

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Patin Siam *Pangasius hypophthalmus*

2.1.1 Morfologi Ikan Patin Siam *Pangasius hypophthalmus*

Ikan patin adalah ikan sungai dan muara-muara sungai serta danau. Larva ikan patin dapat hidup pada perairan dengan salinitas 5 ppt. Ikan patin dikenal sebagai hewan nokturnal, yakni hewan yang aktif pada malam hari, dan merupakan ikan dasar perairan. Hal ini dapat dilihat dari bentuk mulutnya yang agak ke bawah. Ikan ini juga bersembunyi di liang-liang tepi sungai. Ikan patin juga merupakan ikan omnivora (pemakan segala) dan cenderung menjadi karnivora (pemakan hewan/daging). Di alam, ikan patin makan ikan-ikan kecil, cacing, detritus, serangga, biji-bijian, potongan daun tumbuh-tumbuhan, rumput-rumputan, udang-udang kecil, dan moluska. Dalam pemeliharaan, ikan patin dapat diberi pakan buatan (*artificial foods*) berupa pelet (Kordi, 2010).

Menurut Saanin (1968, 1984), klasifikasi ikan patin adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
Phylum : Chordata
Classis : Pisces
Ordo : Ostariophysi
Sub-Ordo : Siluroidea
Familia : Pangasidae
Genus : Pangasius
Species : *Pangasius hypophthalmus*

Ikan patin siam *P. hypophthalmus* memiliki sirip punggung dengan 1 jari-jari keras yang berubah menjadi patil yang besar dan bergerigi dibelakangnya, sedangkan jari-jari lunak pada sirip ini 6-7 buah. Pada permukaan punggung terdapat sirip lemak yang sangat kecil. Sirip dubur agak panjang, terdiri dari 30-33 jari-jari lunak. Pada sirip perut terdapat 6 jari-jari lunak, sedangkan pada sirip dada terdapat 1 jari-jari keras yang berubah menjadi patil dan 12-13 jari-jari lunak. Sirip ekor bercagak dan bentuknya simetris (Kordi, 2010).

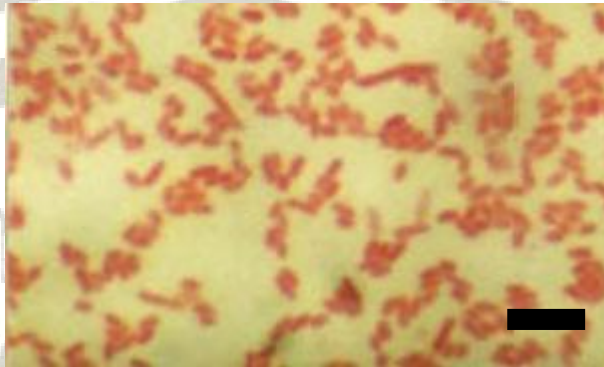
2.2 Bakteri *Aeromonas hydrophila*

Menurut Holt *et al.* (1994), klasifikasi dan identifikasi *A. hydrophila* sebagai berikut :

Filum	: Protophyta
Kelas	: Schizomycetes
Ordo	: Pseudomonadales
Famili	: Vibrionaceae
Genus	: <i>Aeromonas</i>
Spesies	: <i>Aeromonas hydrophila</i>

Penyakit MAS (*Motile Aeromonad Septicaemia*) yang juga dikenal dengan nama penyakit bercak merah (*red spot disease*) adalah penyakit yang disebabkan oleh bakteri *A. hydrophila* (Angka, 2004). Penyakit MAS merupakan penyakit bakterial yang paling sering terjadi pada ikan air tawar, semua ikan air tawar memiliki kemungkinan untuk terserang penyakit ini (Noga, 2002 *dalam* Jamal, 2008).

Morfologi *A. hydrophila* dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini (Puspasari, 2010):



Gambar 2.1. Bakteri *Aeromonas hydrophila* 1 cm = 10 μ m

Ikan patin yang terjangkit penyakit MAS disebabkan oleh infeksi bakteri *A. hydrophila* secara histopatologis tampak terjadinya nekrosis pada limpa, hati, ginjal dan jantung. Seringkali bakterimia ditandai oleh penampakan sel-sel bakteri pada jaringan-jaringan tersebut (Irianto, 2004). Ikan yang telah terinfeksi *A. hydrophila* memperlihatkan tingkah laku ikan abnormal, respon renang lambat, berenang ke permukaan, dan nafsu makan menurun. Gejala lainnya sirip rusak, kulit kering dan kasar, lesi pada kulit yang berkembang menjadi tukak dan mata menonjol (*exophthalmus*), serta terkadang perut menggelembung berisi cairan kemerahan (Kabata, 1985 dalam Jamal, 2008). Ikan yang terserang bakteri ini akan mengalami pendarahan pada bagian tubuh terutama di bagian dada, perut, dan pangkal sirip (Mustikhasary *et al.*, 2012).

