

Profil Darah dan Temuan Histopatologi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) yang Termanifestasi Parasit *Myxozoa* sp.

(Blood Profile and Histopathological Findings in Common Carp (*Cyprinus carpio*) Manifested by *Myxozoa* sp.)

Adik Sandia Santosa Asmali^{1*}, Dhea Putri Ghinayatul Ilmi¹, Alya Nur Mahdani¹,

Jasmine Marcella Cassandra Gunawan¹, Joko Suwiryon², Ratna Amalia Kurniasih², Tyagita Hartady³

¹ Program Studi Profesi Dokter Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

² Laboratorium Patologi, Balai Pemeriksaan Kesehatan Ikan dan Lingkungan, Jl. Raya Carita, Umbul Tj., Kec. Cinangka, Kabupaten Serang, Banten 42167

³ Departemen Ilmu Kedokteran Dasar, Fakultas Kedokteran, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

Diterima: 01/07/2025, Disetujui: 15/08/2025, Terbit Online: 30/09/2025

*Penulis untuk korespondensi: adik20001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Manifestasi parasit merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan penurunan tingkat kesehatan ikan. Parasit seperti *Myxozoa* sp. mengakibatkan gangguan pernapasan, abnormalitas cara berenang, hingga kongesti, dan perubahan warna insang menjadi pusat pada ikan mas karena menyerang kulit, insang, hingga organ internal ikan. Seekor ikan mas dengan berat badan 272,07 gram dan panjang tubuh 25,5 cm menunjukkan gejala klinis terlihat berenang di dasar kolam dengan pergerakan yang kurang aktif. Ikan tersebut selanjutnya dilakukan pemeriksaan di Laboratorium Patologi Balai Pemeriksaan Kesehatan Ikan dan Lingkungan Serang. Pemeriksaan meliputi pemeriksaan parasit, ulas darah, perhitungan hematokrit, hemoglobin, sel darah merah dan sel darah putih, diferensial leukosit, serta pemeriksaan patologi yang terdiri dari nekropsi dan pengamatan preparat histopatologi. Hasil pemeriksaan menunjukkan ikan mas mengalami manifestasi parasit *Myxozoa* sp. disertai temuan parasit *Dactylogyryus* sp. Profil darah menunjukkan adanya kelainan pada nilai hemoglobin dan sel darah putih. Abnormalitas histopatologi terlihat pada organ insang, hati, limpa, ginjal, dan usus.

Kata kunci: Histopatologi, Ikan mas, *Myxozoa* sp., Profil darah

ABSTRACT

Parasite infestation is one of the factors causing health problems in fish. Parasites such as *Myxozoa* sp. manifests in fish skin, gills, and internal organs causing respiratory problems, abnormality in swimming, and congestion as well as discoloration of gills. A common carp weighted 272,02 grams and 25,5 cm in length was showing clinical signs such as inactively swimming in the bottom part of the pond. The fish then was brought to Laboratorium Patologi Balai Pemeriksaan Kesehatan Ikan dan Lingkungan Serang. Several examinations were done, including parasite examination, blood smear, measurement of hematocrit and hemoglobin, quantification of red blood cells and white blood cells, leukocyte differentials, and pathological examination consists of necropsy and examination of histopathological preparate. The examinations showed that the fish was infested by *Myxozoa* sp. and one *Dactylogyryus* sp. was discovered. Blood profile showed abnormalities in hemoglobin and leukocyte count. Histopathological abnormalities were discovered in the gills, liver, spleen, kidney, and intestine.

Keywords: Histopathology, Common carp, *Myxozoa* sp., Blood profile



1. Pendahuluan

Sektor perairan di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar, mengingat sekitar 63% wilayah Indonesia merupakan perairan. Besarnya sektor perairan ini menjadi potensi bagi Indonesia dalam mengembangkan perikanan budidaya baik itu di laut, pesisir, maupun darat. Potensi ini didukung dengan ketersediaan lahan budidaya yang cukup luas, yaitu sebesar 12,12 juta hektar air laut, 2,96 juta hektar air payau, dan 2,83 juta hektar air tawar, dengan total lahan yaitu 17,91 juta hektar. Tingginya potensi pengembangan perikanan budidaya dan ketersediaan lahan ini tentunya berbanding lurus dengan kekayaan sumber daya alam yang dimiliki oleh Indonesia. Beberapa komoditas yang dihasilkan dari sektor perikanan di Indonesia yaitu ikan kerapu, ikan mas, ikan tuna, ikan tenggiri, ikan tilapia, udang, kepiting, hingga cephalopoda seperti cumi-cumi, gurita, dan sotong. Budidaya perikanan di Indonesia memiliki berbagai tantangan dalam pelaksanaannya, terutama terkait dengan penyakit pada ikan. Terdapat berbagai faktor yang memengaruhi kesehatan ikan, diantaranya yaitu kondisi air dan lingkungan tempat ikan hidup, manajemen budidaya ikan, hingga berbagai patogen yang dapat menyebabkan penurunan tingkat kesehatan ikan^[1].

Salah satu penyakit yang dapat menyerang ikan mas yaitu manifestasi parasit *Myxozoa* sp. Parasit ini dapat menyerang kulit, insang, hingga organ internal ikan^[2]. Manifestasi parasit *Myxozoa* sp. pada ikan mas dapat menyebabkan gangguan pernapasan, abnormalitas cara berenang, hingga kongesti dan perubahan warna insang menjadi pucat. Proses diagnosis penyakit ini dapat dilakukan melalui pemeriksaan darah dan histopatologi organ. Pemeriksaan darah dapat membantu untuk mengevaluasi status fisiologis ikan, sedangkan pemeriksaan histopatologi organ dapat membantu untuk menganalisis efek penyakit terhadap perubahan yang terjadi di sel dan jaringan berbagai organ ikan^{[3][4]}.

2. Materi dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Patologi Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang. Sampel yang digunakan yaitu satu ekor ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang menunjukkan gejala klinis berenang di dasar kolam dengan pergerakan yang kurang aktif dan memisahkan diri dari kawanannya ikan

mas yang lain. Sampel ini diambil dari salah satu Tempat Pengepul Ikan (TPI) di daerah Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Uji laboratorium yang dilakukan yaitu pemeriksaan darah dan pemeriksaan histopatologi. Pemeriksaan darah yang dilakukan meliputi pengamatan preparat ulas darah, perhitungan hematokrit, perhitungan hemoglobin, perhitungan sel darah merah dan putih, dan diferensial leukosit.

2.1. Pemeriksaan Parasit

Alat dan bahan yang digunakan dalam pemeriksaan parasit pada ikan meliputi pinset, gunting, kaca objek, kaca penutup, aquades, dan mikroskop. Pemeriksaan diawali dengan pengerokan (*scraping*) pada permukaan tubuh ikan terutama bagian sisik, untuk memperoleh lendir yang kemungkinan mengandung ektoparasit. Pemeriksaan insang dilakukan dengan membuka operkulum menggunakan gunting, kemudian diambil sedikit potongan jaringan insang menggunakan gunting dan pinset untuk dijadikan sampel. Sampel lendir dan potongan insang kemudian diletakkan di atas kaca objek, diteteskan sedikit akuades, dan ditutup dengan kaca penutup. Preparat diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 100x hingga 400x. Setiap parasit yang ditemukan selama pemeriksaan didokumentasikan.

