
**HISTOPATOLOGI GINJAL DAN INSANG IKAN KAKATUA (SCARRUS GHOBAN) YANG
DIAMBIL DARI PERAIRAN TELUK KUPANG, NTT**

**Shobikhuliatul Jannah Juanda^{1*}, Aisyah Lukmini², Ihsan Sanggar Rahman³, Muhammad Fajar
Panuntun⁴**

Politeknik Pertanian Negeri Kupang
e-mail: shelbyshelby1017@gmail.com

ABSTRAK

Teluk Kupang merupakan perairan dengan banyak aktivitas antropogenik seperti kegiatan perhotelan, permukiman, pasar dan menjadi lalu lintas kapal (pelabuhan). Informasi tentang respon fisiologis biota akuatik yang hidup di perairan Teluk Kupang masih sangat minim, padahal informasi tersebut sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi kualitas perairannya. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kerusakan organ ginjal dan insang ikan kakatua (*Scarrus ghoban*) yang diambil dari perairan Teluk Kupang sebagai bioindikator lingkungan perairannya. Sampel ikan yang dipakai diperoleh dari hasil tangkapan nelayan selama bulan Juli 2023, kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengamatan gejala klinis morfologi ikan yang meliputi kondisi tubuh ikan, warna, sirip, sisik dan insang. Selanjutnya, organ ginjal dan insang diambil dengan menggunakan dissecting set dan dimasukkan ke dalam wadah sampel yang berisi larutan formalin 10%, kemudian dilakukan pembuatan preparat histologinya. Preparat diamati secara mikroskopis pada perbesaran 150-400x dan hasilnya dibandingkan dengan gambaran histopatologi yang didapatkan dari referensi jurnal yang relevan yang mencakup struktur jaringan organ serta kerusakannya. Hasil penelitian menunjukkan adanya kerusakan pada organ ginjal dan insang ikan. Kerusakan yang dapat dilihat pada organ ginjal adalah nekrosis tubulus, epitel tubulus yang lisis, hemoragi, degenerasi, hipertropi, infiltrasi sel radang, degenerasi kapsul bowman, bentuk tubulus tidak beraturan, jaringan parut, pembengkakan glomerulus dan adanya melano macrophage center. Sedangkan kerusakan pada organ insang antara lain hipertropi, edema, telangiektasis, curling, lisis pada epitel lamela sekunder, proliferasi sel mukus, edema lamela sekunder, kongesti, epithelium lifting, clubbing dan kemunculan parasit.

Kata kunci : Histopatologi, Ikan Kakatua, Teluk Kupang

PENDAHULUAN

Ancaman antropogenik dari daratan dan isu perubahan iklim saat ini telah menjadi ancaman dan tekanan untuk keberlanjutan wilayah pesisir. Menurut King *et al.* (2022), buangan antropogenik yang masuk ke dalam badan air diketahui dapat menyebabkan adanya pencemaran, pengayaan nutrisi pada air dan perubahan struktur perairan yang dapat mempengaruhi perubahan fisiologi dan perilaku fauna yang hidup di dalamnya. Antropogenik yang biasa masuk ke perairan diakibatkan oleh adanya aktivitas manusia, misalnya pembangunan permukiman di kawasan daratan, kegiatan domestik, industri maupun pertanian. Telah banyak penelitian yang menunjukkan adanya efek sub lethal pada organisme perairan yang diakibatkan oleh antropogenik, antara lain berubahnya behaviour ikan, abnormalitas pada morfologi ikan, pertumbuhan yang terganggu, gangguan fungsi endrokin dan reproduksi ikan (Authman *et al.*, 2015; Bakr *et al.*, 2016; Sudrajat *et al.*, 2020; Santamaria *et al.*, 2021; Khan *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2021).

Ikan merupakan spesies yang sangat baik untuk dijadikan bahan uji guna menaksir efek toksisitas dari polutan antropogenik yang mewakili lingkungan tersebut. Ikan merupakan bioindikator yang cocok untuk menilai kualitas lingkungan suatu perairan karena ikan hidup di perairan sehingga rentan terhadap polusi dan kontaminan. Mekanisme kontaminan masuk ke dalam tubuh ikan dapat melalui rantai makan, difusi permukaan kulit dan insang. Penggunaan analisis histopatologi dapat diterapkan untuk melihat dampak kontaminasi pada organisme karena memungkinkan dilakukannya

identifikasi lesi pada sel, jaringan dan organ (Santos *et al.*, 2021). Organ ginjal dan insang merupakan organ yang sering digunakan dalam pengamatan perubahan histopatologis karena insang merupakan organ yang bersentuhan langsung dengan air dan mempunyai fungsi dasar dalam pertukaran gas, sedangkan ginjal merupakan organ yang sensitif terhadap pencemaran dan mempunyai fungsi penting yang berkaitan dengan elektrolit dan osmoregulasi.