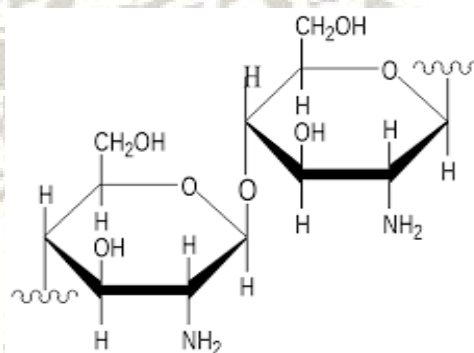
Bakteri *A. hydrophila* dapat menimbulkan penyakit pada populasi ikan yang lemah atau sebagai infeksi sekunder saat ikan terinfeksi penyakit lain. Stressor lingkungan seperti memburuknya kualitas air dapat mempercepat perkembangan penyakit ini. Faktor-faktor tersebut diantaranya fluktuasi suhu air tinggi, kadar

amonia dan nitrit tinggi, gangguan pH dari kondisi normal, dan kelarutan oksigen rendah (Abdullah, 2008).

2.3 Kitosan

Kitosan adalah salah satu senyawa biologis yang dapat digunakan sebagai imunostimulan. Kitosan merupakan produk hasil deasetilasi kitin yang dapat diperoleh melalui proses kimia, mikrobiologis maupun enzimatik (Hernawati *et al.*, 2013). Kitosan merupakan produk alami yang tidak beracun dan memilikipolisakarida, tidak larut dalam air yang diekstrak dari kulit udang. Pada limbahudang ternyata masih ditemukan kandungan protein sebanyak 22-27%, kalsium karbonat (CaCO₃) sebanyak 15-30% dan kitin sebanyak 42-57% dari beratkering tubuhnya (Arlius, 1991 *dalam* Jamal, 2008). Kitosan merupakan produk biologis yang bersifat kationik, nontoksik, biodegradabel, dan biokompatibel. Kitosan memiliki gugus amino yang relatif lebih banyak dibandingkan kitin sehingga lebih nukleofilik dan bersifat basa. Kristalinitas kitosan yang disebabkan oleh ikatan hidrogen intermolekuler maupun intramolekuler lebih rendah dibandingkan kitin sehingga lebih mudah diaplikasikan dalam beberapa reagen. Kitosan tidak larut dalam air dan beberapa pelarut organik seperti dimetilsulfoksida, dimetilformamida, pelarut alkohol organik dan piridin. Kitosan larut dalam asam organik dan mineral encer melalui protonasi gugus amino bebas pada pH kurang dari 6,5. Pelarut yang baik bagi kitosan adalah asam format, asam asetat dan asam glutamat. Kelarutan kitosan menurun dengan bertambahnya berat molekul kitosan (Wibisono, 2014).

Sumber utama untuk produksi kitosan adalah kitin dan bahan baku yang digunakan untuk mengolahnya tersedia dalam jumlah yang cukup melimpah di Indonesia, terutama cangkang kepiting dan rajungan serta kulit udang. Kitosan merupakan modifikasi polimer karbohidrat alami yang diproses melalui N-Deasetilisasi parsial kitin. Unit utama dari polimer kitin adalah 2-deoksi-2-(asetilamino) glukosa. Unit tersebut diikat oleh ikatan β -(1,4) glikosida yang membentuk polimer linear rantai panjang. Kitosan tersedia dalam rentan berat molekul dan derajat deasetilasi yang luas. Berat molekul (BM) dan derajat deasetilasi (DD) adalah faktor utama yang mempengaruhi ukuran partikel, pembentukan partikel, dan agregasi (Tiyaboonchai, 2003 dalam Irianto *et al.*, 2011). Struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur molekul kitosan

Kitosan merupakan biopolimer yang sumbernya melimpah dan terbarukan sehingga termasuk sumberdaya alternatif yang harus dimanfaatkan semaksimal mungkin. Sifat polikatonik kitosan menjadi dasar pemanfaatan kitosan dalam berbagai bidang. Kitosan dimanfaatkan dalam bidang pertanian sebagai biopestisida untuk membantu tanaman melawan infeksi jamur. Dalam bidang industri, kitosan dapat digunakan dalam lapisan cat poliuretan. Dalam dunia

kesehatan, kitosan berguna untuk mengurangi pendarahan dan sebagai agen antibakteri, juga dapat digunakan untuk obat melalui kulit. Selain itu, kitosan juga bermanfaat dalam program diet karena kemampuannya dalam menurunkan kolesterol. Dalam bidang bioteknologi, kitosan berperan dalam imobilisasi enzim, pemisahan protein dan regenerasi sel. Dalam bidang pengelolaan limbah, kitosan juga dimanfaatkan sebagai adsorben logam (Wibisono, 2014).

