemar ringan, yaitu 1,05-2,82 (Handayani et al., 2011).

Aktivitas manusia dapat mengakibatkan terbentuknya logam berat yang mencemari perairan. Logam berat merupakan bahan berbahaya karena sifat toksisitasnya apabila berada pada jumlah yang tinggi (Kartika, 2017). Meningkatnya kadar logam berat yang semula dibutuhkan dalam proses metabolisme berubah menjadi racun bagi organisme air (Amin et al., 2011). Kenaikan logam berat pada perairan akan terserap ke dalam jaringan, dan berakhir pada organisme besar yang menjadi konsumen terakhir pada rantai makanan (Murtiani, 2003). Perairan yang memiliki tingkat pencemaran tinggi akan mempengaruhi keadaan fisiologis ikan yang disertai dengan patologi anatomi (Mason, 2002).

Penyerapan logam berat oleh ikan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu respirasi melalui insang, melalui permukaan tubuh dan dari makanan atau air melalui sistem pencernaan (Murtiani, 2003). Logam berat yang terserap melalui pencernaan ikan akan terikat di dalam tubuh dengan gugus S-H dalam protein, sehingga menyebabkan kerja enzim terhambat dan mengganggu sintesis hemoglobin (Nurfitriani, 2017). Perairan yang tercemar logam berat dapat mempengaruhi struktur histologi insang. Insang merupakan organ dengan permukaan yang luas dan terbuka, sehingga menjadi salah satu organ yang paling awal terpapar bahan toksik di perairan (Wong dan Marcus, 2000).

Insang memiliki fungsi sebagai organ respirasi, osmoregulasi, keseimbangan asam basa, dan ekskresi limbah nitrogen (Dolenec dan Kuzir 2009). Kerusakan histologi pada insang umumnya

berupa hiperplasia, edema lamela sekunder, dan juga berhimpitnya (fusi) pada lamela sekunder (Zulfahmi et al., 2015). Berdasarkan penelitian (Jannah et al., 2017) akumulasi logam berat terjadi pada organ hati. Hati berfungsi sebagai alat detoksifikasi (Fitriani et al., 2020). Sehingga hati menjadi organ target bagi toksikan berupa logam berat (Sari et al., 2016).

Akumulasi logam berat di hati menyebabkan proses metabolisme terganggu dan mengakibatkan pompa ion natrium dalam sel hati tidak bekerja dengan baik, sehingga air akan masuk lebih banyak dan menyebabkan pembengkakan sel dan terganggunya proses pertukaran nutrisi (Fujaya, 2008). Ikan-ikan di Danau Batur merupakan ikan konsumsi yang tidak jarang didistribusikan ke pasar lokal dan area restoran atau pun hotel di sekitar danau. Akumulasi logam berat yang dikonsumsi manusia dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan yang luas seperti dapat merusak sistem saraf, saluran pencernaan, menurunkan fertilitas, dan dapat merusak fungsi ginjal (Kusumastuti *et.al.* 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kondisi patologi pada histologi organ hati, insang, dan lambung ikan nila di perairan yang diduga tercemar oleh aktivitas manusia.