2.2. Pemeriksaan Ulas Darah dan Diferensial Leukosit

Alat dan bahan yang digunakan untuk pemeriksaan ulas darah dan diferensial leukosit yaitu kaca objek, sampel darah, metanol, pewarna *giemsa*, dan aquades. Sampel darah sebanyak satu tetes diletakkan dekat ujung kaca objek pertama lalu kaca objek kedua ditempatkan di atas permukaan kaca objek pertama dengan sudut 30-45°. Setelah darah menyebar di ujung kaca objek kedua, kaca tersebut didorong atau ditarik sepanjang kaca objek pertama hingga terbentuk lapisan darah tipis lalu preparat dikeringkan. Preparat selanjutnya difiksasi menggunakan metanol dan dilakukan pewarnaan menggunakan pewarna *giemsa* serta didiamkan selama 15-45 menit. Setelah itu, preparat diangkat dan dibilas menggunakan aquades lalu preparat dikeringanginkan dalam posisi berdiri. Preparat diamati di bawah mikroskop untuk melihat morfologi sel darah dan perhitungan diferensial leukosit.

2.3. Pemeriksaan Hematokrit

Alat dan bahan yang digunakan untuk pemeriksaan hematokrit adalah darah ikan, tabung kapiler mikro, dan sentrifuge. Sampel darah kemudian dimasukkan ke dalam tabung kapiler mikro hingga terisi sekitar dua pertiga bagian, kemudian salah satu ujung tabung ditutup dengan tanah liat khusus (sealant). Tabung kapiler selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 10.000–12.000 rpm selama 5 menit. Setelah sentrifugasi, akan terbentuk tiga lapisan yaitu plasma di bagian atas, lapisan buffy coat (leukosit dan trombosit) di tengah, serta eritrosit di bagian bawah. Nilai hematokrit ditentukan dengan membandingkan tinggi kolom eritrosit terhadap total tinggi darah dalam tabung dan hasilnya dinyatakan dalam persen (%).

2.4. Pemeriksaan Hemoglobin

Alat dan bahan yang digunakan adalah sampel darah, tabung Sahli, pipet Sahli, alkohol swab, larutan HCl, aquadest, dan tisu. Sampel darah kapiler diambil, kemudian sebanyak 20 mikroliter darah dimasukkan ke dalam tabung hemoglobinometer Sahli yang telah berisi larutan asam klorida (HCl) 0,1 N hingga mencapai tanda batas. Darah dihomogenkan dengan HCl dan didiamkan selama 5–10 menit agar terjadi konversi hemoglobin menjadi asam hematin berwarna cokelat. Selanjutnya, larutan diencerkan secara bertahap dengan aquadest menggunakan pipet hingga warna larutan yang terbentuk sesuai atau mendekati warna standar pada alat. Setelah warna serupa tercapai, kadar hemoglobin dapat dibaca langsung pada skala yang terdapat pada tabung Sahli dan dinyatakan dalam satuan gram per desiliter (g/dL).

2.5. Perhitungan Sel Darah Merah dan Sel Darah Putih

Alat dan bahan yang digunakan untuk perhitungan sel darah merah dan sel darah putih yaitu pipet eritrosit, pipet leukosit, kamar hitung *neubauer*, *cover slide*, larutan *Hayem*, dan larutan *Rees Ecker*. Sampel darah dimasukkan ke dalam pipet eritrosit (untuk perhitungan sel darah merah) dan pipet leukosit (untuk perhitungan sel darah putih) hingga mencapai angka “0.5” dan ditambahkan larutan *Hayem* hingga mencapai angka “101” untuk perhitungan sel darah merah serta larutan *Rees Ecker* hingga mencapai angka “11” untuk perhitungan sel darah putih. Pipet eritrosit dan leukosit

dihomogenkan dengan gerakan membentuk angka “8” selama 3 menit lalu cairan dimasukkan ke dalam kamar hitung *neubauer* melalui sisi kiri dan kanan lalu ditutup menggunakan *cover slide*. Sampel diamati di bawah mikroskop dan sel darah merah serta sel darah putih dihitung menggunakan metode *Triple Lines and Double Ruling*.

2.6. Pemeriksaan Patologi

Proses dimulai dengan anestesi pada ikan, yaitu melalui perendaman dalam air es, dekapitasi, atau menusuk otak menggunakan alat tajam. Seluruh alat disusun pada posisi yang mudah dijangkau, tangan dibersihkan dengan sabun atau antiseptik, lalu digunakan sarung tangan dan masker. Ikan kemudian diletakkan di atas nampang dalam posisi rebah kanan dengan kepala menghadap ke kiri untuk ikan berbentuk pipih, atau posisi dorsoventral dengan bagian perut di atas untuk ikan berbentuk bulat, guna memudahkan pengamatan dan pembedahan. Pengamatan eksternal dimulai dengan pengukuran panjang dan berat tubuh, dilanjutkan pemeriksaan visual terhadap lendir, kulit, dan sirip, serta pengambilan contoh uji. Darah dan pemeriksaan mikroskopis lainnya dilakukan sebelum tahap pembedahan. Operkulum ikan dipotong dan sebagian insang diambil, kemudian diberi dua tetes NaCl untuk diamati di bawah mikroskop. Sebelum melakukan pembedahan internal, mukus atau lendir pada permukaan tubuh ikan dibersihkan dengan kain atau handuk bersih, lalu dilakukan disinfeksi menggunakan etanol 70%. Pembedahan dilakukan dengan alat bedah steril dan membuka perut ikan melalui tiga sayatan. Sayatan pertama dibuat secara mendatar dari anus menuju median sirip hingga ke dasar kepala di antara operkulum, dengan mata gunting tumpul dimasukkan ke rongga perut untuk mencegah kerusakan jaringan dan mengurangi risiko kontaminasi. Sayatan kedua dimulai dari anus menuju kepala mengikuti gurat sisi (linea lateralis) dan berakhir di lengkung insang. Sayatan ketiga menghubungkan ujung dari sayatan pertama dan kedua, sehingga rongga perut dapat terbuka sempurna dan lakukan pengamatan organ dalam.

Pembuatan preparat histopatologi diawali dengan penyiapan alat dan bahan, meliputi wadah plastik untuk menyimpan organ, pinset, gunting, *blade*, *tissue cassette*, *automated tissue processor*, *tissue embedding station*, *microtome*, kaca objek, rak preparat, wadah zat pewarnaan, mesin mounting, serta berbagai bahan kimia seperti BNF

10%, xylol, etanol bertingkat (50%, 80%, 95%, 100%), pewarna *hematoxylin* dan *eosin*, larutan Scott, air keran, parafin, dan entellan. Setelah dilakukan nekropsi, tahap pertama adalah fiksasi, yaitu perendaman sampel jaringan dalam BNF 10% untuk menjaga struktur jaringan tetap utuh. Selanjutnya dilakukan trimming, yaitu pemotongan jaringan menjadi ukuran $\pm 1 \text{ cm}^2$ menggunakan blade dan dimasukkan ke dalam *tissue cassette*. Proses berikutnya adalah dehidrasi, clearing, dan parafinasi yang dilakukan yaitu *tissue cassette* dimasukkan ke dalam *automated tissue processor*. Pada alat ini, dilakukan 3 proses, yaitu dehidrasi menggunakan alkohol, clearing menggunakan xylol, dan parafinasi, yaitu penambahan parafin ke dalam rongga kosong di dalam preparat. Setelah itu, jaringan yang telah melalui proses parafinasi dipindahkan ke dalam *tissue embedding station* pada tahap *embedding*, di mana jaringan dicetak dalam blok parafin dan didinginkan dalam freezer. Blok parafin yang telah mengeras kemudian dipotong dengan *microtome* hingga ketebalan sekitar 0,5 mikrometer pada tahap cutting, dan potongan tersebut diambil menggunakan kaca objek setelah terlebih dahulu dicelupkan ke dalam waterbath. Kaca objek yang berisi jaringan dipanaskan di atas hot plate dalam proses *drying*.