2.4 Imunostimulan

Imunostimulan merupakan senyawa biologis, sintesis atau senyawa lainnya yang dapat meningkatkan sistem respon imun non-spesifik (Hernawati *et al.*, 2013). Imunostimulan adalah senyawa alam yang memodulasi sistem kekebalan tubuh dengan meningkatkan resistensi host terhadap penyakit. Imunostimulan terdiri dari kelompok biologis dan senyawa sintetik yang meningkatkan mekanisme pertahanan nonspesifik seluler dan humoral (Mehana *et al.*, 2015). Imunostimulan memiliki struktur yang terdiri dari unit ganda dengan bentuk molekul tunggal seperti glukosa di β -glukan dan (deoksi) riboses di / RNA, rantai asam lemak DNA di lipopolisakarida bakteri (LPS) dan lipoprotein tertentu. Seperti pola yang melimpah di komunitas mikroba dari prokariota, dan dapat disebut pola molekul patogen terkait (PAMPs) jika mereka memulai respon inflamasi (Ringo *et al.*, 2012).

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai imunostimulan dibagi menjadi dua yaitu biologis dan sintetik. Imunostimulator biologi meliputi hormon timus, limfokin, interferon, antibodi monoklonal, *transfer factor*/ekstrak leukosit, sel LAK, bahan yang berasal dari bakteri dan jamur. Imunostimulator sintetik

meliputi levamisol, isoprinosin, muramil dipeptida (MDP), BRM, dan bahan-bahan lain seperti bestatin, *Tufts*, *Maleic anhydride* dan *divinyl ether copolymer* (Baratawidjaja, 2006 dalam Amelia, 2014).

2.5 Sistem Imun Ikan

Ikan merupakan rantai penghubung antara invertebrata dan vertebrata tingkat tinggi. Meskipun sistem imun belum selengkap pada hewan vertebrata tingkat tinggi tetapi jauh lebih berkembang dibandingkan sistem imun pada invertebrata. Ikan memiliki kemampuan respon imun humoral dan yang diperantarai sel (*cell-mediated immune response*). Selain itu pada ikan sudah mulai terdapat respon imun spesifik terhadap antigen (imunoglobulin). Selain itu organ limfoid (organ yang merespon antigen) serta myeloid (organ penghasil darah) menjadi satu, yaitu ginjal untuk ikan teleostei dan sturgeon serta hati pada hagfish dan elasmobranchii (Irianto, 2004). Ikan juga sama seperti makhluk hidup pada umumnya yaitu memiliki sistem pertahanan diri terhadap patogen. Sistem pertahanan diri yang dimiliki ikan terdiri atas dua macam, yaitu sistem pertahanan spesifik dan sistem pertahanan non spesifik (Irianto, 2004). Fungsi dasar dari sistem imun, yaitu mendeteksi dan melenyapkan setiap substansi yang masuk dalam tubuh yang dikenal sebagai benda asing (Subowo, 2010).

2.5.1 Sistem Pertahanan Non Spesifik

Respon imun non spesifik berupa pertahanan secara fisik dan kimiawi. Salah satu upaya tubuh untuk dapat mempertahankan diri terhadap masuknya antigen (antigen bakteri) adalah dengan cara menghancurkan bakteri yang

bersangkutan secara fagositosis, tanpa memperdulikan adanya perbedaan kecil yang ada di antara substansi-substansi asing itu. Respon imun non spesifik umumnya merupakan imunitas bawaan (*innate immunity*) yang memberikan pertahanan terdepan dalam menghadapi serangan berbagai organisme. Leukosit dapat memberikan respon langsung terhadap antigen walaupun tubuh sebelumnya tidak pernah terpapar oleh zat tersebut (Kresno, 2001).

