

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 2.1 Ikan Tawes

2.1.1 Klasifikasi Ikan Tawes (*Puntius javanicus*)

Menurut Zipcodezoe (2016), klasifikasi Ikan Tawes antara lain :

- Kingdom : Animalia
- Phylum : Chordata
- Subphylum : Vertebrata
- Class : Osteopterygii
- Subclass : Actinopterygii
- Order : Cypriniformes
- Family : Cyprinidae
- Subfamily : *Cyprininae*
- Genus : *Puntius*
- Specific name : *javanicus*
- Scientific name: *Puntius javanicus*



Gambar 2. Ikan Tawes (*Puntius javanicus*) (Musingken,2016)

2.2.2 Morfologi Ikan Tawes

Ikan Tawes merupakan salah satu ikan asli Indonesia. Ikan tawes dalam habitat aslinya adalah ikan yang berkembang biak di sungai, danau, dan rawa-rawa dengan lokasi yang disukai adalah perairan dengan air yang jernih dan terdapat banyak aliran air, mengingat ikan ini memiliki sifat biologis yang membutuhkan banyak oksigen dan hidup di perairan tawar dengan suhu tropis 22 - 28 °C, serta pH 7. Ikan ini dapat ditemukan di dasar sungai mengalir pada kedalaman hingga lebih dari 15m, rawa dan waduk (Kottelat, *et.al.* 1993).

Ikan Tawes hidup di perairan tawar dengan suhu tropis 22 - 28 °C, pH 7. Ikan ini dapat ditemukan di sungai pada kedalaman hingga lebih dari 15m, rawa banjir dan waduk. Bentuk badan agak pipih, dengan punggung meninggi, kepala kecil, moncong meruncing, mulut kecil terletak pada ujung hidung, sungut sangat kecil atau rudimenter. Di bawah garis rusuk terdapat sisik 5 ½ buah dan 3-3 ½ buah diantara garis rusuk dan permulaan sirip perut. Garis rusuknya berjumlah antara 29-31 buah. Badan berwarna keperakan agak gelap di bagian punggung. Pada moncong terdapat tonjolan-tonjolan yang sangat kecil. Sirip punggung dan sirip ekor berwarna abu-abu atau kekuningan, sirip dada berwarna kuning dan sirip dubur berwarna orange terang. Sirip dubur mempunyai 6 ½ jari-jari bercabang (Kottelat, *et al.* 1993). Ikan tawes memiliki kebiasaan makan bersifat omnivore makanannya dari tumbuhan (seperti dedaunan, Ipomea reptans dan Hydrilla), fitoplankton dan invertebrate (Jefri, 2010).

Ikan Tawes (*Puntius javanicus*) mempunyai arti penting bagi manusia karena berfungsi sebagai bioindikator perairan, sumber protein hewani dan bernilai ekonomis sehingga banyak dibudidayakan. Ikan tawes ini pada habitat aslinya merupakan ikan penghuni perairan berarus deras. Ikan ini mempunyai ketahanan hidup di air payau hingga 7 permil. Ikan Tawes dikenal sebagai ikan yang mudah berkembang biak dialam, oleh karenanya tidak sulit juga untuk

mengembangkannya di kolam pemeliharaan. Faktor-faktor utama yang berperan terhadap pembiakannya antara lain : suhu, cahaya, kandungan oksigen terlarut dan pH. Ikan Tawes dikenal sebagai ikan yang peka terhadap perubahan-perubahan lingkungan. Berdasarkan sifat ikan tawes tersebut maka ikan ini sangat baik digunakan sebagai bioindikator terjadinya perubahan lingkungan perairan akibat masuknya air buangan (Wijaya, 2009).

2.2 Sistem Imun Ikan

Sistem imun pada ikan terbagi menjadi dua yaitu sistem imun spesifik dan sistem imun non-spesifik. Terdapat dua sistem imun spesifik, yakni sistem imun spesifik humoral dan sistem imun spesifik selular. Limfosit B atau sel B berperan dalam sistem imun spesifik humoral yang apabila dirangsang oleh benda asing akan berkembang menjadi plasma yang membentuk antibodi dan dilepas sehingga ditemukan dalam darah. Antibodi ini berfungsi sebagai pertahanan terhadap infeksi virus, bakteri (ekstraseluler) dan menetralkan toksinnya (Baratawidjaja 1991). Sedangkan pada sistem imun spesifik selular, limfosit T atau sel T yang berperan melawan mikroorganisme intraselular, seperti makrofag yang sulit dijangkau oleh antibodi (Kresno 1996).