METODE PENELITIAN

Bagian Waktu dan Titik Lokasi *Sampling*

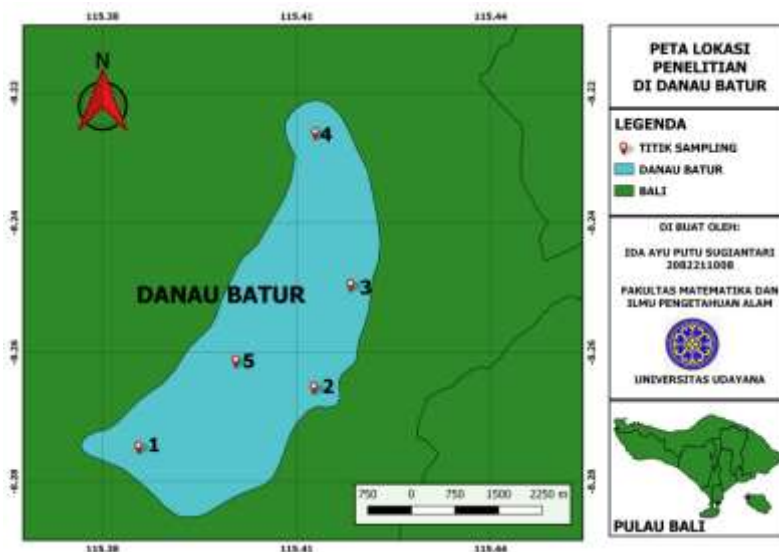
Sampling dilakukan dengan mengambil lima titik di Danau Batur, yang didasari pada daerah-daerah dengan aktivitas manusia yang padat. Titik 1 terletak di Desa Kedisan, titik 2 terletak di Desa Abang, titik 3 terletak di Desa Trunyan, titik 4 terletak di Desa Songan, dan titik 5 berada pada daerah tengah Danau Batur pada Gambar 1.

Pengambilan Sampel Ikan dan Pembedahan

Masing-masing titik diambil 5 ekor ikan dengan panjang berkisar antara 12-15 cm. Pembedahan dilakukan di bagian perut di dekat anus, dengan membentuk garis vertikal sampai ke bagian punggung dan satu garis vertikal di dekat kepala. Kemudian dua garis vertikal tersebut dihubungkan dengan garis horizontal pada masing-masing. kemudian diambil organ insang, hati, dan

lambung. Sebelum dilakukan fiksasi dengan NBF (*Neutral Buffer Formalin*) 10% organ terlebih

dahulu dibersihkan dengan larutan garam fisiologis NaCl 0,9%



Gambar 1. Peta Sampling Danau Batur (dokumen pribadi, *software Qgis*)

Preparasi Organ Hati dan Pembacaan Logam Berat

Organ hati sebanyak 1 gram yang telah ditambahkan dengan nitrat dan asam sulfat dipanaskan di dalam Ruang Asam sehingga organ hancur dan membentuk larutan kekuningan. Larutan tersebut di masukkan ke dalam botol sebanyak 25 ml dan dilakukan pembacaan logam berat (Fe, Pb, Cd, Cu) menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Pembuatan Sayatan Histologi dan Pengamatan Histologi

Pembuatan sayatan histologi organ insang, hati, dan lambung dilakukan dengan menggunakan metode *embedding* dan pewarnaan Hematoksilin dan Eosin. Pengamatan dilakukan sebanyak 4 bidang pandang, di mana pada preparat organ hati dan lambung diamati jejas kariolisis, karioreksis, dan degenerasi melemak. Kemudian pada preparat insang, diamati edema lamela sekunder, hiperplasia, dan fusi lamela.

Pengolahan Data

Pengolahan data kualitatif insang dengan metode *semiquantitative scoring* dari Pantung et al., (2008) yang telah dimodifikasi berdasarkan pada *scoring* perubahan histopatologinya. Skoring berkisar dari 0 sampai 3 dilihat dari luasan patologi yang terjadi. Kemudian hasil skoring dihitung kembali, yaitu membagi jumlah insang yang mengalami gejala patologis dengan jumlah insang yang diamati kemudian dikalikan 100% untuk mendapatkan hasil frekuensi kejadian patologis. Data pengamatan dari organ hati dan lambung kemudian dirata-rata. Pengamatan histologi insang dan lambung menggunakan *software Image Raster* yang kemudian data hasil penghitungan diolah menggunakan *Ms. Excel* untuk memperoleh rata-rata patologi tiap sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis logam berat pada organ hati ikan nila, ditemukan dua jenis logam yang terdeteksi dari empat jenis logam yang diujikan, yaitu Fe dan Cu yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil pengamatan histologi insang luar pada ikan yang diambil pada 5 titik, ditemukan edema lamela sekunder, mulai dari skor 2 dan 3. Edema dengan skor 2 terjadi pada ikan di semua titik sampling

dengan frekuensi tertinggi pada titik 2 dan 3. Patologi dengan skor 3 terjadi empat titik tidak termasuk pada titik 3, dengan frekuensi tertinggi terdapat pada titik 5. Pada titik 1 dan 3 tidak ditemukan frekuensi jejas edema yang berarti. Hiperplasia ditemukan pada titik 1 dengan frekuensi sedang pada skor 2, kemudian hiperplasia berat dengan skor 3, ditemukan di semua titik pengambilan sampel, dengan frekuensi tertinggi pada titik 2, titik 3, titik 4, dan titik 5. Fusi lamela ditemukan pada semua titik dan yang paling tinggi adalah pada titik 2 dengan skoring 3.