Teluk Kupang merupakan perairan yang memiliki banyak aktivitas antropogenik seperti perhotelan, permukiman, pasar dan pelabuhan. Informasi tentang respon fisiologis biota akuatik pada perairan Teluk Kupang masih sangat terbatas, padahal informasi tersebut sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi perairannya. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai kajian awal status kualitas perairan serta strategi pengelolaannya secara berkelanjutan. Beberapa penelitian tentang analisis histopatologi pada ikan sebagai bioindikator lingkungan perairan sebelumnya telah banyak dilakukan. Carvalho *et al.* (2020), mencatat adanya kerusakan pada insang ikan yang diambil dari perairan pantai Paraty dan Sepetiba di Rio de Janeiro Brazil berupa epithelial lifting, edema, adanya parasit, hiperplasia, nekrosis, fusi, kongesti, kehilangan struktur lamela. Histologi ginjal ikan selais yang diambil dari perairan sungai Siak di Kota Pekanbaru juga mengalami beberapa kerusakan, diantaranya pembengkakan glomerulus, tidak adanya kapsula Bowman, kongesti, perlemakan dan pembengkakan sel (Wagiman *et al.*, 2014). Oleh karena pentingnya informasi tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang analisis histopatologi ginjal dan insang ikan kakatua (*Scarus ghobban*) yang diambil dari perairan Teluk Kupang. Ikan kakatua dipilih sebagai sampel karena merupakan salah satu jenis ikan yang hidup di ekosistem terumbu karang. Menurut Rachmad *et al.* (2018), ikan dari famili Scaridae (kakatua) dapat dijadikan sebagai bioindikator kesehatan terumbu karang karena ikan dari kelompok tersebut dapat mengontrol pertumbuhan turf algae dan makroalgae yang dapat menghambat pertumbuhan karang baru. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis kerusakan organ insang dan ginjal pada ikan kakatua (*S. ghobban*) yang diambil dari perairan Teluk Kupang.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel ikan dilakukan selama bulan Juli 2023 di perairan Teluk Kupang. Sampel ikan yang digunakan adalah ikan kakatua (*S. ghobban*) yang ditangkap oleh nelayan. Ikan kemudian dibawa ke Laboratorium Produksi dan Manajemen Budidaya Perikanan Politeknik Pertanian Negeri Kupang untuk dilakukan pengamatan gejala klinis morfologi yang meliputi bentuk dan kondisi tubuh ikan, warna, sirip, sisik dan insang. Preparasi histologi dimulai dengan membedah ikan dengan menggunakan *dissecting set* dan mengambil organ target, yaitu insang dan ginjal. Organ yang diambil kemudian dimasukkan ke dalam wadah sampel yang berisi larutan formalin 10% dan kemudian dilakukan pembuatan preparat histologinya. Pembuatan preparat histologi dilakukan di RS. Siloam Kota Kupang. Analisis histopatologi dilakukan dengan cara mengamati gambaran histopatologi organ secara mikroskopik pada perbesaran 150-400x. Selanjutnya dilakukan perbandingan struktur

histopatologi masing-masing organ dengan gambaran histopatologi yang didapatkan dari referensi jurnal yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Ikan Kakatua

Ikan kakatua (*S. ghobban*) yang berhasil didapatkan selama bulan Juli 2023 adalah sejumlah 40 ekor. Hasil pengamatan morfologi ikan kakatua menunjukkan adanya beberapa gejala klinis yang meliputi luka di tubuh (3%), warna tubuh pucat (45%), sirip geripis (5%), sisik rusak (10%), insang gelap (2%) dan insang pucat (1%) (Tabel 1).

Tabel 1. Morfologi Ikan Kakatua

Parameter	Hasil pengamatan
Bentuk tubuh	Normal
Tubuh luar	Luka di tubuh (3%)
Warna	Pucat (45%)
Sirip	Geripis (5%)
Sisik	Rusak (10%)
Insang	Gelap (2%) Pucat (1%)