Upaya yang dilakukan oleh tubuh ikan dalam mempertahankan diri terhadap serangan benda asing adalah dengan menghancurkan benda asing tersebut secara non-spesifik dengan proses fagositosis. Sistem imun non-spesifik merupakan pertahanan tubuh yang dapat memberikan respon langsung terhadap antigen, sedangkan sistem imun spesifik membutuhkan waktu untuk mengenal antigennya sebelum dapat memberikan responnya. Dikatakan non-spesifik karena tidak ditujukan terhadap mikroorganisme tertentu yang telah ada dan berfungsi sejak lahir seperti lendir dan komponen dalam tubuh lainnya, sedangkan dikatakan spesifik karena memiliki kemampuan untuk mengenal benda asing yang segera

dikenal dan terjadi sensitisasi sel-sel sistem imun sehingga bila benda asing yang sama muncul maka akan dikenal lebih cepat dan segera dihancurkan (Baratawidjaja 1991).

Menurut Anderson 1992, aktivitas respon imunitas dapat distimulasi oleh imunostimulator. Respon imunitas dibentuk oleh jaringan limfoid yang menyatu dengan myeloid yang dikenal dengan jaringan limfomyeloid pada ikan. Organ limfomyeloid pada ikan teleost adalah limpa, timus, dan ginjal depan. Produk jaringan limfomyeloid adalah sel-sel darah dan respon imunitas baik seluler maupun hormonal (Rijkers 1981; Fange 1982). Leukosit merupakan jenis sel yang aktif di dalam sistem pertahanan tubuh. Setelah dihasilkan di organ timus dan ginjal, leukosit kemudian diangkut dalam darah menuju ke seluruh tubuh (Irianto 2005). Leukosit dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu agranulosit dan granulosit berdasarkan ada-tidaknya granula pada sitoplasma. Agranulosit terdiri atas limfosit dan monosit. Granulosit terdiri atas neutrofil, eosinofil dan basofil (Chinabut et al. 1991). Anderson (1992) melaporkan bahwa interleukin, interferon, dan sitokin berperan sebagai komunikator dan aplikasi dalam mekanisme pertahanan humoral dan seluler ikan. Oleh sebab itu, mekanisme pertahanan tubuh yang sinergis antara pertahanan humoral dan seluler ditandai dengan adanya interleukin, interferon, dan sitokin (Alifuddin 1999).

2.3 Darah Ikan

Darah merupakan medium dalam sistem sirkulasi, dimana fungsinya mengedarkan nutrisi esensial ke seluruh tubuh dan membawa sisa-sisa hasil

metabolism dan patogen sebelum mencapai konsentrasi yang berbahaya. Darah ikan tersusun dari sel-sel darah yang tersuspensi di dalam plasma yang diedarkan ke seluruh tubuh (Moyle dan Cech, 2004). Volume darah ikan *teleostei*, *heleostei*, dan *chondrostei* sebanyak 3% dari bobot tubuh, sedangkan ikan *Chondrocthyes* 6.6 % dari bobot tubuh (Randall, 1970 dalam Affandi dan Tang, 2002).

Pemeriksaan darah ikan dilakukan untuk memantapkan diagnosis suatu penyakit, karena terjadinya gangguan fisiologis ikan akan menyebabkan perubahan pada komponen - komponen darah yang selanjutnya akan dapat menentukan kondisi atau status kesehatan ikan. Perubahan komponen darah dapat terjadi secara kualitatif maupun kuantitatif baik dari segi gambaran sel maupun analisis bahan kimianya. Untuk mengetahui kondisi kesehatan ikan bisa dilihat pada gambaran darah ikan (Purwanto, 2006). Darah tersusun atas cairan darah (plasma darah) dan elemen - elemen selular (sel - sel darah). Plasma darah terdiri dari air, protein (albumin, globulin, dan faktor - faktor koagulasi), lipid dan ion (Fujaya, 2004).