Hasil pengamatan histologi insang dalam pada pada 5 titik sampling, ditemukan edema lamela sekunder, mulai dari skor 0 dan 3. Patologi edema dengan skor 1 terjadi pada ikan di titik 4 dan skor 3 pada edema lamela sekunder ditemukan frekuensi paling tinggi pada titik 3 dan titik 5. Patologi hiperplasia ditemukan dengan skor 3 di semua titik sampling. Kemudian patologi fusi lamela ditemukan di titik 3 dan frekuensi yang paling tinggi pada titik 4. Hasil pengamatan insang luar ikan ditunjukkan pada Tabel 2. Sedangkan untuk insang dalam ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Hasil analisis konsentrasi logam berat di hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

Lokasi Titik Sampling	Fe (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Cd (ppm)
1 (Desa Kedisan)	1,62	ttd	0,57	-
2 (Desa Abang)	3,96	ttd	0,41	-
3 (Desa Trunyan)	2,68	ttd	0,48	-
4 (Desa Songan)	2,97	ttd	0,27	-
5 (Tengah Danau)	3,09	ttd	0,73	-

Keterangan : Tidak terdeteksi (-)

Tabel 2. Hasil frekuensi kejadian patologi insang luar ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dari Danau Batur dalam satuan %

Titik	Edema Lamela Sekunder				Hiperplasia				Fusi Lamela			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Titik 1	6,25	0	12,5	6,25	0	0	6,25	18,7	12,5	0	12,5	0
Titik 2	0	0	18,7	6,25	0	0	0	25,0	0	0	18,7	25,0
Titik 3	6,25	0	18,7	0	0	0	0	25,0	0	0	6,25	18,7
Titik 4	0	0	12,5	12,5	0	0	0	25,0	6,25	0	6,25	18,7
Titik 5	0	0	6,25	18,7	0	0	0	25,0	18,7	0	0	0

Keterangan : Skor 0 (tidak ada kerusakan sama sekali), skor 1 (terjadi kerusakan ringan <30%), skor 2 (terjadi kerusakan sedang 30%-70%), skor 3 (terjadi kerusakan berat >70%).

Patologi kariolisis pada organ hati yang paling besar terjadi pada titik 1, kemudian rata-rata terbesar pada patologi karioreksis adalah di titik 2, dan rata-rata degenerasi melemak tertinggi ditemukan pada titik 1. Pada organ lambung, ditemukan rata-rata patologi kariolisis tertinggi pada titik 1, rata-rata tertinggi pada patologi karioreksis adalah di titik 4, dan rata-rata degenerasi melemak tertinggi ditemukan pada titik 1. Ditunjukkan pada Tabel 4.

Terdeteksi dua jenis logam berat yang ditemukan pada organ hati ikan nila di perairan Danau Batur, yaitu Fe dan juga Cu. Penelitian

Supriyantini & Endrawati (2015) melaporkan bahwa logam Fe merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam kadar yang rendah, sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam kadar berlebih juga dapat menimbulkan efek toksisitas.