Tahap selanjutnya adalah pewarnaan (*staining*), yang dilakukan dengan menggunakan pewarna hematoxylin dan eosin melalui serangkaian tahapan pelarutan dan pencelupan. Proses ini dimulai dari perendaman dalam xylol I dan II (masing-

masing selama 5 menit), kemudian dicelupkan ke dalam etanol 100%, 95%, 80%, dan 50% secara berurutan (masing-masing sebanyak 10 kali celup), dilanjutkan dengan pencucian menggunakan akuades sebanyak enam kali. Selanjutnya, jaringan diwarnai menggunakan *hematoxylin* selama 30 detik, dicuci di bawah air mengalir selama 4 menit, kemudian dicelupkan dalam larutan Scott, diwarnai dengan *eosin* selama 10 detik, dan kembali dicelupkan ke dalam seri etanol dan xylol dengan urutan dan jumlah celupan yang sama untuk proses dehidrasi akhir dan clearing. Proses terakhir adalah mounting, yaitu pengeringan kaca objek di dalam rak, kemudian pemasangan kaca penutup pada kaca objek menggunakan entellan dengan bantuan mesin mounting, sehingga preparat histopatologi siap untuk diamati di bawah mikroskop.

3. Hasil

3.1. Parasit

Hasil pemeriksaan parasit pada lendir ikan mas menunjukkan bahwa tidak ada parasit yang teridentifikasi. Namun demikian, pemeriksaan parasit pada insang menunjukkan hasil parasit yang teridentifikasi sebagai *Dactylogyrus* sp. yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Dactylogyrus sp. merupakan parasit cacing dari filum *Platyhelminthes*, kelas *Monogenea*, ordo *Dactylogyridae*, famili *dactylogyridae*, dan genus *Dactylogyrus*. Manifestasi parasit ini sering terjadi pada ikan air tawar dengan predileksi terutama



Gambar 1. Parasit *Dactylogyrus* sp. pada insang. Dokumentasi pribadi (A) dan referensi (B)^[5]

pada insang, merusak lapisan epitel, menyebabkan iritasi dan inflamasi pada area sekitar sehingga mengganggu sistem respirasi^[6]. Parasit *Dactylogyrus* sp. memiliki ukuran panjang 0,3–0,7 mm dan lebar 0,07–0,14 mm, terdiri dari struktur *haptor* yang memiliki satu pasang kait di bagian ventral dan dorsal^[7].

Gejala klinis yang dapat muncul pada manifestasi *Dactylogyrus* diantaranya frekuensi pernapasan yang tinggi, sirip kaku, sering menggesekkan tubuh, inaktif, dan ikan seringkali beristirahat di bagian dasar kolam. Manifestasi parasit ini lebih sering terlihat pada ikan yang dipelihara di lingkungan kecil dengan populasi tinggi dibandingkan di kolam besar atau di habitat liarnya, karena pada lingkungan kecil, kepadatan populasi ikan cenderung lebih tinggi, sehingga akan meningkatkan dan mempercepat kemungkinan penularan penyakit parasitik akibat kontak fisik antara ikan yang meningkat pula^[8]. Tingginya kepadatan kolam juga dapat menyebabkan ikan lebih mudah mengalami stres dan rentan terhadap infeksi parasit^[9].

3.2. Ulas Darah

Pemeriksaan preparat ulas darah menunjukkan hasil yang normal, tidak ada kelainan dalam morfologi sel-sel darah maupun parasit.

Tabel 1. Hasil pengamatan preparat ulas darah ikan mas

| Hasil Pengamatan | Referensi |
|--|---|
| | Morfologi eritrosit ikan teleost ^[10] |
| Ulas darah ikan mas. Giemsa 1000x Er: Eritrosit L: Limfosit | |
| | Morfologi limfosit (panah utuh) ikan teleost ^[10] |
| | |
| | Morfologi eosinofil (panah) pada ikan Upeneus sp. ^[10] |
| Ulas darah ikan mas. Giemsa 1000x E: Eosinofil | |
| | Morfologi heterofil (panah) pada ikan arwana ^[10] |
| Ulas darah ikan mas. Giemsa 1000x H: Heterofil | |
| | Morfologi basofil pada ikan ^[11] |
| Ulas darah ikan mas. Giemsa 1000x B: Basofil | |
| | Morfologi monosit (panah) pada ikan arwana ^[10] |
| Ulas darah ikan mas. Giemsa 1000x M: Monosit | |

3.3. Hematokrit

Perhitungan hematokrit pada sampel darah ikan mas menunjukkan nilai sebesar 28% yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Nilai ini masih termasuk nilai hematokrit yang normal karena rentang nilai hematokrit pada ikan mas (*common carp*) yaitu 19,67–36,33%^[12]. Nilai normal ini menunjukkan tidak ada kelainan yang terjadi pada sistem peredaran darah ikan mas.



Gambar 2. Hasil pemeriksaan hematokrit ikan mas menunjukkan hasil yang normal

Hasil perhitungan hemoglobin menunjukkan nilai 9 g/dL yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Nilai ini berada di atas nilai hemoglobin normal untuk ikan mas (*common carp*), yaitu 6.22 ± 0.91 g/dL^[13]. Nilai hemoglobin yang berada di atas nilai normal dapat terjadi akibat beberapa hal, diantaranya yaitu usia ikan, lingkungan tempat ikan hidup, spesies ikan, pakan yang diberikan, hingga kerusakan yang terjadi ketika proses penanganan sampel^[14].



Gambar 3. Pengukuran hemoglobin metode Sahli menunjukkan nilai 9 g/dL

Perhitungan sel darah merah dan sel darah putih dilakukan menggunakan alat *haemocytometer* dan kamar hitung *neubauer*. Kamar yang dihitung

pada perhitungan sel darah merah yaitu terdiri dari lima kamar bagian bawah dan lima kamar bagian atas (total 10 kamar), yaitu kamar kanan atas, kanan bawah, kiri atas, kiri bawah, dan tengah, sedangkan pada perhitungan sel darah putih yaitu terdiri dari empat kamar bagian bawah dan empat kamar bagian atas (total 8 kamar), yaitu kamar kanan atas, kanan bawah, kiri atas, dan kiri bawah.

Tabel 2. Perhitungan sel darah merah pada kamar *neubauer*

| Kamar Atas | |
|--------------------|--------|
| Kanan atas | 27 sel |
| Kanan bawah | 19 sel |
| Kiri atas | 31 sel |
| Kiri bawah | 21 sel |
| Tengah | 29 sel |
| Kamar Bawah | |
| Kanan atas | 28 sel |
| Kanan bawah | 26 sel |
| Kiri atas | 28 sel |
| Kiri bawah | 33 sel |
| Tengah | 32 sel |

Selanjutnya, dihitung jumlah eritrosit yang diamati pada setiap kamarnya menggunakan rumus Total eritrosit ($\times 10^6/\text{mm}^3$) = jumlah sel terhitung $\times 10 \times 5 \times 200$. Hasil perhitungan sel menunjukkan nilai $1,270,000 \text{ sel/mm}^3$ atau setara dengan $1,27 \times 10^6/\text{mm}^3$ pada kamar atas dan nilai $1,470,000 \text{ sel/mm}^3$ atau setara dengan $1,47 \times 10^6/\text{mm}^3$. Berdasarkan hasil tersebut, rata-rata jumlah eritrosit di dua kamar yaitu $1,37 \times 10^6/\text{mm}^3$. Jumlah eritrosit tersebut masih berada di rentang normal jumlah eritrosit pada ikan mas, yaitu $1,27\text{--}1,38 \times 10^6/\text{mm}^3$ ^[15].