Sel darah adalah indikator penting dari perubahan dalam lingkungan internal dan eksternal hewan. Pada ikan parameter tersebut lebih berkaitan dengan respon dari seluruh organisme, yaitu untuk efek pada kelangsungan hidup ikan, reproduksi dan pertumbuhan. Ikan yang tinggal dan kontak dengan lingkungannya sangat rentan terhadap perubahan fisik dan kimia yang dapat tercermin dalam komponen darah mereka (Alkahemal, *et.al.* 2011)

2.3.1 Sel Darah Merah (Eritrosit)

Sel darah merah (eritrosit) ikan mempunyai inti, umumnya berbentuk bulat dan oval tergantung pada jenis ikannya. Inti sel eritrosit terletak sentral dengan sitoplasma terlihat jernih kebiruan dengan pewarnaan 7/mm³ Takashima dan Hibiya 1995 dalam Maswan 2009). Eritrosit pada ikan merupakan sel dengan

jumlah paling banyak, mencapai 4×10^6 sel/mm³ (Moyle dan Cech, 2004).

Jumlah eritrosit pada tiap spesies dan biasanya dipengaruhi oleh stress dan suhu lingkungan. Jumlah eritrosit pada teleostei berkisar antara $1,05 \times 10^6$ sel/mm³ sampai $3,0 \times 10^6$ sel/mm³ (Roberts, 2001).

Menurut Komariah (2009), fungsi utama dari sel – sel darah merah atau eritrosit yaitu sebagai pengangkut hemoglobin dan sebagai pengangkut oksigen dari paru paru. Selain mengangkut hemoglobin, eritrosit juga mempunyai fungsi lain seperti mengkatalis reaksi antara karbon dioksida dan air, sehingga meningkatkan kecepatan reaksi bolak – balik ini beberapa ribu kali lipat. Cepatnya reaksi ini membuat air dalam darah bereaksi dengan banyak sekali karbon dioksida dan dengan demikian mengangkutnya dari jaringan menuju paru – paru dalam bentuk ion bikarbonat (HCO_3^-). Hemoglobin yang terdapat di dalam sel juga merupakan larutan dapar asam-basa (seperti juga pada kebanyakan protein), sehingga sel darah merah bertanggung jawab untuk sebagian besar daya pendaparan seluruh darah. Gambar sel darah merah (eritrosit) contohnya pada ikan Tawes (*Puntius javanicus*) dapat dilihat pada Gambar 3.

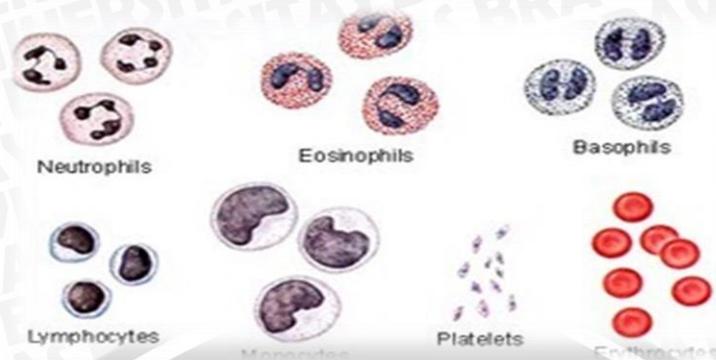


Gambar 3. Eritrosit Ikan Tawes (*Puntius javanicus*) (Dokumentasi Pribadi. 2016)

2.3.2 Sel Darah Putih (Leukosit)

Sel darah putih (leukosit) ikan merupakan bagian dari sistem pertahanan tubuh yang bersifat non-spesifik. Leukosit ikan terdiri dari granulosit dan agranulosit (Lagner et al, 1977 dalam Anderson, 1990), mengungkapkan bahwa agranulosit terdiri dari limfosit, monosit dan trombosit, sedangkan granulosit terdiri dari basofil, netrofit dan eosinofil. Moyle dan Cech (1988) dalam Maswan (2009), menjelaskan bahwa jumlah sel darah putih lebih rendah dibandingkan dengan sel darah merah yaitu berkisar 20.000 sel/mm^3 - 150.000 sel/mm^3 . Ada enam macam sel darah putih yang secara normal ditemukan dalam darah yaitu netrofit polimorfonuklir, eosinofil polimorfonuklir, basofil polimorfonuklir, monosit, limfosit yang merupakan pecahan dari tipe ketujuh sel darah putih yang dijumpai dalam sumsum tulang yaitu megakariotik.