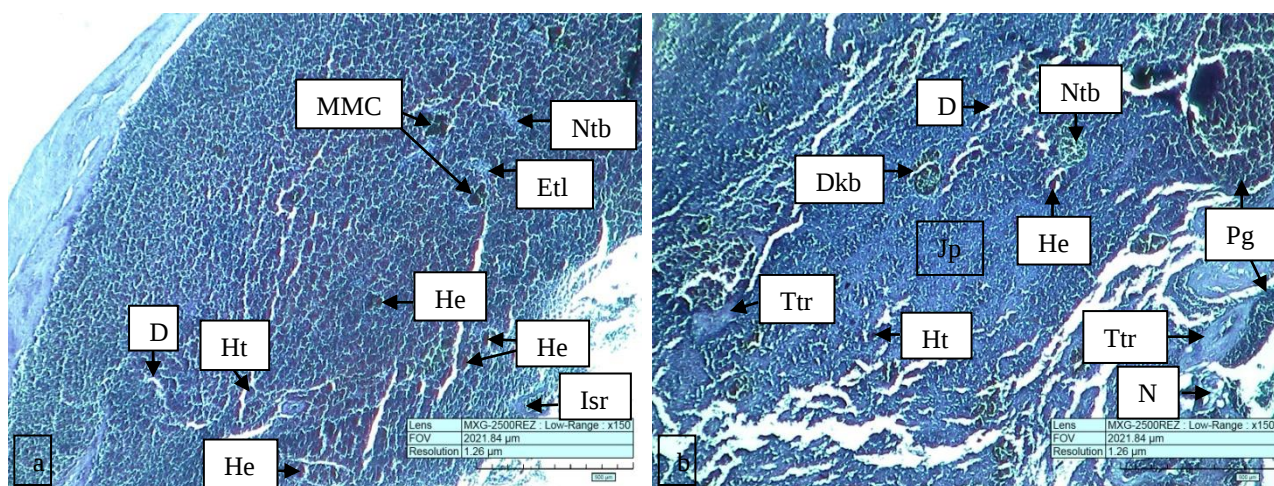
Menurut Minaka *et al.* (2012), mencatat adanya gejala klinis berupa sirip geripis dan adanya luka pada tubuh ikan gurami yang terserang bakteri. Raudiah *et al.* (2021), menambahkan bahwa gejala klinis yang berupa luka pada tubuh, sirip ekor dan punggung yang geripis serta warna insang dan hati yang berwarna pucat dapat diakibatkan oleh adanya serangan bakteri akibat kondisi stress pada ikan. Menurut Firdausi *et al.* (2020), gejala klinis berupa sirip seperti robek dan geripis dapat menjadi indikasi adanya infestasi parasit. Ikan yang terserang parasit juga menunjukkan gejala warna tubuh yang kusam dan pucat serta produksi lendir yang berlebihan (Rahmi, 2012). Wirawan *et al.* (2018), juga menambahkan warna tubuh ikan yang tidak sehat akan mengalami perubahan dari warna normal (cerah) menjadi agak gelap dan lama kelamaan semakin gelap.

Histopatologi Organ Ginjal

Ginjal adalah organ vital yang mempunyai fungsi untuk menjaga homeostatis dalam tubuh, penyaringan limbah dalam darah dan bertanggungjawab dalam reabsorpsi selektif yang dapat membantu menjaga volume dan pH darah dan cairan tubuh (Supriyono *et al.*, 2013; Sulodia *et al.*, 2014). Glomerulus adalah jaringan pada organ ginjal yang mempunyai fungsi menyaring cairan, sedangkan tubulus berfungsi mengubah cairan yang disaring menjadi urin (Mayasari, 2017). Sebagian besar perubahan umum yang ditemukan pada ginjal ikan yang terpapar pencemaran adalah adanya perubahan pada sel glomerulus dan pengurangan kapsula bowmani (Wagiman *et al.*, 2014). Hasil pengamatan histopatologi ginjal ikan kakatua menunjukkan adanya beberapa kerusakan, antara lain nekrosis pada tubulus, jaringan epitel tubulus yang mengalami lisis, hemoragi, degenerasi, hipertropi, adanya infiltrasi sel radang, degenerasi pada kapsul bowman, bentuk tubulus yang tidak beraturan,

glomelurus yang mengalami pembengkakan, munculnya jaringan parut dan *Melano Macrophage Center* (MMC).

Berdasarkan tingkat kerusakannya, kerusakan yang terjadi pada sel terdiri dari dua, yaitu degenerasi sel dan kematian sel. Degenerasi sel (kerusakan sel *reversible*) merupakan keadaan sel yang mengalami kerusakan yang masih bisa kembali ke fungsi dan morfologinya semula jika pemicu yang menyebabkan kerusakannya dihilangkan. Jika kerusakan terjadi secara terus menerus, sel tidak dapat kembali ke keadaan semula maka sel akan mati dan keadaan tersebut disebut dengan nekrosis (kerusakan sel *irreversible*). Kematian sel atau nekrosis dapat terjadi akibat hipoksia (kekurangan oksigen), adanya paparan bahan kimia, infeksi agen fisik dan mikrobiologi serta adanya mekanisme imun. Menurut Hapsari *et al.* (2022), hipoksia dapat mengganggu proses metabolisme sebagai dampak berkurangnya suplai oksigen ke dalam jaringan. Hipertropi dan lisis merupakan gejala awal dari kejadian nekrosis. Hipertropi yang terjadi pada jaringan hati dapat ditandai dengan adanya pertambahan ukuran organ yang diakibatkan oleh pertambahan ukuran sel sehingga lumen pada tubulus menjadi mengecil sedangkan sel-selnya semakin membesar. Menurut Mandia *et al.* (2013), hipertropi pada glomerulus terjadi akibat terkena paparan senyawa toksik dalam jangka waktu yang lama yang menyebabkan sumbatan pada jaringan. Senyawa toksik juga dijelaskan dapat menyebabkan kejadian lisis, dimana senyawa tersebut dapat menghambat sintesis dinding sel atau menyebabkan kerusakan pada dinding sel. Bahan toksik yang masuk ke dalam aliran darah akan menyebabkan peradangan yang merupakan respon yang dilakukan oleh ginjal guna melakukan pertahanan diri sehingga akan terbentuk adanya jaringan parut. Vakuolisasi dan hipertropi pada sel epitel tubulus, nekrosis sel epitel tubulus, piknosis sel tubulus dan pecahnya pembuluh darah menyebabkan hemoragi dan penyusutan pada kapsula bowman dan glomerulus (Sulodia *et al.*, 2014).