Komponen-komponen utama sistem imun bawaan (non spesifik) yang telah lama diterima secara luas adalah pertahanan fisik dan kimiawi seperti epitel dan substansi mikroba yang diproduksi di permukaan epitel; berbagai jenis protein dalam darah termasuk di antaranya komponen-komponen sistem komplemen, mediator inflamasi lainnya dan berbagai sitokin, sel-sel fagosit yaitu sel-sel polimorfonuklear dan makrofag serta sel *natural killer* (NK). Selain fagositosis, manifestasi respon imun non spesifik yang lain adalah reaksi inflamasi. Sel-sel sistem imun tersebar diseluruh tubuh, tetapi bila terjadi infeksi di satu tempat perlu upaya untuk memusatkan sel-sel imun itu dan produk-produk yang dihasilkannya ke lokasi infeksi. Selama proses ini berlangsung, terjadi 3 proses penting yaitu : peningkatan aliran darah di area infeksi, peningkatan permeabilitas kapiler akibat retraksi sel-sel endotel yang mengakibatkan molekul-molekul besar dapat menembus dinding vascular, dan migrasi leukosit ke luar vaskular (Kresno, 2001).

Salah satu upaya tubuh untuk mempertahankan diri terhadap masuknya antigen, misalnya antigen bakteri adalah menghancurkan bakteri bersangkutan secara non spesifik dengan proses fagositosis. Dalam hal ini leukosit yang bekerja

dalam fagositosis memegang peranan yang amat penting, khususnya makrofag, demikian pula neutrofil dan monosit. Supaya dapat terjadi fagositosis, sel-sel fagosit tersebut harus bersentuhan dengan partikel bakteri, atau lebih tepat lagi bahwa partikel tersebut harus melekat pada permukaan fagosit. Untuk mencapai hal ini maka fagosit harus bergerak menuju sasaran. Hal ini dimungkinkan berkat dilepaskannya zat atau mediator tertentu yang disebut faktor leukotaktik atau kemotaktik yang berasal dari bakteri maupun yang dilepaskan oleh neutrofil atau makrofag yang sebelumnya telah berada di lokasi bakteri, atau yang dilepaskan oleh komplemen. Selain faktor kemotaktik yang menarik fagosit menuju antigen sasaran, untuk proses fagositosis selanjutnya bakteri perlu mengalami opsonisasi terlebih dahulu. Ini berarti bahwa bakteri terlebih dahulu dilapisi (opsonisasi) oleh imunoglobulin atau komplemen (C3b), supaya lebih mudah ditangkap oleh fagosit. Selanjutnya partikel bakteri masuk ke dalam sel dengan cara endositosis dan oleh proses pembentukan fagosom yang terperangkap dalam kantung fagosom seolah-olah ditelan untuk kemudian dihancurkan, baik dengan proses oksidasi-reduksi maupun oleh derajat keasaman yang ada dalam fagosit atau penghancuran oleh lisozim dan gangguan metabolisme bakteri (Kresno, 2001).

2.5.2 Sistem Pertahanan Spesifik

Respon imun spesifik merupakan sistem kekebalan khusus yang membentuk antigen dan membuat limfosit peka untuk segera menyerang dan menghancurkan organisme spesifik atau toksin (Fujaya, 1999). Respon imun spesifik dapat dihasilkan secara bawaan (*innate immunity*) yang berfungsi untuk melawan penyakit tetapi memerlukan rangsangan terlebih dahulu. Respon kekebalan