Leukosit merupakan komponen penting, mempunyai peran dalam sistem kekebalan tubuh ikan. Peningkatan jumlah sel darah putih ini merupakan respon dalam bentuk proteksi terhadap adanya sel asing termasuk adanya infeksi bakteri yang masuk ke tubuh ikan. Hasil produksi leukosit akan diarahkan menuju daerah terinfeksi sebagai pertahanan ikan. Naiknya jumlah leukosit merupakan indikator adanya infeksi yang mengakibatkan terjadinya inflamasi (Suhermanto, et al., 2011). Menurut Bijanti (2005), bahwa ikan mempunyai sel darah putih (leukosit) yang cukup banyak antara $137.000/\text{mm}^3$ – $798.000/\text{mm}^3$. Leukosit ikan dibagi menjadi 2 bagian besar yaitu Granulosit dan Agranulosit. Persentase leukosit dan keseluruhan sel darah yang beredar pada spesies ikan berbeda – beda. Proses pembentukan leukosit pada mamalia terbatas pada sumsum tulang limpa dan limfnode, sedangkan pada ikan selain pada tempat – tempat tersebut juga pada ginjal dan thymus turut berperan dalam proses pembentukan leukosit. Gambar sel darah putih (leukosit) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Leukosit (Bioedu. 2016)

2.4 Mikronukleus (Mn)

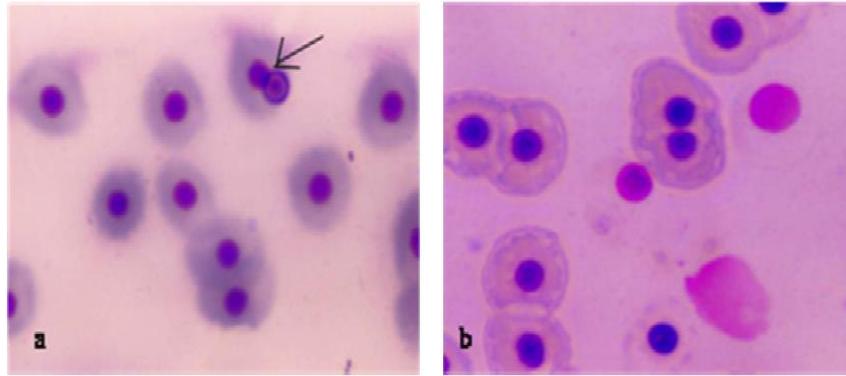
Uji mikronukleus atau mikronuklei dalam sel darah merah (eritrosit) ikan merupakan alternatif untuk mendeteksi gonotoksik di dalam perairan. Menurut Lusiyanti dan Abdul (1999), sel terdiri dari dua komponen utama yaitu sitoplasma yang berisi berbagai organel sel untuk menjalankan aktifitas sel dan inti sel (nukleus) yang mengandung kromosom. Mikronukleus atau mikronuklei adalah anak inti sel yang berbentuk bulat kecil yang berada di sekitar sitoplasma sel limfosit dan mempunyai ukuran kurang lebih $\frac{1}{5}$ bagian dari inti sel induknya (limfosit). Bahwa terbentuknya mikronukleus ini berasal dari fragmen asentrik atau kromosom yang tertinggal pada waktu sel melakukan mitosis sebagai hasil kerusakan atau cacat pada perlengkapan benang kromosom, sehingga mikronukleus ini mulai terbentuk pada stadium telophase. Bila dilihat dari kontribusinya, frekuensi mikronuklei yang berasal dari kromosom akibat kelainan fungsi sentromer adalah sekitar 5% dan mikronukleus dari disentri yang merupakan mikronukleus besar juga sekitar 5%.