Tabel 3. Perhitungan sel darah putih pada kamar *neubauer*

| Kamar Atas | |
|--------------------|--------|
| Kanan atas | 17 sel |
| Kanan bawah | 9 sel |
| Kiri atas | 16 sel |
| Kiri bawah | 12 sel |
| Kamar Bawah | |
| Kanan atas | 19 sel |
| Kanan bawah | 11 sel |
| Kiri atas | 14 sel |
| Kiri bawah | 10 sel |

Jumlah leukosit di setiap kamar dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Total leukosit (sel/mm}^3) = \frac{\text{Jumlah leukosit terhitung} \times 20 \times 10}{4}$$

Hasil perhitungan sel menunjukkan nilai $2,700 \times \text{sel/mm}^3$ atau setara dengan $2,7 \times 10^3 \text{ sel/mm}^3$ pada kamar atas dan bawah. Jumlah leukosit tersebut berada di bawah rentang normal jumlah leukosit pada ikan mas, yaitu $15,6-29,1 \times 10^3 \text{ sel/mm}^3$ ^[15]. Kondisi jumlah leukosit berada di bawah rentang normal disebut leukopenia dan dapat mengindikasikan bahwa ikan tersebut mengalami stres kronis atau imunosupresi^[16].

Tabel 4. Hasil diferensial leukosit

| Jenis Leukosit | Jumlah | Nilai Relatif | Nilai Absolut |
|----------------|--------|---------------|--------------------------|
| Limfosit | 82 sel | 82% | 8200 sel/mm ³ |
| Monosit | 8 sel | 8% | 800 sel/mm ³ |
| Basofil | 7 sel | 7% | 700 sel/mm ³ |
| Heterofil | 2 sel | 2% | 200 sel/mm ³ |
| Eosinofil | 1 sel | 1% | 100 sel/mm ³ |

Berdasarkan hasil diferensial leukosit, jenis leukosit yang paling mendominasi di dalam sel darah ikan mas yaitu limfosit, dengan persentase hingga 82%. Hal ini sejalan dengan hasil yang menyatakan bahwa persentase limfosit pada ikan tawar berada pada rentang 50–99%. Perhitungan diferensial leukosit ini berfungsi untuk mengetahui jenis leukosit yang mendominasi pada darah ikan. Leukosit merupakan komponen darah yang berperan dalam sistem imun ikan, namun setiap jenis leukosit memiliki fungsi masing-masing, diantaranya yaitu limfosit berfungsi dalam respons terhadap antigen dan meningkatkan sirkulasi antibodi, monosit berfungsi dalam garis pertahanan kedua setelah heterofil atau neutrofil melalui fagositosis, basofil berfungsi dalam reaksi hipersensitivitas, heterofil atau neutrofil berfungsi dalam pertahanan terhadap infeksi bakteri, serta eosinofil berfungsi dalam pertahanan terhadap infeksi parasit^[17]. Organ yang diambil untuk pemeriksaan histopatologi diantaranya yaitu insang, hati, limpa, ginjal, dan usus. Hasil pemeriksaan patologi anatomi pada organ insang menunjukkan adanya perubahan

warna beberapa pada lamela insang menjadi lebih pucat dibandingkan dengan bagian insang yang lain (**Gambar 4**).

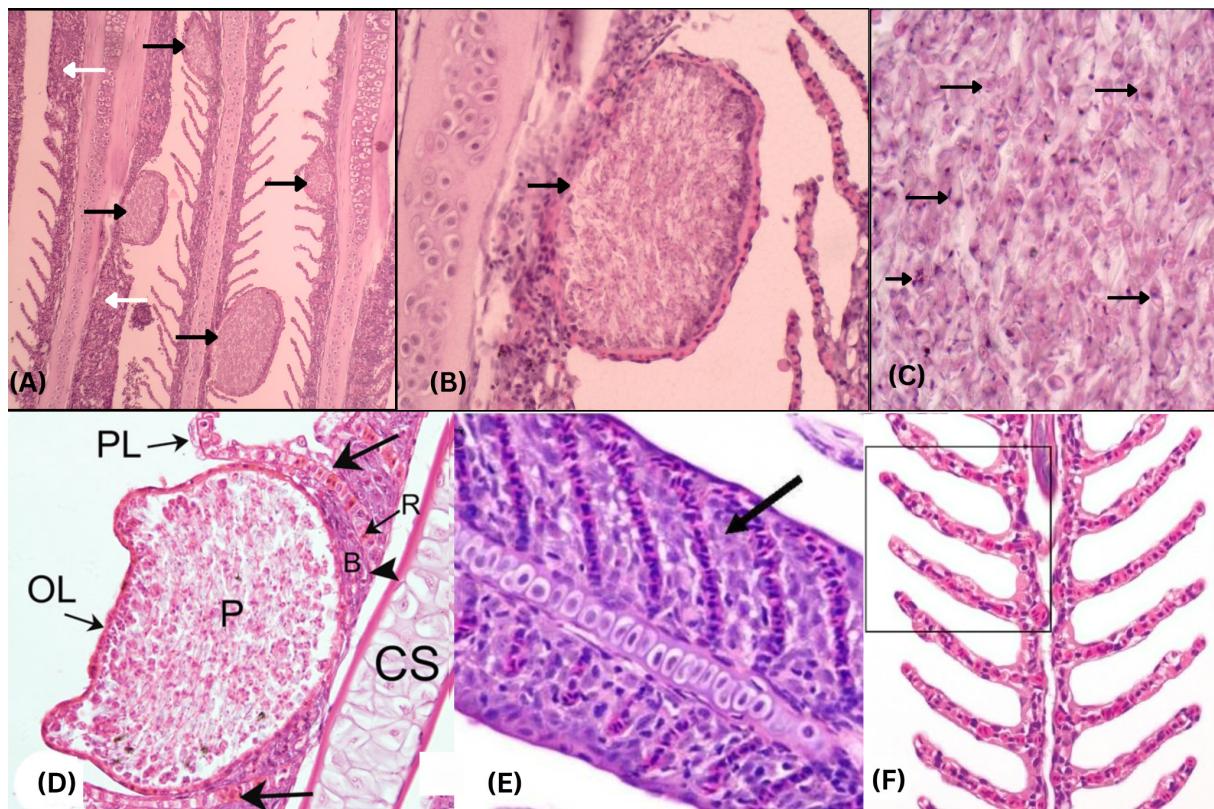


Gambar 4. Patologi anatomi insang ikan. Bagian lamela insang yang lebih pucat (panah hitam) dibandingkan dengan bagian lain (panah putih)

Pemeriksaan histopatologi organ insang menunjukkan adanya massa yang berbentuk seperti kista pada struktur lamella insang (**Gambar 5**). Normalnya, insang ikan tersusun atas struktur *arch* (arkus) dan filamen, atau disebut juga sebagai lamela primer yang strukturnya menonjol secara lateral dari *arch*. Dari setiap lamela primer, terdapat struktur lamela sekunder yang posisinya tegak lurus dengan lamela primer^[18]. Salah satu kondisi yang menyebabkan munculnya massa pada insang yaitu infeksi parasit kelompok *Myxozoa*, yaitu parasit dari filum *Cnidaria* dan subfilum *Myxozoa*. Massa yang terbentuk memiliki bentuk elipsoid yang muncul dari lapisan lumen kapiler lamela^[19].