Gambar 1. Histopatologi Ginjal Ikan Kakatua. a. MMC: *Melano Macrophage Center*, Ntb: nekrosis tubulus, Etl: epitel tubulus lisis, He: hemoragi, D: degenerasi, Ht: hipertropi, Isr: infiltrasi sel radang; b. Dkb: degenerasi kapsul bowman, Ttr: bentuk tubulus tidak beraturan, Pg: pembengkakan glomerulus, Jp: jaringan parut, N: nekrosis.

Hemoragi yang terjadi pada suatu jaringan merupakan respon lanjut dari kejadian kongesti yang berlebihan. Kongesti sendiri adalah pelebaran pembuluh darah akibat bertambahnya volume darah

yang melebihi kapasitas normalnya (Wagiman *et al.*, 2014). Pembengkakan yang terjadi pada sel terjadi dikarenakan adanya ketidak seimbangan muatan elektrolit di luar dan di dalam sel akibat berkurangnya kemampuan sel dalam memompa ion natrium keluar dari sel sehingga cairan dari ekstraseluler yang masuk ke dalam sel lebih banyak. Pada ikan yang berada dalam kondisi yang tidak baik, sel-sel pada kapsula bowman dan glomerulus akan mengalami degenerasi atau kerusakan. Kerusakan pada glomerulus secara morfologis dapat ditandai dengan adanya nekrosis, proliferasi sel membran, adanya infiltrasi sel leukosit, atropi dan fibrosis. Kerusakan pada glomerulus juga dapat ditandai dengan berkurangnya perfusi aliran darah, hilangnya protein dan makromolekul lain pada filtrat glomerulus dalam jumlah yang besar (Laily *et al.*, 2018).

Menurut Sandra *et al.* (2021), infiltrasi sel radang pada ginjal merupakan reaksi inflamasi, yaitu respon agresif pembuluh darah dan seluler dalam pertahanan diri akibat adanya bahan toksik yang masuk ke dalam ginjal. Respon utama yang dilakukan ikan ketika bahan toksik masuk ke dalam tubuhnya adalah akumulasi cairan dari sistem pembuluh darah dan migrasi limfosit, neutrofil, makrofag dan komponen-komponen darah lain yang dialirkan menuju daerah yang cidera. Adanya MMC pada ginjal juga merupakan salah satu indikasi inflamasi selain adanya eritrosit dan komponen-komponen darah lain pada organ. Inflamasi dapat disebabkan oleh virus, bakteri, parasit dan adanya bahan toksik. MMC pada ginjal ikan ditandai dengan adanya kumpulan makrofag yang memiliki pigmen. Adanya MMC pada ginjal menunjukkan terjadinya peradangan yang merupakan respon dari pertahanan diri terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, adanya penyakit, bakteri maupun virus. Kumpulan makrofag pada MMC berisi hemosiderin, lipofuscin dan ceroid. Menurut Andayani (2011), adanya infeksi bakteri dapat mengaktifkan makrofag karena sifatnya seperti endotoksi (lipopolisakarida), dimana jaringan yang mengalami kerusakan akibat bakteri akan mengeluarkan zat-zat kimia yang dapat mendatangkan lebih banyak makrofag. Kenaikan aktivitas fagositosis oleh makrofag juga dapat diaktifkan oleh produk limfosit (limfokin) yang dirangsang oleh antigen atau senyawa aktif alkaloid.

Beberapa penelitian terdahulu tentang histopatologi ginjal ikan akibat dari paparan senyawa toksik, penyakit dan infeksi bakteri telah banyak tercatat (Supriyono *et al.*, 2013; Safratilofa, 2017; Laily *et al.*, 2018; Mahboob *et al.*, 2019; Al Mamun *et al.*, 2021; Sandra *et al.*, 2021; Hapsari *et al.*, 2022). Mandia *et al.* (2013), mencatat adanya kerusakan pada histologi ginjal ikan Asang yang hidup di Danau Singkarak dan Maninjau yang meliputi hipertropi sel pada tubulus, reduksi rongga filtrat, lisis sel, nekrosis sel dan adanya jaringan parut. Sandra *et al.* (2021), pada penelitian gambaran histopatologis ginjal ikan mujair yang terpapar merkuri klorida menyimpulkan bahwa paparan konsentrasi merkuri klorida ($HgCl_2$) dapat mengakibatkan perubahan pada struktur histologi ginjal berupa pembengkakan glomerulus, nekrosis dan infiltrasi sel radang, dimana semakin tinggi konsentrasi dan lamanya paparan maka semakin parah kerusakannya. Hapsari *et al.* (2022), juga mencatat adanya kerusakan berupa nekrosis dan adanya MMC pada histopatologi ginjal benih ikan kakap putih yang mengalami penurunan salinitas berbeda. Selanjutnya Al Mamun *et al.* (2022),

melaporkan adanya kerusakan pada histopatologi ikan *Pangasianodon hypophthalmus* yang diinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* berupa degenerasi akut, degenerasi pada tubulus, nekrosis pada glomerulus, kerusakan pada kapsula bowman dan nekrosis pada tubulus.