Mikronuklei adalah sitoplasma badan kromatin yang mengandung fragmen kromosom acentrik atau kromosom tertinggal selama anafase dan gagal untuk menjadi inti sel selama pembelahan sel. Karena kerusakan genetik yang menghasilkan istirahat kromosom atau kelainan sehingga menyebabkan

pembentukan mikronukleus, kejadian mikronuklei berfungsi sebagai indeks dari jenis kerusakan. Dari penyimpangan kromosom, uji mikronukleus telah banyak digunakan untuk menguji bahan kimia yang menyebabkan jenis kerusakan (Ali *et al.*, 2008). Menurut Fenech (2000), bahwa mikronuklei adalah pembelahan sel yang berupa pecahan sentromer/kromosom atau seluruh kromosom sehingga tidak dapat melakukan perjalanan ke kutub selama pembelahan mitosis. Micronuclei terbentuk selama pembelahan sel, mencerminkan efek mutagenik oleh hilangnya kromosom fragmen atau seluruh kromosom yang tidak termasuk dalam anafase berikut inti utama. Uji mikronuklei pada ikan memiliki potensi untuk mendeteksi bahan pencemar dari efek lingkungan dalam media air. Karena eritrosit teleost yang bernukleus, MNI telah menskoring eritrosit pada ikan sebagai ukuran aktivitas dari istirahat di kromosom, menyebabkan bagian dari kromosom yang dihapus, ditambahkan atau disusun kembali (Al-Sabti dan Metcalfe, 1995 *dalam* Guner dan Fulya, 2011).

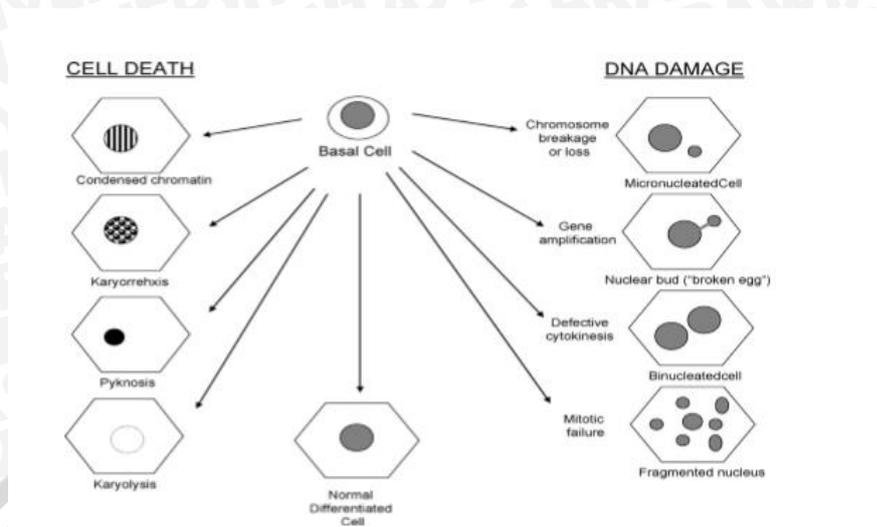
Nukleus terdiri dari mikronukleus dan makronukleus jenis heteromerik. Dalam makronukleus dapat dibedakan menjadi dua zona satu bagian luar (orthomere), terdiri dari akhir replikasi kromatin yang kaya DNA dan mengandung banyak nukleus dan satu bagian dalam (paramere) terdiri dari awal replikasi kromatin. Di dalam paramere yang ada agregasi kromatin disebut endosome. Kandungan DNA di makronukleus bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan. Dalam kondisi optimal kandungan rata-rata DNA makronuklear tetap konstan selama beberapa generasi. Ketika kondisi memburuk, kandungan DNA rata-rata menurun dan ketika kondisi membaik maka kandungan akan meningkat. Perubahan ini menyangkut DNA yang merupakan orthomere, jumlah yang lebih besar dari paramere tersebut. Tingkat DNA di paramere tidak berubah. Perubahan jumlah DNA di orthomere adalah hasil dari replikasi difensial. Dalam lingkungan yang kondisi baik fenomena over-replikasi dapat diamati, dan dalam kondisi

memburuk yang di bawah replikasi (Radzikowski, 1985). Untuk Gambar Mikronuklei pada Gambar 5.