Hasil pemeriksaan histopatologi hati menunjukkan adanya nekrosis fokal pada sel hati atau hepatosit (**Gambar 6**). Kematian sel atau nekrosis secara umum terdiri dari tiga tahap, yaitu piknosis, karioeksis, dan kariolisis, ditandai dengan kondisi sel yang tidak lagi mempunyai nukleus dan sifat sitoplasma berubah menjadi asidofil^[21]. Pada preparat histopatologi hati ikan mas, terlihat adanya nekrosis hepatosit yang ditandai dengan hilangnya inti sel. Nekrosis ini hanya terjadi di satu lokasi, sehingga dapat disebut nekrosis fokal.

Hasil pemeriksaan histopatologi limpa menunjukkan adanya melanomakrofag di jaringan limpa (**Gambar 7**). Melanomakrofag merupakan agregat fagosit dengan pigmen tinggi, biasanya ditemukan pada ginjal dan limpa berbagai spesies



Gambar 5. Pengamatan histopatologi insang. Terdapat massa pada lamela sekunder ditandai dengan anak panah hitam serta *fusion* antara lamela sekunder ditandai dengan anak panah putih pada gambar (A) dan (B) (H&E, 100x dan 400x. Dokumentasi pribadi). Massa berisi kumpulan spora *Myxozoa* (C) (H&E, 1000x. Dokumentasi pribadi). Referensi plasmodia parasit *Myxobolus pseudoacinosus* pada insang ikan mas. P, plasmodia; PL, lamela sekunder terdorong ke samping; B, sel basal; R, eritrosit; CS, kartilago; OL, lamela sekunder dengan plasmodia (D)^[19]. Referensi *fusion* lamela sekunder ditandai dengan anak panah (E)^[20] dan referensi histologi insang normal (F)^[18].

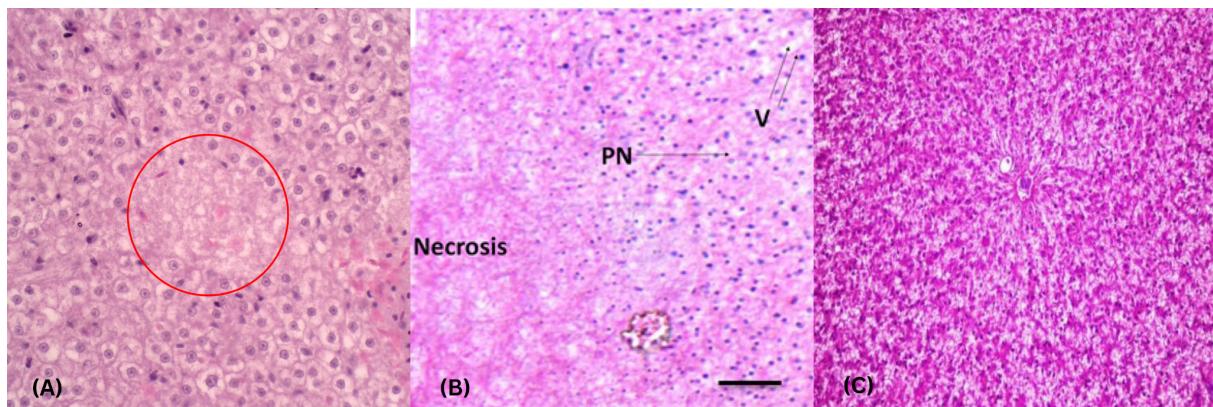
vertebrata^[24]. Pada ikan sendiri, melanomakrofag dapat ditemukan di ginjal, hati, dan limpa, memiliki peran dalam penghancuran material yang sifatnya eksogen dan endogen, penyimpanan zat besi setelah proses fagosit eritrosit, dan berperan dalam sistem imun, sehingga berfungsi sebagai indikator histopatologi sistem imun ikan, infeksi patogen, hingga material asing pada tubuh ikan^[25]. Selain itu, melanomakrofag juga berfungsi dalam deposit bakteri intracellular yang bersifat resisten, sehingga dapat mencegah infeksi kronis akibat bakteri tersebut^[26]. Pada pengamatan histopatologi, melanomakrofag cenderung membentuk agregat besar setelah melakukan aktivitas fagositiknya^[27].

Hasil pemeriksaan histopatologi ginjal menunjukkan adanya atrofi glomerulus (**Gambar 8**). Kondisi atrofi pada glomerulus ditandai dengan adanya perubahan ukuran glomerulus menjadi lebih kecil dan ruang *bowman* (*bowman space*) menjadi lebih luas^[30].

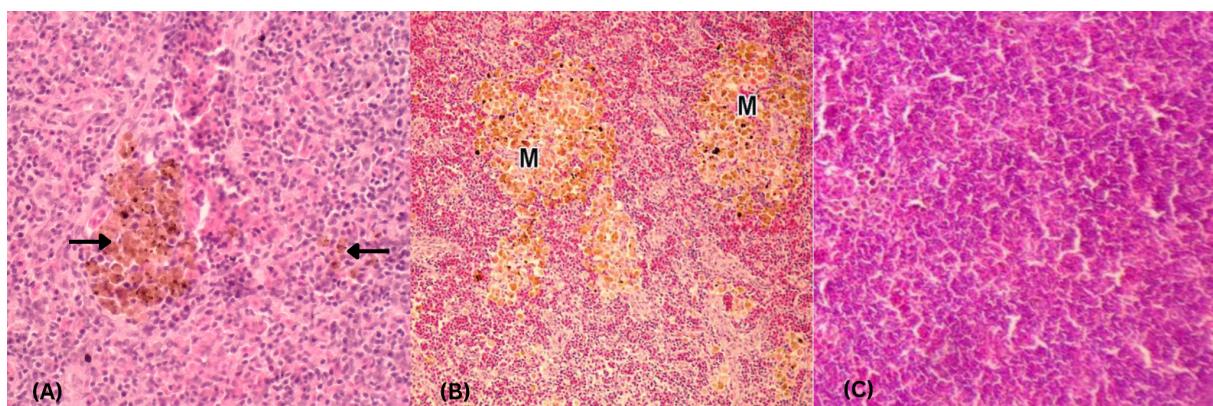
Hasil pemeriksaan histopatologi usus menunjukkan adanya erosi dan hemoragi pada vili usus ikan (**Gambar 9**). Usus memiliki struktur penonjolan permanen dari lapisan lamina propria yang disebut vili, tersusun atas sel epitel kolumnar satu lapis dan berfungsi untuk memperluas daerah penyerapan atau absorpsi^[32]. Vili yang mengalami erosi dapat disebabkan oleh infeksi bakteri maupun manifestasi par寄生虫. Bakteri seperti *Vibrio parahaemolyticus* dapat melekatkan diri pada vili dan menyebabkan erosi mikrovili serta deplesi sitoplasma, sedangkan par寄生虫 seperti *Procamallanus* sp. dapat menyebabkan nekrosis epitel mukosa dan menyebabkan struktur epitel terlepas dari lapisan muskular dan mengakibatkan erosi^[33].