Histopatologi Organ Insang

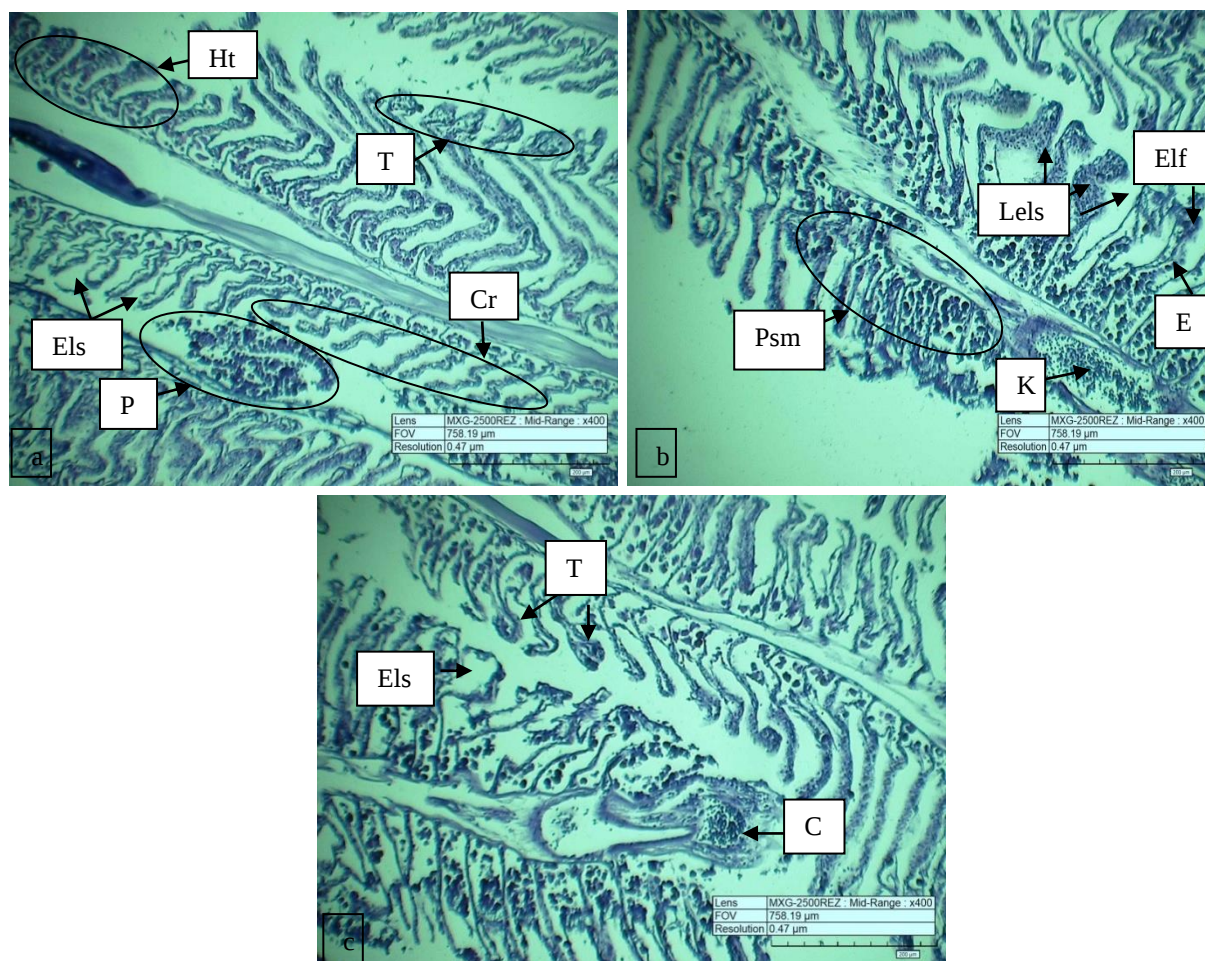
Kerusakan yang terjadi pada organ insang ikan kakatua meliputi hipertropi, telangiektasis, *curling*, edema pada lamela sekunder, *epithelium lifting*, proliferasi sel mukus, kongesti, edema, lisis pada epitel lamela sekunder, *clubbing* dan kemunculan parasit. Hipertropi pada lamela sekunder terjadi saat lamela sekunder mengalami pembengkakan atau perbesaran ukuran sel dalam lamela sekunder. Hipertropi pada sel diketahui dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adanya infestasi parasit, paparan zat toksik, bakteri dan penyakit.

Proliferasi sel mukus merupakan respon lanjutan dari kejadian hiperplasia yang terjadi secara terus menerus. Wikiandy *et al.* (2013), menyebutkan bahwa sel-sel penghasil mukus yang mengalami peningkatan secara terus menerus dapat mengakibatkan proliferasi, dimana kejadian tersebut dipicu oleh adanya gangguan berupa infestasi parasit, zat toksik dan gangguan kimia yang dapat berupa perubahan lingkungan perairan. Perlekatan anchor parasit pada insang menyebabkan perdarahan pada lamela dan menstimulai pertumbuhan sel-sel epitel lamela yang sangat cepat dan meningkatkan sekresi lendir oleh sel mukus. Lendir tersebut disekresi secara berlebih dengan tujuan melindungi bagian tubuh yang ditemplei oleh parasit dan dapat mengganggu proses pernafasan pada ikan karena osmosis oksigen tidak terjadi secara sempurna pada bagian insang yang tertutup sekresi mukus dan juga akibat sel epitel lamela yang mengalami nekrosis (Sudaryatma dan Eriawati, 2012).