Logam Cu atau tembaga juga merupakan logam esensial yang apabila dalam kadar rendah sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup, sedangkan dalam kadar tinggi akan bersifat sangat toksik (Valerina et al., 2020). Keberadaan logam Fe dan Cu diduga berasal dari aktivitas dan peralatan (mesin kapal) di dermaga yang terletak di Desa

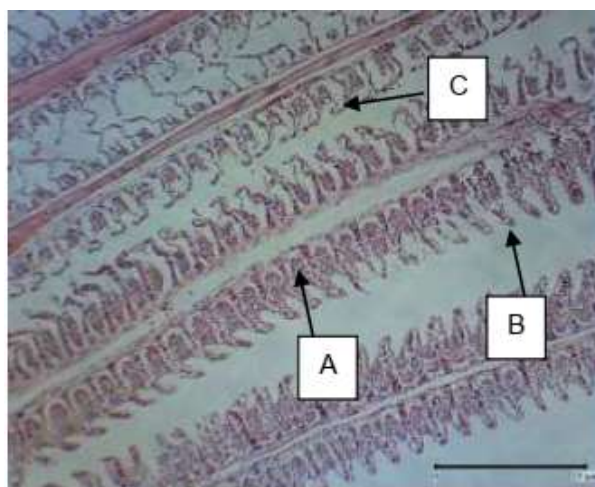
Kedisan yang digunakan sebagai transportasi wisata menuju ke daerah kuburan di Desa Trunyan.

Aktivitas masyarakat di sekitar Danau Batur yang sebagian besar adalah nelayan, menyebabkan keberadaan kapal yang berukuran sedang maupun kapal kecil sangat mudah ditemukan di pinggiran Danau Batur. Tembaga (Cu) merupakan salah satu bahan campuran bahan pengawet yang sangat sering digunakan dalam pembuatan galangan kapal (Febrita et al., 2013). Banyaknya kapal-kapal yang berlabuh ataupun bangkai kapal yang dibiarkan begitu saja oleh nelayan, merupakan sumber utama dari pencemaran logam Cu, yang terjadi akibat korosi badan kapal di perairan.

Keramba jaring apung (KJA) di sekitar Danau Batur juga menghasilkan limbah yang dapat mencemari perairan danau. Yusuf et al., (2011) melaporkan bahwa penggunaan pakan ikan berupa pelet yang diberikan secara berlebih dan tidak termakan habis oleh ikan akan mengendap di dasar

perairan dan memberikan pencemaran logam berat berupa Fe.

Hasil pengamatan ditemukan, tercemarnya perairan Danau Batur membawa dampak terhadap struktur histologi dari ikan nila. Dari hasil pengamatan ditemukan, adanya kelainan struktur histologi organ insang, hati, dan lambung pada ikan di perairan Danau Batur. Patologi yang ditemukan pada organ insang berupa hiperplasia, edema lamela sekunder, dan fusi lamela. Sudaryatma et al., (2013) melaporkan bahwa hiperplasia terjadi karena respon fisiologis untuk melindungi jaringan dari zat toksik dengan menstimulasi pertumbuhan sel epitel insang dengan cepat. Penelitian Sipahutar et al., (2013) melaporkan bahwa Pertumbuhan sel yang sangat cepat dan banyak menyebabkan fusi lamela sekunder. Fusi lamela yang terjadi akibat hiperplasia sel lamela secara terus menerus mengisi ruang antar lamela sekunder dengan sel baru sehingga menyebabkan perlekatan antara lamela sekunder.

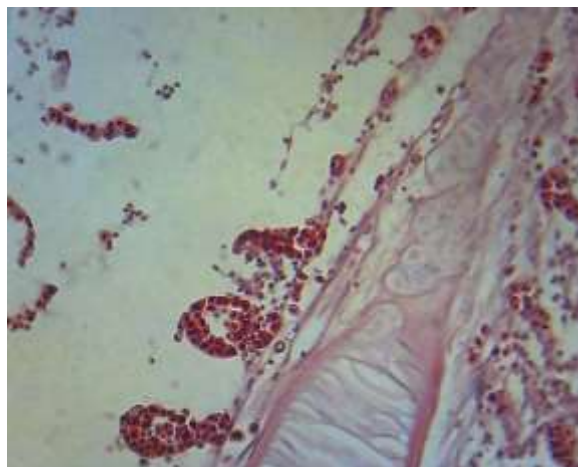


Keterangan: (A) Hiperplasia, (B) Edema lamela sekunder, (C) fusi lamela sekunder

Gambar 2. Histologi insang ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

Pada insang juga ditemukan telengietaksis yang merupakan kondisi patologi akibat adanya edema dan hiperplasia yang mengakibatkan salah satu bagian mengalami pembengkakan, sehingga terjadi penyempitan pembuluh darah yang berdampak pada penumpukan darah pada salah satu bagian (Tandjung, 1982). Penelitian Lujic et al., (2013) melaporkan bahwa paparan besi (Fe)