4. Pembahasan

Proses penentuan diagnosis penyakit ikan pada dasarnya sama dengan hewan lainnya, dimulai dari pengambilan sinyalemen dan anamnesa, nekropsi, hingga pembacaan preparat histopatologi



Gambar 6. Pengamatan histopatologi hati. Terdapat nekrosis fokal, hepatosit tidak lagi mempunyai nukleus, ditandai dengan lingkaran merah (A). Referensi nekrosis pada hati ikan (B)^[22] dan referensi hati ikan (C)^[23]

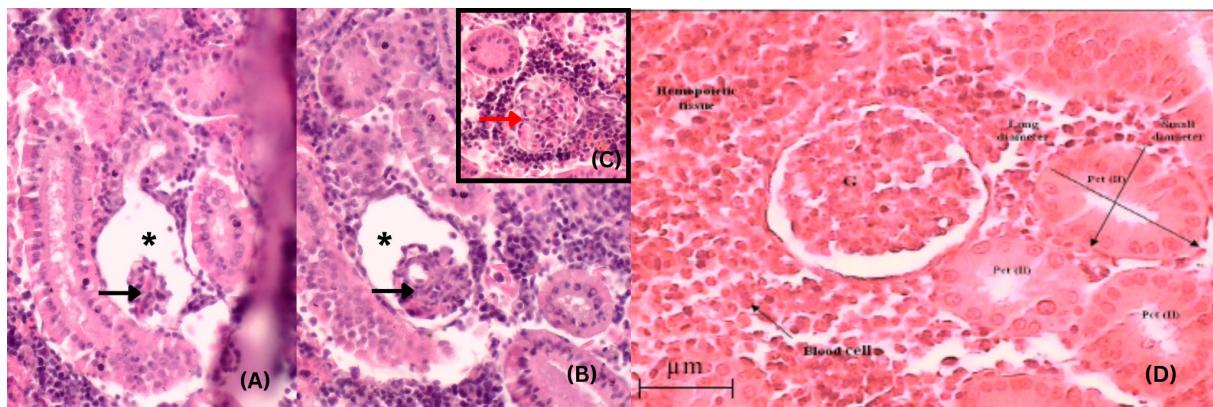


Gambar 7. Pengamatan histopathologi limpa. Terdapat agregat melanomakrofag yang ditandai dengan anak panah di gambar (A). Referensi agregat melanomakrofag pada limpa ikan (B)^[28] dan referensi limpa ikan normal (C)^[29]

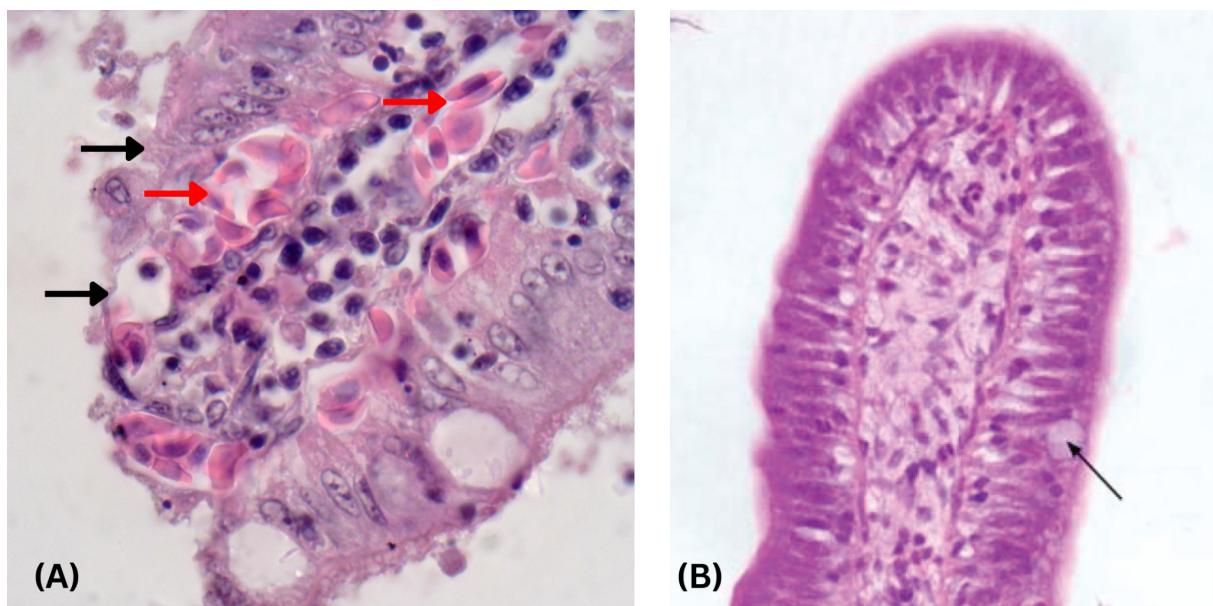
dan penentuan diagnosis. Terdapat berbagai pengujian yang dilakukan untuk membantu penentuan diagnosis pada kasus ini, yaitu pengujian parasit, pengujian darah (hematologi) yang terdiri dari pengamatan preparat ulas darah, hematokrit, perhitungan hemoglobin metode Sahli, perhitungan sel darah merah dan sel darah putih, diferensial leukosit, nekropsi, serta pembuatan preparat histopatologi. Dari seluruh pemeriksaan, temuan paling banyak didapatkan pada insang ikan, yaitu adanya parasit *Dactylogyrus* sp., perubahan warna beberapa bagian insang menjadi lebih pucat, dan beberapa massa yang diduga kista dari parasit *Myxozoa*. Manifestasi parasit tersebut dapat menyebabkan insang menjadi pucat dan pembentukan kista pada lamela sekunder ikan. Bersamaan dengan manifestasi *Dactylogyrus* sp., dapat terjadi gangguan pernapasan pada ikan yang menyebabkan ikan menjadi lemas dan tidak berenang secara aktif^[35].

Kerusakan pada insang ikan dapat menyebabkan gangguan pertukaran antara oksigen dengan karbon dioksida pada sistem pernapasan, sehingga akan berujung pada hipoksia. Adanya kondisi hipoksia ini mengindikasikan bahwa sel dalam tubuh ikan tidak mendapatkan cukup oksigen. Oleh karena itu, akan ada respons kompensasi dari otak dengan cara meningkatkan berbagai komponen darah, salah satunya yaitu hemoglobin dalam upaya untuk meningkatkan kapasitas darah dalam membawa oksigen agar sel dalam tubuh ikan tidak lagi mengalami hipoksia. Oleh karena itu, dapat dilihat pada pemeriksaan hemoglobin sampel ikan mas mengalami peningkatan nilai hemoglobin dengan nilai 9 g/dL, lebih tinggi dibandingkan referensi normalnya, yaitu 6.22 ± 0.91 g/dL^[33].

Selain pernapasan, insang juga menjadi organ utama dalam proses ekskresi amonia dari tubuh ikan air tawar maupun air laut. Ketika terjadi manifestasi parasit pada insang ikan (pada kasus ini yaitu *Dactylogyrus* sp. dan *Myxozoa*) tentunya akan menyebabkan gangguan ekskresi amonia tersebut.



Gambar 8. Pengamatan histopatologi ginjal. Terdapat atrofi glomerulus yang ditandai dengan mengecilnya ukuran glomerulus (panah hitam) dan ruang Bowman (bowman space) yang membesar (bintang) (A, B) dibandingkan dengan glomerulus lain yang masih normal (panah merah) (C). Referensi ginjal ikan normal^[31]



Gambar 9. Pengamatan histopatologi usus. Terdapat erosi pada epitel vili usus (panah hitam) dan hemoragi di lapisan lamina propria (panah merah) (A). Referensi usus ikan normal (B) menunjukkan adanya sel goblet (panah)^[34]

Oleh karena itu, ginjal harus bekerja lebih keras akibat kompensasi dari rusaknya insang karena ginjal merupakan organ lain yang berfungsi dalam ekskresi amonia lewat urin, namun persentasenya sangat rendah. Kompensasi tersebut bisa saja mengakibatkan kerusakan struktur ginjal, salah satunya yaitu atrofi pada glomerulus yang teramati pada preparat histopatologi ginjal ikan ini. Selain pada insang, manifestasi *Myxozoa* juga dapat menyebabkan nekrosis pada jaringan hati^[15].