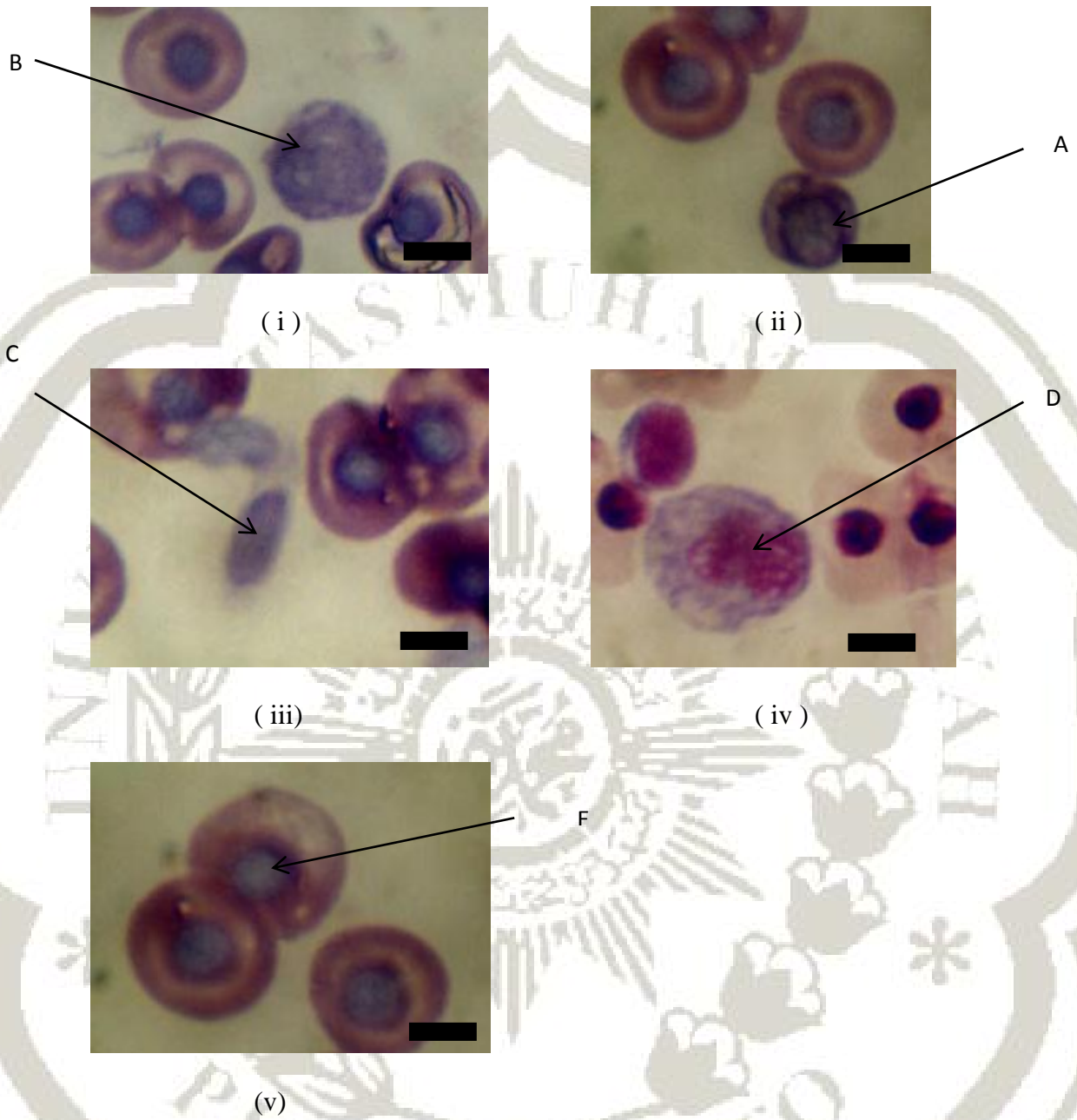
merupakan suatu fungsi koordinasi diantara organ-organ tubuh dan bagian selulernya. Fungsi dari organ-organ ini untuk menunjukkan tipe antibodi yang diproduksi, menghasilkan antibodi spesifik serta menghancurkan mikroorganisme (Donando, 2002 dalam Septarina, 2015).

Ciri utama sistem imun spesifik adalah : 1) spesifitas, respon yang timbul terhadap antigen, pada komponen struktural kompleks protein atau polisakarida yang tidak sama. 2) diversitas, jumlah total spesifitas limfosit terhadap antigen dalam satu individu yang disebut *Lymphocyte repertoire*, sangat besar. 3). Memory, limfosit memiliki kemampuan mengingat antigen yang pernah dijumpainya dan memberikan respons yang lebih efektif pada perjumpaan berikutnya. 4) spesialisasi, sistem imun memberikan respons yang berbeda dan dengan cara yang berbeda terhadap berbagai mikroba yang berlainan. 5). membatasi diri (self limitation), semua respon imun normal mereda dalam waktu tertentu setelah rangsangan antigen. 6) Membedakan self dari non-self. Sistem imun menunjukkan toleransi terhadap antigen tubuh sendiri. Dalam mengenali antigen secara spesifik, ada 3 macam molekul pengikat antigen (*antigen binding molecules*) yang terlibat, yaitu reseptor antigen pada permukaan sel B (imunoglobulin permukaan, sIg), reseptor antigen pada sel T (TCR) dan molekul *major histocompatibility complex* (MHC) kelas I dan II (Kresno, 2010).

2.6 Hematologi Ikan

Darah terdiri atas dua kelompok besar, yaitu sel dan plasma. Sel terdiri atas sel-sel diskret yang memiliki bentuk khusus dan fungsi yang berbeda terdiri dari eritrosit dan leukosit (limfosit, monosit, neutrofil dan trombosit) sedangkan komponen dari plasma yaitu fibrinogen, ion-ion anorganik dan organik (Fujaya, 1999). Pada ikan, sel yang berperan dalam sirkulasi darah adalah eritrosit, monosit, limfosit, trombosit, dan neutrofil granulosit dapat dilihat pada gambar 2.3.