pada ikan dapat menyebabkan telengietaksis dan hemoragi pada insang. Febrina dan Ayuna (2014) melaporkan Fe dibutuhkan tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Banyaknya Fe dalam tubuh dikendalikan oleh fase adsorpsi dan tubuh tidak dapat mengekskresikan Fe, sehingga akan terakumulasi di dalam tubuh.



Gambar 3. Telengietaksis pada insang

Tabel 3. Hasil frekuensi kejadian patologi insang dalam ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dari Danau Batur dalam satuan %

Titik	Edema Lamela Sekunder				Hiperplasia				Fusi Lamela			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Titik 1	0	0	12,5	12,5	0	0	0	25,0	0	0	12,5	12,5
Titik 2	12,5	0	0	12,5	0	0	0	25,0	0	6,25	0	12,5
Titik 3	0	0	0	25,0	0	0	0	18,7	25,0	0	0	0
Titik 4	0	12,5	0	12,5	0	0	0	25,0	0	0	6,25	25,0
Titik 5	0	0	0	25,0	0	0	0	25,0	6,25	6,25	6,25	0

Keterangan : Skor 0 (tidak ada kerusakan sama sekali), skor 1 (terjadi kerusakan ringan <30%), skor 2 (terjadi kerusakan sedang 30%-70%), skor 3 (terjadi kerusakan berat >70%).

Pengamatan pada organ hati ditemukan patologi kariolisis, karioreksis, dan degenerasi melemap. kerusakan pada struktur hati tersebut disebabkan oleh adanya zat toksik di perairan. Paparan logam berat pada sel-sel hati dapat menyebabkan kerusakan struktur histologi hati. Kemampuan detoksifikasi hati terhadap zat toksik sangat terbatas, sehingga pemaparan logam berat melebihi batas akan dapat menyebabkan kerusakan permanen terhadap sel-sel hati (Harteman, 2013). Perubahan struktur histologi hati ikan nila dapat disebabkan karena adanya logam Fe yang berasal dari buangan limbah hotel dan korosi pipa-pipa air yang mengandung logam Fe (Supriyanti dan Endrawati, 2015). Besi (Fe) merupakan logam esensial yang diperlukan dalam tubuh yang dalam kadar rendah akan membantu proses metabolisme dan pertumbuhan, namun akumulasi yang berlebihan akan menjadikan Fe bersifat toksisitas (Puttaiah dan Kiran, 2008).

Kerusakan berupa degenerasi melemap terjadi akibat akumulasi lemak yang berlebih di sitoplasma, sehingga muncul vakuola-vakuola lemak di dalam sel (Triadayani et al., 2010). Kerusakan ini ditemukan pada struktur histologi hati dan juga lambung ikan nila. Selain itu, kerusakan berupa sel karioreksis ditemukan pada sel hati dan juga lambung. Lescher (2011) melaporkan bahwa karioreksis merupakan salah satu karakteristik kematian sel yang digambarkan dengan kondensasi dan pecahnya inti menjadi partikel-partikel atau fragmentasi.

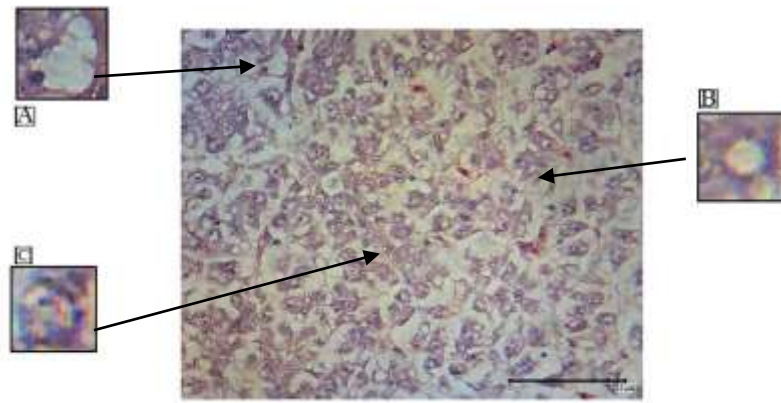
Penelitian Hurtado dkk. (2019) melaporkan bahwa akumulasi tinggi dari logam Fe dapat merusak struktur jaringan pada organ ikan, akumulasi logam pada tingkat gastrointestinal terjadi di permukaan lambung dan mengendap di lumen yang menyebabkan dilatasi luminal dan nekrosis pada sel kelenjar. Selain logam Fe, ditemukan juga logam Cu yang terakumulasi di