Manifestasi parasit *Myxozoa* juga dapat menyebabkan gangguan lain, yaitu imunosupresi. *Myxozoa* dapat menyebabkan penurunan regulasi dari sel-sel imun, seperti sel *T-helper 1*, *T-helper 2*,

pensinyalan sitokin, dan aktivitas *cytotoxicity* yang dipicu oleh sel *Natural Killer*^[36]. Selain itu, parasit ini juga dapat menyebabkan penurunan regulasi protein *perforin* dan *granzyme*, yaitu protein yang berperan dalam proses *cytolysis*. Pada umumnya, *perforin* akan membentuk pori-pori dan merusak membran sel target, membantu *granzyme* untuk memasuki sel target lalu menyebabkan kematian sel target melalui proses proteolisis (Cullen et al., 2010). Imunosupresi pada ikan mas juga ditunjukkan dengan nilai leukosit sebesar $2,7 \times 10^3$ sel/mm³, berada jauh di bawah rentang normalnya, yaitu $15,6\text{--}29,1 \times 10^3$ sel/mm³ ^[15]. Kondisi ini disebut leukopenia.

Adanya imunosupresi ini dapat menyebabkan ikan menjadi lebih rentan mengalami infeksi sekunder akibat bakteri, terutama apabila sudah terjadi leukopenia dan penurunan regulasi sel-sel imun. Berbagai bakteri bisa menjadi kausa dalam infeksi tersebut, diantaranya seperti *Aeromonas salmonicida* dan *Vibrio* sp. Infeksi *Aeromonas salmonicida* pada ikan dapat menyebabkan rusaknya enterosit pada usus bagian anterior dan kerusakan mikrovilli pada usus bagian posterior^[37]. Selain itu, bakteri lain seperti *Vibrio parahaemolyticus* juga dapat menyebabkan kerusakan dan erosi pada vili usus ikan^[33]. Hal inilah yang menjadi dasar alasan pengambilan organ usus untuk dijadikan preparat histopatologi. Hasil pengamatan histopatologi membuktikan bahwa terdapat kerusakan pada vili, yaitu erosi epitel dan hemoragik.

Keberadaan infeksi bakteri ini juga dapat dibuktikan dengan adanya agregat melanomakrofag pada preparat histopatologi limpa. Melanomakrofag merupakan salah satu sel imun yang memiliki fungsi utama yaitu fagositosis berbagai komponen, seperti material yang bersifat endogen maupun eksogen, sel yang rusak, hingga material yang bersifat infeksius seperti bakteri. Selain itu, hasil lain menyebutkan bahwa melanomakrofag memiliki peran dalam deposit bakteri intrasel resisten sehingga dapat mencegah infeksi yang lebih luas. Walaupun demikian, jenis bakteri yang menginfeksi ikan masih belum bisa teridentifikasi karena tidak dilakukan pengujian lanjutan mengenai identifikasi dan isolasi bakteri^[26].

Penanganan penyakit akibat parasit *Myxozoa* pada umumnya dilakukan melalui desinfeksi di kolam tempat ikan tersebut hidup melalui pemberian kalsium hidroksida, kalsium oksida, atau kalsium sianamida untuk mengeliminasi spora *Myxobolus* sp.^[2]. Sejauh ini, belum ada pemberian pengobatan yang cocok dengan infeksi *Myxozoa*, namun kontrol dan pencegahan dapat dilakukan melalui penghentian pemberian pakan ikan menggunakan cacing *polychaeta*, seperti *Palola viridis* atau cacing palolo, karena spesies cacing tersebut dapat menjadi inang perantara spora (*myxospore*) infektif dan menyebarkannya pada ikan^[38]. Pada praktiknya, pengobatan pada ikan sendiri cukup sulit karena selain memperhatikan kondisi ikan, seorang dokter hewan juga perlu memperhatikan kondisi air tempat ikan tersebut hidup. Apabila terdapat ikan yang mengalami infeksi *Myxozoa*, pemilik budidaya dapat memisahkan terlebih

dahulu ikan sakit tersebut ke kolam lain agar tidak menyebarkan penyakit. Setelah itu, dapat dilakukan upaya koreksi air melalui pemberian desinfektan untuk mengeliminasi spora *Myxozoa*.

5. Kesimpulan

Diagnosis penyakit ikan dilakukan melalui serangkaian pemeriksaan, mulai dari nekropsi hingga histopatologi. Hasil menunjukkan bahwa insang merupakan organ utama yang mengalami gangguan, terutama akibat infeksi *Dactylogyrus* sp. dan *Myxozoa*, yang menyebabkan gangguan pernapasan, hipoksia, serta peningkatan hemoglobin sebagai respons kompensasi. Kerusakan insang juga berdampak pada fungsi ginjal dan hati. Infeksi *Myxozoa* sp. turut menyebabkan imunosupresi dan leukopenia, yang memicu infeksi sekunder bakteri seperti *Aeromonas* dan *Vibrio* sp., dibuktikan melalui kerusakan usus dan adanya melanomakrofag di limpa. Penanganan lebih difokuskan pada pencegahan melalui desinfeksi kolam dan pengendalian vektor, mengingat belum tersedia terapi yang spesifik dan efektif.

Ucapan Terima kasih

Kami mengucapkan terima kasih banyak kepada drh. Joko Suwiryo, M.Si. dan drh. Ratna Amalia Kurniasih sebagai dokter hewan di Laboratorium Patologi Balai Pemeriksaan Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) serta kepada Dr. drh. Tyagita, M.V.Sc. sebagai dosen pembimbing pada kegiatan studi kasus ini.

Daftar Rujukan

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2024. Laporan Kinerja Tahun 2024. <https://www.kkp.go.id/download-pdf-akuntabilitas-kinerja/akuntabilitas-kinerja-pelaporan-kinerja-laporan-kinerja-direktorat-ikan-air-payau-tahun-2024.pdf>.
- [2] Banu H, & Rathinam RB. 2023. *Myxozoan fish diseases: Possible treatment and zoonoses*. Journal of Parasitic Diseases. 47(2): 215–223. <https://doi.org/10.1007/s12639-023-01496-9>.
- [3] Witeska M, Kondera E, Ługowska K, & Bojarski B. 2022. Hematological methods in fish – Not only for beginners. Aquaculture. 547: 737498. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737498>.
- [4] Rašković B, & Berillis P. 2022. Special Issue on the Histopathology of aquatic animals. Applied Sciences. 12(3): 971.
- [5] Wahab A, Zahid M, Jawad M, Saeed F, Khan I, & Rizwan, A. 2021. Distribution of two monogeneans (*Dactylogyrus vastator* & *Gyrodactylus*) in fish fauna of Baganatu Dam. FR Bannu. KPK. Pakistan.