Adanya parasit yang menempel pada bagian dari insang juga menyebabkan adanya lisis pada epitel lamela sekunder. Sel-sel epitel tersebut dapat menutup lakuna sehingga akan meningkatkan tekanan yang ada di lakuna dan merusak sel pilar. Kerusakan pada sel pilar mengakibatkan akumulasi eritrosit di dalam pembuluh darah dan dilatasi pembuluh darah pada ujung lamela yang disebut dengan telangiektasis. Telangiektasis terjadi akibat ketidakseimbangan antara penyerapan dan kebutuhan akan oksigen sehingga terjadi homeostatis dengan mempercepat aliran sirkulasi darah yang dapat merusak sel pilar dan berakibat meluasnya arena lakuna diujung lamela sekunder. Telangiektasis juga diketahui merupakan respon lanjut dari kejadian kongesti. Kongesti yang terjadi merupakan pembengkakan akibat dari akumulasi darah yang ada pada daerah peradangan. Kongesti terjadi akibat dari penurunan aliran darah pada pembuluh vena dan peningkatan volume darah di pembuluh pada lamela insang yang menyebabkan kongesti eritrosit pada saluran marginal (telangiektasis).

Edema (pembengkakan sel) dapat terjadi akibat dari adanya pembendungan aliran darah pada lamela. Edema lebih sering dikaitkan dengan kejadian inflamasi atau reaksi pertahanan untuk memperbaiki diri dari suatu kerusakan. Adanya pembendungan darah dan edema pada lamela sekunder mengakibatkan penurunan efisiensi difusi oksigen terlarut di dalam air karena luas permukaan serapnya menyempit sehingga jika kejadian tersebut terjadi secara terus menerus maka akan menyebabkan kematian pada ikan. Kejadian edema pada insang ikan kakatua diduga karena

adanya infestasi parasit pada jaringan insang. Dugaan tersebut didukung oleh kemunculan parasit pada histologi insang (Gambar 2a) dan diperkuat oleh Juanda *et al.* (2022) dan Strzewska *et al.* (2016), bahwa parasit yang menempel pada insang dapat menyebabkan edema dan merupakan respon dari sel untuk melindungi diri dan bertahan. Edema yang terjadi akibat adanya benda asing maka akan menyebabkan pembengkakan yang semakin parah dan berakibat pada pengangkatan sel epitel (*epithelium lifting*) yang dapat menyebabkan gangguan fungsi epitel yang akhirnya akan menyebabkan nekrosis (kematian) sel dan jaringan (Jamin dan Erlangga (2016); Juanda dan Edo (2018). Menurut Irene *et al.* (2021), *epithelium lifting* menyebabkan terganggunya pengambilan oksigen dari air oleh insang. *Epithelium lifting* dapat ditandai dengan berpindahnya lapisan epitel dari jaringan sehingga terlihat tidak menempel pada jaringannya. Edema juga diketahui dapat mengakibatkan penebalan jaringan epitel di ujung filament yang memperlihatkan bentuk seperti pemukul bisbol yang biasa disebut “*clubbing*” (Idzni *et al.*, 2020).



Gambar 2. Histopatologi Insang Ikan Kakatua. a. Ht: hipertropi, T: telangiektasis, Cr: curling, Els: edema lamela sekunder, P: parasit; b. Elf: *epithelium lifting*, Psm: proliferasi sel mukus, K: kongesti, E: edema, Lels: lisis pada epitel lamela sekunder; c. C: *clubbing*.

KESIMPULAN

Hasil pengamatan morfologi ikan kakatua (*S. gabbon*) menunjukkan adanya beberapa gejala klinis yang meliputi luka di tubuh (3%), warna tubuh pucat (45%), sirip geripis (5%), sisik rusak