dalam tubuh ikan nila. Sabullah *et al.*, (2014) melaporkan bahwa Cu merupakan polutan kimia yang apabila memasuki tubuh ikan akan dapat merusak dan melemahkan mekanisme yang

berkaitan dengan fisiologis, perubahan dari biokimia dan adanya patologi. Logam Cu dalam kadar yang tinggi dapat menghambat fungsi biologis dan menyebabkan perubahan histologi

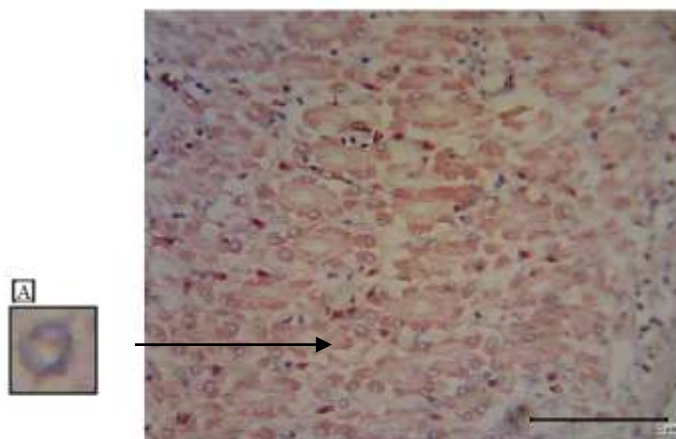
Tabel 4. Frekuensi patologi hati dan lambung ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dari Danau Batur

Titik	Kariolisis		Karioreksis		Degenerasi Melemak	
	Hati	Lambung	Hati	Lambung	Hati	Lambung
Titik 1	14,5	8,5	2,75	12,5	12	6
Titik 2	6,5	6	4	1,25	8	5,5
Titik 3	4,5	10	2	1,25	8,5	4,5
Titik 4	6,5	7,5	3	2	6,5	4,75
Titik 5	9,5	4,75	2,5	0,75	55	2,75



Keterangan: (A) melemak, (B) kariolisis, (C) karioreksis.

Gambar 4. Histologi hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*)



Keterangan: (A) kariolisis

Gambar 5. Histologi lambung ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