- [6] Chaudhary A, Chiary HR, & Singh HS. 2017. First molecular confirmation of the *Dactylogyrus anchoratus* and *D. vastator* (Monogenea, Dactylogyridae) from Carassius auratus in western India. BioInvasions Records. 6(1): 79–85.
- [7] Benovics M, Nejat F, Abdoli A, & Šimková A. 2021. Molecular and morphological phylogeny of host-specific Dactylogyrus parasites (Monogenea) sheds new light on the puzzling Middle Eastern origin of European and African lineages. Parasites & Vectors. 14: 1–15.
- [8] Al-Hasyimia US, Dewi NK, & Pribadi TA. 2016. Identifikasi ektoparasit pada ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*) yang dibudidayakan di Balai Benih Ikan (BBI) Boja Kendal. Life science. 5(2): 118–124.
- [9] Pujiastuti, N, & Setiati N. 2015. Identifikasi dan prevalensi ektoparasit pada ikan konsumsi di Balai Benih Ikan Siwarak. Life Science. 4(1).
- [10] Clauss TM, Dove AD, & Arnold JE. 2008. Hematologic disorders of fish. Veterinary clinics of North America: Exotic animal practice. 11(3): 445–462.
- [11] Al-Khayat AS. 2020. Hematological study to evaluate the *Cyprinus carpio* fish healthy in two areas of Baghdad city. Ann. Trop. Med. Pub. Hlth. 23(4): 169–176.
- [12] Effendi I, Farhana H, Mardalisa M, Yoswaty D, Syawal H, Austin B, & Kurniawan R. 2025. Phytoimmunostimulants increase of the immunity of common carp (*Cyprinus carpio*) against Aeromonas hydrophila infection in brackish water. AACL Bioflux. 18(1): 277–284.
- [13] Yanto H, Hasan H, & Sunarto. 2015. Kajian kadar hemoglobin dan hematokrit ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang dipelihara di kolam. Jurnal Akuakultur Indonesia. 14(1): 11–20. <https://doi.org/10.19027/jai.14.1.11-20>
- [14] Rosidah AR, Rustikawati I, & Octavia F. 2018. The effect of differences in altitude location of an aquaculture on fish's hematocrit and fish's haemoglobin of Carp fish and resistance to bacterial attack. Earth and Environmental Science. 137(1): 1–9.
- [15] Sanoesi E. 2020. Hematological analysis of common carp (*Cyprinus carpio*) using hematology analyzer tools and manual at fish seed center, Pasuruan, East Java. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 493: 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/493/1/012011>.
- [16] Witeska M, Kondera E, & Bojarski B. 2023. Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology: A review. Animals. 13(16): 2625. <https://doi.org/10.3390/ani13162625>.
- [17] Rosmanah L, Nugraha AB, & Darusman, HS. 2022. Leukocyte Differential Study in Macaca nemestrina infected by *Plasmodium* spp. Indonesian Journal of Primatology. 1(01): 10–14.
- [18] Smith SA, Newman SJ, Coleman MP, & Alex C. 2018. Characterization of the histologic appearance of normal gill tissue using special staining techniques. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 30(5): 688–698.
- [19] Guo Q, Huang M, Liu Y, Zhang X, & Gu Z. 2018. Morphological plasticity in *Myxobolus Bütschli*, 1882: a taxonomic dilemma case and renaming of a parasite species of the common carp. Parasites & Vectors. 11: 1–11.
- [20] Rajini A, Revathy K, & Selvam G. 2015. Histopathological changes in tissues of *Danio rerio* exposed to sub lethal concentration of combination pesticide. Indian Journal of Science and Technology. 8(18): 1–12.
- [21] Fadilla L, Puspawati N, & Nugroho RB. 2020. Identifikasi *Salmonella* Sp dan Gambaran Histopatologi Hati Ayam yang Terinfeksi *Salmonella* di Pasar Tradisional Kota Boyolali. In Conference on Innovation in Health, Accounting and Management Sciences. 1: 10–15.
- [22] Khan MS, Javed M, Rehman MT, Urooj M, & Ahmad MI. 2020. Heavy metal pollution and risk assessment by the battery of toxicity tests. Scientific Reports. 10(1): 16593.
- [23] Elias NS, Abouelghar GE, Sobhy HM, Elmeniawy HF, & Elsaiedy EG. 2020. Sublethal effects of the herbicide thiobencarb on fecundity, histopathological and biochemical changes in the African catfish (*Clarias gariepinus*). Iranian Journal of Fisheries Sciences. 19(3): 1589–1614.
- [24] Steinle NC, & Bolnick DI. 2017. Melanomacrophage centers as a histological indicator of immune function in fish and other poikilotherms. Frontiers in Immunology. 8: 827. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.00827>.
- [25] Nowak BF, Dang M, Webber C, Neumann L, Bridle A, Bermudez R, & Evans D. 2021. Changes in the splenic melanomacrophage centre surface area in southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) are associated with blood fluke infections. Pathogens. 10(1): 79.
- [26] Agius C, & Roberts RJ. 2003. Melano-macrophage centres and their role in fish pathology. Journal of fish diseases. 26(9): 499–509.
- [27] Manrique WG, Figueiredo MAP, Charlie-Silva I, de Andrade Belo MA, & Dib CC. 2019. Spleen melanomacrophage centers response of Nile tilapia during Aeromonas hydrophila and *Mycobacterium marinum* infections. Fish & shellfish immunology. 95: 514–518.
- [28] Kaewamatawong T, Rattanapinyopituk K, Ponpornpisit A, Pirarat N, Ruangwises S, & Rungsipipat A. 2013. Short-term exposure of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) to mercury: histopathological changes, mercury bioaccumulation, and protective role of metallothioneins in different exposure routes. Toxicologic pathology. 41(3): 470–479.
- [29] Magouz FI, El-Din MTS, Amer AA, Gewaily MS, El-Dahdoh WA, & Dawood MA. 2022. A blend of herbal essential oils enhanced the growth performance, blood bio-immunology traits, and intestinal health of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Annals of Animal Science. 22(2): 751–761.

- [30] Purba SD, Tana S, & Saraswati TR. 2021. Pengaruh Air Rendaman Batang Balimo (*Zanthoxylum nitidum*) terhadap Histologis Ginjal Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Setelah Diberi Ciu. Buletin Anatomi dan Fisiologi. 6(1): 7–16.
- [31] Charmi A, Bahmani M, Sajjadi MM, & Kazemi R. 2009. Morpho-histological study of kidney in farmed juvenile beluga, *Huso huso* (Linnaeus, 1758). Pakistan Journal of Biological Sciences. 12(1): 11–18.
- [32] Eroschenko, & Victor P. 2013. diFIORE'S Atlas of Histology with Functional Correlations. 12th ed. Baltimore: Wolters Kluwer Health.
- [33] Ritchie JM. 2012. Inflammation and disintegration of intestinal villi in an experimental model for *Vibrio parahaemolyticus*-induced diarrhea. PLoS Pathogens. 8(3): e1002593. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002593>.
- [34] Bakke-McKellep AM, Penn MH, Salas PM, Refstie S, Sperstad S, Landsverk T, & Krogdahl Å. 2007. Effects of dietary soyabean meal, inulin and oxytetracycline on intestinal microbiota and epithelial cell stress, apoptosis and proliferation in the teleost Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). British Journal of Nutrition. 97(4): 699–713.
- [35] Ayunin Q, & Pi S. 2019. Identification of bacteria and parasites on semi-intensive culture of catfish (*Pangasius* sp.). Journal of Aquaculture and Fish Health. 9(2): 131–139.
- [36] Maor-Landaw K. 2022. Infection by the parasite *Myxobolus bejeraoni* suppresses the immune system of hybrid tilapia. Microorganisms. 10(10): 1893. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10101893>
- [37] Ringø E. 2004. Damaging effect of the fish pathogen *Aeromonas salmonicida* ssp. *salmonicida* on intestinal enterocytes of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Cell and Tissue Research. 318: 305–311. <https://doi.org/10.1007/s00441-004-0972-3>.
- [38] Stilwell J, & Yanong R. 2024. Myxosporidiosis (Myxozoan Infections) in Warmwater Fish. University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FA201>.