Gambar 5. Mikronuklei ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Ali, et al. 2008)

Ada beberapa kelainan inti sel lainnya, yaitu *binucleated cell*, *karyorrhetic cell*, *karyolytic cell*, *nuclear budd* dan *fragmented nucleus*. *Binucleated cell* adalah kelainan inti sel yang tampak sebagai dua inti berukuran kurang lebih sama besar yang terdapat dalam satu sel dan keduanya saling terhubung. Sel ini terbentuk akibat kegagalan sitokinesis di mana terjadi pembelahan inti namun tidak diikuti pembelahan sel. *Karyorrhetic cell* merupakan gambaran inti sel yang padat dengan elemen nukleokromatin yang kemudian dapat terjadi pemecahan inti sel dan tampak sebagai kepingan-kepingan sehingga disebut *fragmented nucleus*. *Karyolytic cell* menggambarkan tidak adanya inti sel sama sekali karena sudah mengalami penghancuran. *Nuclear budd* atau *broken egg* adalah kelainan inti sel yang paling mirip dengan mikronukleus. Untuk membedakan keduanya dilihat dari adanya jembatan atau hubungan antara inti utama dengan inti tambahan yang berukuran lebih kecil. Kelainan inti sel ini muncul akibat adanya amplifikasi gen inti sel (Ramadhani, et. al, 2013). Untuk kelainan inti sel bisa dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Kelainan Inti Sel (Ramadhani, et. all, 2013))

2.5 Bahan Pencemar Sungai

Pencemaran air adalah penyimpangan sifat – sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam semesta ini tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, namun bukan berarti bahwa semua air sudah tercemar. Air permukaan dan air sumur pada umumnya mengandung bahan – bahan metal terlarut, seperti Na, Mg, Ca dan Fe. Air yang mengandung komponen – komponen tersebut dalam jumlah tinggi disebut air sadah. Adanya benda – benda asing yang mengakibatkan air tersebut tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya secara normal disebut dengan pencemaran air (Kristanto, 2002).

Beberapa pencemaran di sungai tentunya diakibatkan oleh kehidupan disekitarnya baik pada sungai itu sendiri maupun perilaku manusia sebagai pengguna. Pengaruh dominan terjadinya pencemaran yang sangat terlihat adalah kerusakan yang diakibatkan oleh manusia dalam kuantitas tergantung dari pola kehidupannya. Setiap pinggiran sungai yang padat dengan pemukiman, dipastikan akan terlihat saluran – saluran buangan yang menuju ke badan sungai. Sehingga

apabila dikumulatifkan dari beberapa saluran buangan maka akan menjadikan buangan yang cukup tinggi (Sukadi,1999).

Menurut Mudarisin (2004), jenis limbah cair yang dapat mencemari air dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu :

1. Limbah cair domestik, yaitu limbah cair yang berasal dari pemukiman, tempat-tempat komersial (perdagangan, perkantoran, industri) dan tempat-tempat rekreasi. Air limbah domestik (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri atas tinja, air kemih, dan buangan limbah cair (kamar mandi, dapur, cucian yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1 % padatan). Zat padat yang ada tersebut terbagi atas $\pm 70\%$ zat organik (terutama protein, karbohidrat, dan lemak) serta sisanya 30% zat anorganik terutama pasir, air limbah, garam-garam dan logam.
2. Limbah cair industri merupakan limbah cair yang dikeluarkan oleh industri sebagai akibat dari proses produksi. Limbah cair ini dapat berasal dari air bekas pencuci, bahan pelarut, ataupun pendingin dari industri - industri tersebut. Pada umumnya limbah cair industri lebih sulit dalam pengelolannya, hal ini disebabkan karena zat-zat yang terkandung di dalamnya berupa bahan atau zat pelarut, mineral, logam berat, zat-zat organik, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfida, amoniak, dan lain-lain yang bersifat toksik.
3. Limbah pertanian yaitu limbah yang bersumber dari kegiatan pertanian seperti penggunaan pestisida, herbisida, fungisida, dan pupuk kimia yang berlebihan.
4. Infiltration / inflow yaitu limbah cair berasal dari perembesan air yang masuk ke dalam dan luapan dari sistem pembuangan air kotor.