Fungsi darah sebagai alat transpor antara lain, transpor oksigen, karbondioksida, sari-sari makanan maupun hasil metabolisme (Fujaya, 1999). Pada ikan, darah mengalir dengan membawa oksigen dari insang ke jaringan, karbondioksida ke kulit dan insang, produk pencernaan dari hati ke jaringan dan ion seperti Na^+ dan Cl^- yang berperan dalam osmoregulasi. Darah juga membawa hormon dan vitamin, terutama dalam plasma. Bahan-bahan asing atau yang tidak dibutuhkan oleh tubuh diangkut ke ginjal dan dikeluarkan melalui urin atau difagositasi (Abdullah, 2008).



Keterangan : (A) Monosit, (B) Limfosit, (C) Trombosit, (D)Neutrofil, (E) Eritrosit

Gambar 2.3. Eritrosit dan Jenis-jenis Leukosit pada darah Ikan 1 cm = 10 μm (Chinabut *et al.*, 1991 dalam Puspasari, 2010).

2.6.1 Eritrosit

Eritrosit disusun dengan protein pembawa-oksigen, hemoglobin. Di bawah kondisi normal, sel-sel ini tidak pernah meninggalkan sistem sirkulasi. Eritrosit bersifat cukup fleksibel, suatu sifat yang memungkinkan eritrosit dapat menyesuaikan diri terhadap bentuk iregular dan garis tengah kapiler yang kecil (Junqueira, 1995). Fungsi utama sel darah merah adalah untuk mengangkut hemoglobin yang berperan membawa oksigen dan insang atau paru-paru ke jaringan. Selain mentranspor hemoglobin, sel darah merah juga mengandung asam karbonat dalam jumlah besar yang berfungsi mengkatalisis reaksi antara karbon dioksida dan air. Dengan demikian, darah dapat bereaksi dengan karbon dioksida dan mentranspornya dari jaringan ke insang (Fujaya, 1999). Eritrosit mengandung protein yang sangat penting bagi fungsinya yaitu globin yang dikongugasikan dengan pigmen *hem* membentuk hemoglobin untuk mengikat oksigen (Subowo, 1992).

2.6.1.1 Hematokrit

Nilai hematokrit adalah konsentrasi (dinyatakan dalam persen) eritrosit dalam 100 mL darah lengkap. Nilai hematokrit akan meningkat (hemokonsentrasi) karena peningkatan kadar sel darah atau penurunan volume plasma darah, misalnya pada kasus DBD. Sebaliknya nilai hematokrit akan menurun (hemodilusi) karena penurunan seluler darah atau peningkatan kadar plasma darah, seperti pada anemia (Rasyada *et al.*, 2014). Seiring meningkatnya jumlah eritrosit maka nilai hematokrit ikut meningkat pula (Sukenda *et al.*, 2008).

2.6.1.2 Hemoglobin

Hemoglobin adalah metalloporphyrin, merupakan kombinasi dari haem/hem yang merupakan porphyrin besi, dan globin. Atom besi dari hem berasosiasi dengan satu molekul oksigen yang dikenal dengan istilah oxygenation. Setiap molekul hemoglobin elasmobranchi dan teleostei mengandung empat molekul hem, yakni dua rantai α dan dua rantai β . Oleh karena itu, satu molekul hemoglobin mengandung empat atom besi sehingga dapat mengangkut empat molekul oksigen (Fujaya, 1999).

Molekul hemoglobin (suatu conjugated protein) terdiri atas 4 subunit, masing-masing mengandung gugus hem yang dihubungkan dengan suatu polipeptida. Gugus hem adalah suatu derivat porfirin yang mengandung besi (Fe^{2+}). Karena variasi dari masing-masing rantai polipeptida yang melekat pada hem, dapat dibedakan berbagai jenis hemoglobin, beberapa diantaranya yang dianggap normal adalah: Hemoglobin A₁ (HbA₁), A₂ (HbA₂), dan F (HbF) dalam keadaan normal ditemukan pada kehidupan postnatal. Bila berikatan dengan oksigen atau CO₂, hemoglobin masing-masing membentuk oksihemoglobin atau karbaminohemoglobin. Akan tetapi ikatan-ikatan ini tidak stabil, ikatan hemoglobin dengan karbon monoksida, membentuk karboksi hemoglobin adalah stabil (Junqueira, 1982).