(10%), insang gelap (2%) dan insang pucat (1%). Analisis histopatologi pada ginjal menunjukkan beberapa kerusakan, diantaranya nekrosis pada tubulus, jaringan epitel tubulus yang mengalami lisis, hemoragi, degenerasi, hipertropi, adanya infiltrasi sel radang, degenerasi pada kapsul Bowman, bentuk tubulus yang tidak beraturan, glomerulus yang mengalami pembengkakan, munculnya jaringan parut dan *melano macrophage center* (MMC). Kerusakan yang dapat dianalisis dari histopatologi insang adalah hipertropi, telangiektasis, *curling*, edema pada lamela sekunder, *epithelium lifting*, proliferasi sel mukus, kongesti, edema, lisis pada epitel lamela sekunder, *clubbing* dan kemunculan parasit.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Mamun, M.A., S. Nasren, S.S.Rathore & M.M. M. Alam. 2022. Histopathological Analysis of Striped Catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) Spontaneously Infected with *Aeromonas hydrophila*. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 15(1):93-100.doi: 10.54319/jjbs/150112.
- Andayani, S. 2011. Aktivitas Fagosit Makrofag dan Histopatologi Ginjal Ikan Kerapu Macan Setelah Diberi Immunostimulan Alkaloid Ubur (*Bougenvillia* sp) dan Diinfeksi *Vibrio harveyi*. Berkala Penelitian Hayati Edisi Khusus 6B: 13-17.<https://berkalahayati.org/files/journals/1/articles/245/submission/245-761-1-SM.pdf>.
- Authman, M.M.N., M.S. Zaki, E.A. Khallaf & H.H. Abbas. 2015. Use of Fish as Bioindicator of The Effects of Heavy Metals Pollution. *J. Aquac Res Development*, 6(4):1-13.doi: 10.4172/2155-9546.1000328.
- Bakr, M.N., M.D. Aboelhassan, E. Afaf, N.Sh. Gad & F.M. Karima. 2016. Genotoxic and Histopathological Effects of Water Pollutants in Three Population Fish (*Oreochromis niloticus*) in Egypt. *Int. J.Pharm. Sci. Rev. Res.* 38(1):206-215.https://www.researchgate.net/publication/305159161_Genotoxic_and_histopathological_effects_of_water_pollutants_in_three_population_fish_Oreochromis_niloticus_in_Egypt.
- Carvalho, T.L.A.B., A.A. Nascimento, C.F.S. Goncalves, M.A.J. Santos & A. Sales. 2020. Assessing The Histological Changes in Fish Gills as Environmental Bioindicators in Paraty and Sepetiba Bays in Rio de Janeiro Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 48(4):590-601.doi: 10.3856/vol48-issue4-fulltext-2351.
- Firdausi, A.P., Rahman, R. Mahadhika, A. Sumadikarta. 2020. Protozoa Ektoparasitik pada Ikan Koi *Cyprinus carpio* di Daerah Sukabumi. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 8(1):50-57.doi: 10.36706/jari.v8i1.11640.
- Hapsari, L.P., D. Wahyudi, A. Suryana, C. P. Pattirane, Aripudin & C. P. Adi. 2022. Gambaran Histopatologi Ginjal Benih Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*) yang Mengalami Penurunan Salinitas Berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 12(2):143-149.doi: 10.33512/jpk.v12i2.15093.
- Idzni, S.A., D.W.Rousdy & Junardi. 2020. Kerusakan Histologi Insang Ikan Sapu-sapu (*Pterygoplichthys pardalis*) setelah Paparan Merkuri (HgCl₂). *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera*, 37(3):156-162.doi: 10.20884/1.mib.2020.37.3.1137.
- Irene, C., Eddiwan dan Windarti. 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. DOI: <https://dx.doi.org/10.31258/ajaoas.4.2.134-143>.doi: 10.31258/ajaoas.4.2.134-143.
- Jamin dan Erlangga. 2016. Pengaruh Insektisida Golongan Organofosfat terhadap Benih Ikan Nila Gift (*Oreochromis niloticus*, Bleeker): Analisis Histologi Hati dan Insang, *Acta Aquatica*, 3(2):46-53. doi: 10.29103/aa.v3i2.324.
- Juanda, S.J. dan S.I. Edo. 2018. Histopatologi Insang, Hati dan Usus Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Saintek Perikanan*, 14(1):23-29.doi: 10.14710/ijfst.14.1.23-29.