KESIMPULAN

Akumulasi kedua logam Fe dan Cu yang tinggi telah mempengaruhi struktur histologi insang, hati, dan juga lambung. Berdasarkan hasil skoring menunjukkan frekuensi kejadian patologi pada insang dalam dan luar berkisar pada skoring 3 (berat). Kelainan histologi pada hati ditemukan patologi berupa sel kariolisis dengan rata-rata tertinggi pada titik 1, karioreksis pada titik 2, dan degenerasi melemak pada titik 1. Kelainan histologi lambung ditemukan berupa sel kariolisis dengan rata-rata tertinggi pada titik 3, karioreksis pada titik 4, dan degenerasi melemak pada titik 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainiyah, S.D., Lestari, I., Andini, A. 2018. Hubungan Antara Kadar Besi (Fe) Air Tambak Terhadap Kadar Besi (Fe) pada Daging Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Kecamatan Jabon Sidoarjo. *Jurnal Sain Health*, 2,2:21-28.
- Amin, B., Afriyani, E & Mikael, A.S. 2011. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi*, 2(1), 1-8.
- Dolenec, M & Kuzir, S. 2009. Anatomy and Histology of Bony Fish Gills as a Basis of Their Multiple Roles. *Veterinarska Stanica*, 40(4), 209-217.
- Febrina, L & Ayuna, A. 2014. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 35-44. <https://doi.org/10.24853/jurtek.7.1.35-44>
- Febrita, E., Darmadi, D., & Trisnani, T. 2013. Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Siput Merah (*Cherithidae* sp.) di Perairan Laut Dumai Provinsi Riau. *Prosiding: Semirata FMIPA*, 2013(1).
- Fitriani, R.N., Sitasiwi, A.J., & Isdadiyanto, S. 2020. Struktur Hepar dan Rasio Berat Hepar Terhadap Bobot Tubuh Mencit (*Mus musculus* L.) Jantan Setelah Pemberian Ekstrak Etanol Daun Mimba (*Azadirachta indica* Ajuss). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 5(1), 75-83. <https://doi.org/10.14710/baf.5.1.2020.75-83>
- Fujaya, Y. 2008. Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Handayani, C.I.M., Arthana, I.W., & Merit, I.N. 2011. Identifikasi Sumber Pencemar dan Tingkat Pencemaran Air di Danau Batur Kabupaten Bangli. *Ecotrophic*, 6(1), 37-43.
- Harteman, E. 2013. Pemantauan Logam Berat pada Histologi Ikan Badukang (*Arius caelatus* Valenciennes 1840) Muara Sungai Rahayan dan Katingan, Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Hewan Tropika*, 2(1), 21-26.
- Hurtado, C.S., Herbach, E.P., & Campos, M.U. 2019. Metal Intoxication in Fish. *Veterinary Histopathology Center*.
- Kartika, R. 2017. Korelasi Kadar Total Logam Pb Terhadap Kadar Protein Pada Udang Putih (*Penaeus merguensis*) Yang Diambil di Pesisir Pulau Bunyu Kalimantan Utara. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 14(2), 127-133.
- Kusumastuti, D., Setiani, O., Joko, T. 2020. Analisis Frekuensi Konsumsi Makanan Laut dan Kandungan Logam Berat Pb dalam Darah Wanita Usia Subur (WUS) di Wilayah Kerja Puskesmas Bandarharjo. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(5):687-693. DOI: 10.14710/jkm.v8i5.27988.
- Jannah, R., Nazaruddin, Winarudin, Balqis, U., Armansyah, T. 2017. Pengaruh Paparan Timbal (Pb) Terhadap Histopatologis Hati Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *JIMVET*, 01(4):742-748. <https://doi.org/10.21157/jim%20vet..v1i4.4992>
- Lescher, P.J. 2011. *Pathology for the Physical Therapist Assistant*. Philadelphia F.A. Davis Company.
- Lujic, J., Marinovic, Z., & Miljanovic, B. 2013. Histological Analysis Of Fish Gills as an Indicator of water Pollution in the Tamis River. *Acta Agriculturae Serbica*, 18(36), 133-141.
- Mason, C. 2002. *Biology Of Freshwater Pollution*. Fourth Edition. England: Prentice Hall.
- Murtiani, L. 2003. *Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Ekstrak Kerang Darah (Anadara granosa L.) di Muara Sungai Tambak Oso Sedati-Sidoarjo* [Universitas Negeri Surabaya]. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/6906/1/Nadhirat%20Naimin.pdf>
- Nurfitriani, S. 2017. *Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (Oreochromis niloticus L.) di Tambak Sekitar Muara Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkajene*