2.6 Logam Berat

Logam berat adalah istilah yang digunakan secara umum untuk kelompok logam dan metaloid dengan densitas lebih besar dari 5 g/cm^3 , terutama pada unsur

seperti Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn. Unsur-unsur ini biasanya erat kaitannya dengan masalah pencemaran dan toksisitas. Logam berat secara alami ditemukan pada batu-batuan dan mineral lainnya, maka dari itu logam berat secara normal merupakan unsur dari tanah, sedimen, air dan organisme hidup serta akan menyebabkan pencemaran bila konsentrasinya telah melebihi batas normal. Jadi konsentrasi relatif logam dalam media adalah hal yang paling penting (Alloway dan Ayres, 1993).

Pencemaran logam berat adalah jenis pencemaran yang paling berbahaya (Wibowo, 2012). Hal tersebut karena sifat logam berat yang mudah terakumulasi dan *non degradable*. Faktor yang menyebabkan logam berat dikelompokkan kedalam bahan pencemar adalah karena sifatnya yang tidak dapat terurai melalui biodegradasi seperti pencemar organik, dapat terakumulasi di lingkungan terutama di sedimen sungai dan laut, dapat terikat dengan senyawa organik dan anorganik melalui proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks (Effendi, 2003)

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup. Logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup, tetapi beberapa jenis logam masih dibutuhkan oleh makhluk hidup, walaupun dalam jumlah yang sedikit. Daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (*detoksikasi*) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi. Toksisitas pada spesies biota dibedakan menurut kriteria sebagai berikut : biota air, biota darat, dan biota laboratorium. Sedangkan toksisitas menurut lokasi dibagi menurut kondisi tempat mereka hidup, yaitu daerah pencemaran berat, sedang, dan daerah nonpolusi. Umur biota juga sangat berpengaruh terhadap daya toksisitas logam,

dalam hal ini yang umurnya muda lebih peka. Daya tahan makhluk hidup terhadap toksisitas logam juga bergantung pada daya detoksikasi individu yang bersangkutan, dan faktor kesehatan sangat mempengaruhi (Palar, 1994).

Pencemaran logam berat merupakan permasalahan yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Sejak kasus merkuri di Minamata Jepang pada tahun 1953, pencemaran logam berat semakin sering terjadi dan semakin banyak dilaporkan. Agen Lingkungan Amerika Serikat (EPA) melaporkan, terdapat 13 elemen logam berat yang diketahui berbahaya bagi lingkungan. Diantaranya arsenic (As), timbal (Pb), merkuri (Hg), dan cadmium (Cd). Logam berat sendiri sebenarnya merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan setiap makhluk hidup, namun beberapa di antaranya (dalam kadar tertentu) bersifat racun. Di alam, unsur ini biasanya terdapat dalam bentuk terlarut atau tersuspensi (Mursyidin, 2006).

2.6.1 Merkuri (Hg)

Merkuri terdapat dalam bentuk Hg (murni), Hg anorganik dan Hg organik (Darmono, 1995). Merkuri di alam umumnya terdapat sebagai metil merkuri yaitu bentuk senyawa organik (alkil merkuri atau metil merkuri) dengan daya racun tinggi dan sukar terurai dibandingkan zat asalnya. Bila terakumulasi metil merkuri dalam tubuh, akan mengakibatkan keracunan yang bersifat akut maupun kronis (Darmono, 1995). Akibat dari keracunan akut antara lain adalah mual, muntah-muntah, diare, kerusakan ginjal, bahkan dapat mengakibatkan kematian. Keracunan kronis ditandai oleh peradangan mulut dan gusi, pembengkakan kelenjar ludah dan pengeluaran ludah secara berlebihan, gigi menjadi longgar dan kerusakan pada ginjal. Kadar maksimum merkuri untuk keperluan air baku air minum kurang dari 0,001 mg/l dan untuk kegiatan perikanan yang diperbolehkan kurang dari 0,002 mg/l (Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001).