2.6.2 Leukosit

Berdasarkan granula spesifik pada sitoplasmanya seperti yang dilihat dengan mikroskop cahaya, sel-sel darah putih digolongkan dalam 2 kelompok : granulosit dan agranulosit. Leukosit juga dapat dibagi dalam sel-sel

polimorfonuklear dan mononuklear dipandang dari morfologi inti. Selain itu, mereka dapat digolongkan sebagai sel-sel mieloid atau limfoid, tergantung dari asalnya (Junqueira, 1982).

Leukosit pada ikan, terdiri atas tujuh bentuk, yakni tiga tipe eosinofil granulosit dan masing-masing satu tipe neutrofil granulosit, limfosit, monosit, dan trombosit (Fujaya, 1999). Fungsi primer sel darah putih adalah melindungi tubuh dari infeksi. Sel ini bekerja sama dengan erat bersama protein dan respon imun, imunoglobulin, dan komplemen (Mehta *et al.*, 2000).

2.6.2.1 Limfosit

Limfosit dalam darah berukuran sangat bervariasi sehingga pada pengamatan sediaan apus darah dibedakan menjadi : Limfosit kecil (7-8 μm), sedang Limfosit besar (12 μm). Jumlah limfosit yaitu sekitar 1000-3000 per mm^3 darah atau 20-30% dari seluruh leukosit. Di antara 3 jenis limfosit, limfosit kecil memiliki kedudukan paling banyak. Limfosit memiliki kedudukan paling penting dalam sistem imunitas tubuh, sehingga sel-sel tersebut tidak saja terdapat dalam darah, tetapi juga dalam jaringan khusus yang dinamakan jaringan limfoid (Subowo, 1992). Limfosit tidak bersifat fagositik tetapi memegang peranan penting dalam pembentukan antibodi. Kekurangan limfosit dapat menurunkan konsentrasi antibodi dan menyebabkan meningkatnya serangan penyakit (Fujaya, 1999).

Maturasi limfosit terjadi terutama dalam sumsum tulang untuk sel B dalam timus untuk sel T, tetapi juga melibatkan kelenjar getah bening, hati, limpa, dan bagian RES lainnya. Antigen yang diekspresikan pada permukaan suatu sel

bereaksi dengan reagen antibodi monoklonal. Limfosit memiliki masa hidup terlama di antara semua leukosit, dan beberapa (misalnya sel B ‘memori’) dapat hidup selama beberapa tahun (Mehta *et al.*, 2000).

2.6.2.2 Monosit

Dalam jaringan, monosit bertahan hidup selama beberapa hari, mungkin beberapa bulan sebagai makrofag untuk menjalankan fungsi utamanya yaitu fagositosis dan pembunuhan. Sel ini memiliki morfologi berubah-ubah dalam darah perifer, tetapi berinti satu (mononuklear) dan memiliki sitoplasma keabuan dengan vakuola dan granul berukuran kecil. Dalam jaringan, monosit sering memiliki proyeksi sitoplasmik panjang yang menyebabkannya dapat berkomunikasi secara luas dengan sel-sel lain (Mehta *et al.*, 2000).

Monosit mempunyai garis tengah yang berkisar dari 9-12 μm . Inti oval, berbentuk kaki kuda, atau berbentuk ginjal dan pada umumnya terletak konsentris. Kromatin kurang padat dan menunjukkan susunan yang lebih fibriler daripada limfosit, ini merupakan sifat tetap monosit (Junqueira, 1983). Monosit lebih kuat dibandingkan neutrofil dalam memfagositasi bakteri, bahkan dapat memfagositasi partikel yang lebih besar (Fujaya, 1999). Monosit ditemukan dalam darah, jaringan penyambung, dan rongga-rongga tubuh. Mereka tergolong sistem fagositik mononuklear (sistem retikuloendotel) dan mempunyai tempat-tempat reseptor pada permukaan membrannya untuk imunoglobulin dan komplemen (Junqueira, 1983).

2.6.2.3 Neutrofil

Jumlah sel-sel neutrofil ini sebanyak 60-70% dari leukosit yang bersirkulasi. Garis tengahnya 12-15 μm , dengan sebuah inti terdiri atas 2-5 lobus (biasanya 3 lobus) yang saling berikatan melalui benang kromatin halus. Netrofil muda (bentuk batang) memiliki inti tanpa segmen dalam bentuk tapal kuda. Neutrofil dengan lebih dari 5 lobus disebut hipersegmen dan secara khas merupakan sel tua. Neutrofil adalah sel berumur pendek dengan waktu-paruh dalam darah antara 6-7 jam dan jangka hidup antara 1-4 hari dalam jaringan ikat. Neutrofil membentuk pertahanan terhadap invasi mikroorganisme, terutama bakteri. Neutrofil merupakan fagosit aktif terhadap partikel kecil dan kadang-kadang disebut sebagai mikrofag untuk membedakannya dari makrofag, merupakan sel yang lebih besar. Sel-sel ini bersifat tidak aktif, berbentuk bulat sewaktu beredar namun berubah bentuk saat melekat pada substrat padat, dan bermigrasi melalui pseudopodia (Junqueira, 1995).