- dan Kepulauan Rangkep [Universitas Hasanuddin].
https://nanopdf.com/download/bioakumulasi-logam-berat-timbel-pb-pada-ikan-nila_pdf
- Pantung N., Helander, K.G., Helander, H.F., & Cheevaporn, V. 2008. Histopathological Alterations Of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus*, *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure. *Environment Asia*, 1(2008), 22-27.
- Puttiah, E.T & Kiran, B.R. 2008. Heavy Metal Transport in a Sewage Fed Lake of Karnataka, India. *Proceeding Journal*.
- Sabullah, M.K., Shukor, M.Y., Sulaiman, M.R., Shamaan, N.A., Syed, M.A., Khalid, A., & Ahmad, S.A. 2014. The Effect of Copper on the Ultrastructure of *Puntitus javanicus* Hepatocyte. *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 8(15), 245-51.
<https://doi.org/10.1155/2014/571094>
- Sari, W, Okavia, I.W., Cerianna, R., & Sumarti. 2016. Struktur Mikroskopis Hati Ikan *Serukan (Osteochilus vittatus)* dari Sungai Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya yang Tercemar Limbah Penggilingan Bijih Emas. *Jurnal Biotik*, 4(1), 33-40.
<https://doi.org/10.22373/biotik.v4i1.1068>
- Sipahutar, L.W., Aliza, D., Winaruddin, & Nazaruddin. 2013. Gambaran Histopatologi Insang Ikan Nila yang Dipelihara Dalam Temperatur Air di Atas Normal. *Jurnal Medika Veterinaria*, 7(1), 1-3.
<https://doi.org/10.21157/j.med.vet..v7i1.2912>
- Sudaryatma, P.E., Eriawati, N.N., Panjaitan, I.F., & Sunarsih, L.N. 2013. Histopatologi Insang Ikan Lele (*Clarias bathracus*) yang Terinfeksi *Dactylogyrus* sp. *Jurnal Sains Veteriner*, 1(2), 78-83.
<https://doi.org/10.29244/avi.1.2.75-80>
- Supriyantini, E. & Endrawati, H. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, VI. 18.
<https://doi.org/10.14710/jkt.v18i1.512>
- Suyanto, A., Kusmiyati, S., Retnaningsih, C. 2010. Residu Logam Berat Ikan dari Perairan Tercemar di Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 01,02:33-38.
- Tandjung, S. D. 1982. *The Acute Toxicity and Histopathology of Brook Trout (Salvenilus fontinalis Mitchell) Exposed to Alumunium in Acid Water* [University Microfilms International].
<https://www.proquest.com/openview/f108e1c4c8d88f698ea8b8f13d8089b3/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Tariq, A., Al-Momani, R., Khalaf, M., Wahsha, M., Sbaihat, M., Khalaf, N., Khadra, K.A., Magames, H. 2016. Levels of Heavy Metals in Fishes (*Cheilinus trilobatus*) from the Gulf of Aqaba, Jordan. *Natural Science*, 8:256-263.
<http://dx.doi.org/10.4136/ns.2016.86030>.
- Triadayani, A.E., Aryawati, R., & Diansyah, G. 2010. Pengaruh Logam Timbal (Pb) Terhadap Jaringan Hati Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*). *Maspari Journal*, 01, 42-47.
- Valerina, L. E., Maulida, S.Z., Anteng, A.A., & Santoso, S.P. 2020. Biosorpsi Cu(II) oleh *Pseudomonas putida*. *Scientific Journal Widya Teknik*, 19(2), 87-96.
<https://doi.org/10.36706/maspari.v1i1.1078>
- Wijaya, D., Santosa, A.A., Tjahjo, D.W.H. 2012. Kajian Kualitas Perairan dan Potensi Produksi Sumber Daya Ikan Danau Batur, Bali. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi*, VI:386-399.
- Wong, C.K & Marcus, H.W. 2000. Morphological and Biochemical Changes In The Gills of Tilapis (*Oreochromis mossambicus*) to Ambient Cadmium Exposure. *Aquatic Toxicology*, 48(20), 517-527.
[https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(99\)00060-0](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(99)00060-0)
- Yusuf, Yulizar, Zuki, Z., Lukman, U., & Rahmi, F. 2011. Analisis Sedimen Sekitar Keramba Jaring Apung di Perairan Danau Maninjau Terhadap Kandungan Logam Berat Fe, Cu, Pb, dan Cd. *J Ris Kim*, 5(1), 94-100.
<https://doi.org/10.25077/jrk.v5i1.191>
- Zulfahmi, I., Affandi, R., Djamar, T.F., & Batu, L. 2015. Perubahan Struktur Histologis Insang dan Hati Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) yang Terpapar Merkuri. *JSBIO*, 4(1), 25-31.