Merkuri yang masuk ke dalam perairan dapat masuk dan terakumulasi pada ikan-ikan dan makhluk air lainnya, termasuk ganggang dan tumbuhan air. Mekanisme masuknya merkuri ke dalam tubuh hewan air adalah melalui penyerapan pada permukaan kulit, melalui insang dan rantai makanan, sedangkan pengeluaran dari tubuh organisme perairan bisa melalui permukaan tubuh atau insang atau melalui isi perut dan urine. Merkuri dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui tiga cara yaitu pernafasan (*inhalasi*), permukaan kulit dan paling banyak melalui makanan. Hal ini terjadi karena ikan-ikan yang telah terkontaminasi senyawa merkuri tersebut dikonsumsi oleh manusia sehingga merkuri terakumulasi dalam tubuh manusia. Penyerapan merkuri dalam manusia cenderung terkonsentrasi di dalam hati dan ginjal, karena di dalam organ tersebut terdapat protein yang terdiri dari asam amino sistein (Fardiaz, 1992).

2.6.2 Kadmium (Cd)

Kadmium adalah logam kebiruan yang lunak, termasuk golongan II B tabel berkala dengan konfigurasi elektron [Kr] 4d¹⁰5s². unsur ini bernomor atom 48, mempunyai bobot atom 112,41 g/mol dan densitas 8,65 g/cm³. Titik didih dan titik lelehnya berturut-turut 765 °C dan 320,9 °C. Kadmium merupakan racun bagi tubuh manusia. Waktu paruhnya 30 tahun dan terakumulasi pada ginjal, sehingga ginjal mengalami disfungsi kadmium yang terdapat dalam tubuh manusia sebagian besar diperoleh melalui makanan dan tembakau, hanya sejumlah kecil berasal dari air minum dan polusi udara. Pemasukan Cd melalui makanan adalah 10 – 40 µg/hari, sedikitnya 50% diserap oleh tubuh (Laegreid, 1999).

Logam kadmium mempunyai berat atom 112.41; titik cair 321 °C dan massa jenis 8.65 gr/ml (Hutagalung, 1991). Keberadaan kadmium di alam berhubungan erat dengan hadirnya logam Pb dan Zn. Dalam industri pertambangan Pb dan Zn,

proses pemurniannya akan selalu memperoleh hasil samping kadmium yang terbuang dalam lingkungan (Palar, 2004). Kadmium digunakan sebagai pigmen dalam pembuatan keramik, penyepuhan listrik, pembuatan aloi dan baterai alkali (Lu, 1995).

2.7 Mekanisme Penyerapan Bahan Pencemaran Oleh Darah

Bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami tiga macam proses akumulasi yaitu fisik, kimia, dan biologis. Buangan limbah industri yang mengandung bahan berbahaya dengan toksisitas yang tinggi dan kemampuan biota untuk menimbun logam bahan pencemar mengakibatkan bahan pencemar langsung terakumulasi secara fisik dan kimia lalu mengendap di dasar laut. Melalui rantai makanan terjadi metabolisme bahan berbahaya secara biologis dan akhirnya akan mempengaruhi kesehatan manusia. Akumulasi melalui proses biologis inilah yang disebut dengan bioakumulasi (Hutagalung, 1984).

Menurut Simkiss dan Mason (1983) dalam Shindu (2005), logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh biota melalui tiga cara yaitu :

1. Endositas, dimana pengambilan partikel dari permukaan sel dengan membentuk wahana perpindahan oleh membran plasma. Proses ini sepertinya berperan dalam pengambilan logam berat dalam bentuk tidak terlarut.
2. Diserap dari air, 90% kandungan logam dalam jaringan berasal dari penyerapan oleh sel epitel insang. Insang diduga sebagai organ yang menyerang logam berat dari air.
3. Penyerapan logam berat diserap dari makanan dan sedimen oleh biota juga bergantung pada strategi mendapatkan makanan.