Jumlah neutrofil ikan dalam darah hampir sama dengan mamalia (3-6 ribu per mm^3), namun proporsinya dalam leukosit lebih kecil kira-kira 6-8 % dibanding mamalia sebesar 60-70 % (Nabib dan Pasaribu, 1989 dalam Abdullah, 2008).

2.6.2.4 Eosinofil

Eosinofil jauh lebih sedikit dari neutrofil, hanya 2-4% dari leukosit dalam darah normal. Sel ini bergaris tengah 12-15 μm dan mengandung inti khas bilobus dan granul yang terwarnai menjadi merah oranye (mengandung histamin) (Junqueira, 1995; Mehta *et al.*, 2000). Partikel glikogen relatif banyak. Ciri

pengenalan utama ialah memiliki banyak granula spesifik besar dan refraktil memanjang (kira-kira 200 per sel) dan dapat dipulas dengan eosin (Junqueira, 1995). Eosinofil memiliki kinetika produksi, diferensiasi, dan sirkulasi yang serupa dengan kinetika pada neutrofil; faktor pertumbuhan IL-5 penting dalam mengatur produksinya. Sel ini sangat penting dalam respon terhadap penyakit parasit dan penyakit alergi. Pelepasan isi granulanya ke patogen yang lebih besar (misalnya helmin) membantu destruksinya dan fagositosis berikutnya (Mehta *et al.*, 2000).

2.7. Kualitas Air

Kualitas air merupakan suatu perubah (variabel) yang dapat mempengaruhi pengelolaan, kelangsungan hidup, pembenihan, serta produksi ikan. Kondisi air harus disesuaikan dengan kondisi optimal bagi kebutuhan biota yang dipelihara (Mulyanto, 1992 *dalam* Apriliyana, 2016).

Air merupakan media untuk kegiatan budidaya ikan, termasuk pada kegiatan pembesaran. Kualitas air dipengaruhi oleh berbagai bahan kimia yang terlarut dalam air, seperti oksigen terlarut, derajat keasaman (pH), dan suhu.

2.7.1. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor fisika yang sangat mempengaruhi kehidupan ikan. Suhu atau temperatur air sangat berpengaruh terhadap metabolisme dan pertumbuhan organisme serta mempengaruhi jumlah pakan yang dikonsumsi organisme perairan. Suhu juga mempengaruhi distribusi internal dalam air, mempengaruhi kekentalan (*viskositas*) air, tingkat konsumsi oksigen

dan kandungan oksigen terlarut (Effendi, 1978 *dalam* Apriliyana, 2016). Kisaran suhu optimal bagi kehidupan ikan di perairan tropis antara 25-32⁰C (Kordi, 2010).

2.7.2. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) air merupakan kualitas air. Derajat keasaman ditentukan oleh konsentrasi ion H⁺ yang terkandung di dalamnya. Pada sebagian besar spesies ikan air tawar, pH yang sesuai yaitu antara 6,5-9,0 dan kisaran optimal pH air antara 7,5 – 8,7. Derajat keasaman (pH) air dapat mempengaruhi kehidupan ikan. pH air dalam suasana basa dapat menyebabkan ikan kurang produktif akibat berkurangnya kandungan oksigen yang menyebabkan aktivitas pernafasan naik dan nafsu makan berkurang, jika pH > 9 makan dapat menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat (Kordi, 2010).

2.7.3. Oksigen terlarut

Oksigen terlarut atau DO digunakan oleh ikan di dalam air dalam proses pernafasan, pembakaran, serta melakukan aktivitas seperti berenang, pertumbuhan, dan reproduksi (Bachtiar, 2006 *dalam* Windarti, 2016). Kadar DO kurang dari 4-5 mg/L, nafsu makan ikan berkurang dan pertumbuhan tidak berlangsung dengan baik. Apabila kandungan oksigen dalam air mencapai 3-4 mg/L dalam jangka waktu yang lama, ikan akan berhenti makan dan pertumbuhan berhenti. Untuk jenis-jenis ikan kolam kandungan oksigen terlarut optimal 5 mg/L dan lebih baik jika 7 mg/L. Oksigen terlarut dalam air sebanyak 5 – 6,4 ppm dianggap paling ideal untuk tumbuh dan berkembangbiak ikan (Djariah, 2001).