- Juanda, S.J., I.T. Sianturi, Y. Kamlasi & M.F. Panuntun, 2022. Hematologi dan Histopatologi Insang Ikan Lele Hasil Budidaya Pembudidaya Lokal Noekele, Kabupaten Kupang Timur, *Bio-Edu*, 7(3):190-198.doi: 10.32938/jbe.v7i3.3596.
- Khan, N., A. Sultan, A. Ali, A.M.H. Jan, W. Khan, I.U. Rahman, H. Usman, Sulaeman, Z. Khan & A. Khan. 2021. Fish as Bioindicator: Ecological Risk Assessment of Insecticide to Aquatic Organism Particularly *Ctenopharyngodon idella*. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 9(2):42-54.doi: 10.4236/gep.2021.92003.
- King, C.J., R.S. Gregory, C.J. Morris, P.S. Sargent & D. Porter. 2022. Cumulative Effects of Long-term Anthropogenic Impacts on Resident Fish Communities in Subarctic Fishing Harbours. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 277:1-10.doi: 10.1016/j.ecss.2022.108084.
- Laily, H., Farikhah & U. Firmani. 2018. Analisis Histologis Ginjal, Hati dan Jantung Ikan Lele Afrika *Clarias gariepinus* yang Mengalami Anomali pada Sirip Pektoral. *Jurnal Perikanan Pantura*, 1(2):30-38.doi: 10.30587/jpp.v1i2.464.
- Mahboob, S., K.A. Al-Ghanim, H.F. Al-Balawi, F. Al-Misned & Z. Ahmed. 2019. Toxicological Effects of Heavy Metals on Histological Alterations in Various Organs in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Freshwater Reservoir. *Journal of King Saud University-Science*, 32: 970-973.doi: 10.1016/j.jksus.2019.07.004.
- Mandia, S. N. Marusin & P. Santoso. 2013. Analisis Histologi Ginjal Ikan Asang (*Osteochilus hasseltii*) di Danau Maninjau dan Singkarak, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 2(3):194-200.doi: 10.25077/jbioua.2.3.%25p.2013.
- Minaka, A., Sarjito dan S. Hastuti. 2012. Identifikasi Agensi Penyebab dan Profil dan Darah Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) yang Terserang Penyakit Bakteri. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 1(1):249-263. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jamt/article/view/650>.
- Rahmi. 2012. Identifikasi Ektoparasit pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dibudidayakan pada Tambak Kabupaten Maros. *Octopus*, 1(1), 19-23.doi: 10.26618/octopus.v1i1.437.
- Raudiah, E. Prasetyo, Farida, T. Sudarto. 2021. Identifikasi Bakteri Patogen pada Ikan Ringau (*Datnioides microlepis*) yang Dilalulintaskan di Stasiun Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Pontianak. *Jurnal Ruaya*, 9(2):62-69.doi: 10.29406/jr.v9i2.3066.
- Safratilofa. 2017. Histopatologi Hati dan Ginjal Ikan Patin (*Pangasionodon hypophthalmus*) yang Diinjeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau*, 2(2):83-88.doi: 10.33087/akuakultur.v2i2.21.
- Sandra, D., D. Aliza & Nazaruddin. 2021. Gambaran Histopatologis Ginjal Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang Terpapar Merkuri Klorida (HgCl₂). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner (JIMVET)*, 5(1):34-42.doi: 10.21157/jim%20vet..v5i1.4775.
- Santamaria, C.W., D.A.M. Solarte, Z. Arbeli, J.M. Navas & Y.M.V. Santamaria. 2021. Liver Biomarkers Response of The Neotropical Fish *Aequidens metae* to Environmental Stressors Associated with The Oil Industry. *Heliyon*, 7(7):1-8.doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07458.
- Santos, I.G.S., A.S. Lira, C.S. Montes, F.L. Fredou & R.M. Rocha. 2021. Histopathological Biomarkers as Indicators of The Environmental Quality of Two Estuaries in Northeastern Brazil. *Research Square*, 1-13.doi: 10.3390/w14030444.
- Sudaryatma, P.E. dan N.N. Eriawati. 2012. Histopatologi Insang Ikan Hias Air Laut yang Terinfestasi *Dactylogyrus* sp. *Jurnal Sains Veteriner*, 30(1): 68-75.doi: 10.22146/jsv.2483.
- Sudrajat, D., Astuti & Mustakim, M.. 2020. Analisis Histopatologis Insang dan Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Fe pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan di Kolam Bekas Tambang Kota Samarinda. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 7(1):36-42.doi: 10.31258/dli.7.1.p.36-42.
- Sulodia, S., S. Singh & H.N. Sharma. 2014. Histopathological Changes in Kidney of *Channa punctatus* (Bloch) Under Stress of Folidol. *Journal of Advanced Laboratory Research in Biology*, 5(3):86-90. <https://www.neliti.com/id/publications/279082/histopathological-changes-in-kidney-of-channa-punctatus-bloch-under-stress-of-fo>.
- Supriyono, E., Yosmaniar, K. Nirmala & Sukenda. 2013. Toksisitas Moluskisida Niklosamida terhadap Pertumbuhan dan Kondisi Histopatologi Juwana Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 13(1):77-84.doi: 10.32491/jii.v13i1.113.

- Strzyzewska, E., J. Szarek., dan I. Babinska. 2016. Morphological Evaluation of The Gills as a Tool in The Diagnostics of Pathological Conditions in Fish and Pollution in The Aquatic Environment: a review. *Veterinari Medicina*, 61(3): 123-132. doi: 10.17221/8763-VETMED.
- Wagiman, Yusfiati & R. Elvyra. 2014. Struktur Ginjal Ikan Selais (*Ompok hypophthalmus* Bleeker, 1846) di Perairan Sungai Siak Kota Pekanbaru. *JOM FMIPA*, 1(2): 1-9. <https://www.neliti.com/id/publications/189025/struktur-ginjal-ikan-selais-ompokhypophthalmusbleeker-1846-di-perairan-sungai-sia>.
- Wikiandy, N., Rosidah dan T. Herawati. 2013. Dampak Pencemaran Limbah Industri Tekstil terhadap Kerusakan Struktur Organ Ikan yang Hidup di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Bagian Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 4(3): 215-225. <https://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2015/02/13-Dampak-Pencemaran-Limbah-Industri-Tekstil.pdf>.
- Wirawan, I.K.A., S.A.M.P. Suryani, I.W. Arya. 2018. Diagnosa, Analisis dan Identifikasi Parasit yang Menyerang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Kawasan Budidaya Ikan di Subak “Baru” Tabanan. *Gema Agro*, 23(1): 63-78. DOI: 10.22225/ga.23.1.661.63-78