

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L)

Menurut Lagler, Bardach, Miller and Passino (1977) kedudukan ikan mas dalam klasifikasinya adalah sebagai berikut:

Phylum : *Chordata*

Sub Phylum : *Vertebrata*

Super class : *Pisces*

Class : *Osteichthyes*

Sub class : *Actinopterygii*

Ordo : *Cypriniformes*

Sub ordo : *Cyprinoidei*

Familia : *Cyprinidae*

Genus : *Cyprinus*

Spesies : *C. carpio* L

Ikan Mas (*C. carpio* L) termasuk dalam familia Cyprinidae. Familia ikan air tawar yang sangat besar dan terdapat hampir di semua tempat di dunia, kecuali Australia, Madagaskar, Selandia Baru dan Amerika Selatan. Anggota familia ini dibedakan menurut "gigi" dibagian atas tenggorokan yang dikenal sebagai gigi tekak yang berfungsi sebagai pengunyah. Beberapa jenis dari familia ini merupakan ikan konsumsi yang penting (Kartikasari dan Wiryoatmodjo, 1993).

Menurut Nelson (1984), ciri-ciri dari familia Cyprinidae adalah : "gigi" pada bagian atas tenggorokan bagian dalam 1-3 baris, tidak pernah lebih dari 8 "gigi" setiap barisnya, bibir biasanya tipis, premaxilla biasanya mengalami penonjolan, sirip punggung mempunyai beberapa duri.

Cyprinus carpio L mempunyai dua pasang papila. Ciri inilah yang membedakan *C. carpio L* dari anggota familia yang lain. Bagian belakang jari-jari terakhir sirip dubur mengeras dan bergerigi, 4 buah sungut, sirip punggung mempunyai 10-19 jari-jari bercabang (Kartikasari dan Wiryoadmodjo, 1993).

Menurut sejarahnya ikan mas berasal dari Cina dan Rusia yang kemudian disebarakan ke Eropa, negara-negara Asia timur dan selatan pada abad pertengahan. Sekarang telah merata di seluruh dunia, baik sebagai ikan liar maupun budidaya. Badan ikan ini memanjang, sedikit memipih ke samping (compressed). Mulut dapat disembulkan, terletak di anterior bagian tengah dan mempunyai sungut dua pasang (Susanto, 1987).

Ikan mas mempunyai sirip punggung yang panjang dengan bagian belakang berjari-jari keras. Letak permulaan sirip punggung bila ditarik garis lurus akan sejajar dengan permulaan sirip perut. Mempunyai sisik yang relatif besar tipe cycloid. Mempunyai gurat sisi yang lengkap berada di pertengahan sirip ekor. Gigi kerongkongan (pharyngeal teeth)

terdiri tiga baris yang berfungsi sebagai geraham (Susanto, 1987).

Ikan mas hanya akan tumbuh baik pada tempat dengan ketinggian antara 150-1000 meter dari permukaan laut. Suhu air optimal untuk pertumbuhan badannya antara 20-29 °C, dengan pH air 7-8. Oksigen terlarut yang paling ideal 5-6 ppm dan dalam keadaan terpaksa bisa hidup pada air yang kandungan oksigennya 2 ppm tetapi dengan penanganan khusus. Kandungan CO₂ yang masih dianggap tidak membahayakan sekitar 25 ppm (Susanto, 1987). Menurut Nikolsky (1969) dalam Iryanto (1990), berdasarkan atas jumlah oksigen yang dibutuhkan ikan untuk kelangsungan hidupnya, ikan Mas termasuk ikan yang mengkonsumsi oksigen sangat sedikit, yaitu 0,5 cc per liter.

B. Branchia (insang)

Branchia (insang) merupakan organ respirasi utama dari kebanyakan ikan. Beberapa golongan ikan (Dipnoi) melakukan respirasi dengan alat semacam paru-paru dan beberapa yang lainnya menggunakan diantara keduanya (Largler, *et al.*, 1977). Susunan serta bentuk branchia berbeda-beda. Pada umumnya branchia mempunyai penutup (operkulum). Pada Chondrichthyes seperti hiu, branchia tanpa operkulum sedang pada anggota Teleostei, branchia berjumlah empat pasang masing-masing terletak pada

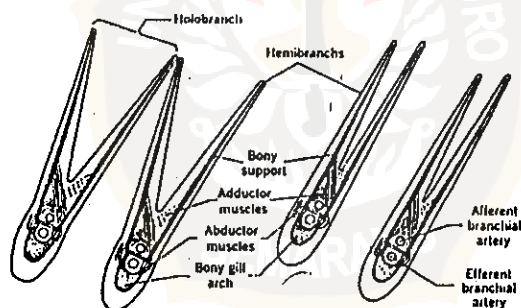
sisi kepala bagian belakang dan tertutup operkulum (Storer and Usinger, 1957).

Tiap satu busur branchia terdiri dari dua deret filamentum branchia, atau yang disebut holobranchia. Setiap filamentum terdapat banyak lipatan yang halus, yang permukaannya terdiri dari jaringan epitel disebut lamella (Lagler, *et al.*, 1977).

Branchia merupakan organ respirasi yang langsung berhubungan dengan air. Bila air mengandung polutan, branchia akan bersentuhan pula dengan polutan yang masuk melalui lamella ke aliran darah dan merusak jaringan yang dilaluinya (Gerking, 1967).

1. Struktur Organisasi Branchia.

Gambar. 1. Penampang Melintang Holobranchia



(Lagler, *et al.*, 1977)

Branchia pada dasarnya merupakan sistem yang telah berkembang dan lebih maju yang dimulai dari semacam kantong yang terisolir. Selanjutnya kantong ini mengalami pemanjangan pada bagian

anterior dan posterior serta terbentuk filamen-filamen branchia. Permukaan filamen kemudian dilengkapi dengan septa interbranchia. Permukaan filamen mengalami perkembangan lagi membentuk lipatan-lipatan yang merupakan seri lamella. Lamella mengalami perkembangan dan variasi lebih lanjut yang akhirnya merupakan sistim penting untuk kehidupan ikan (Hoar and Randall, 1984).

a. Septa Branchia.

Septa branchia memisahkan dua kantong branchia yang berdekatan dan permukaan septabranchia saling berdempetan yang membentuk suatu seri filamen. Pada kelompok yang lebih primitif (Elasmobranchii) bentuk septa branchia dilengkapi dengan dinding penyekat yang perpanjangannya membentuk semacam katup. Pada kelompok yang lebih maju, katup telah mereduksi sehingga septa branchia menjadi bebas dan ujung filamen menjadi saling bebas. Kondisi ini memungkinkan air dengan bebas mengalir diantara filamen menuju hemibranchia kemudian masuk cavitas opercular (Hoar and Randall, 1984).

b. Filamen

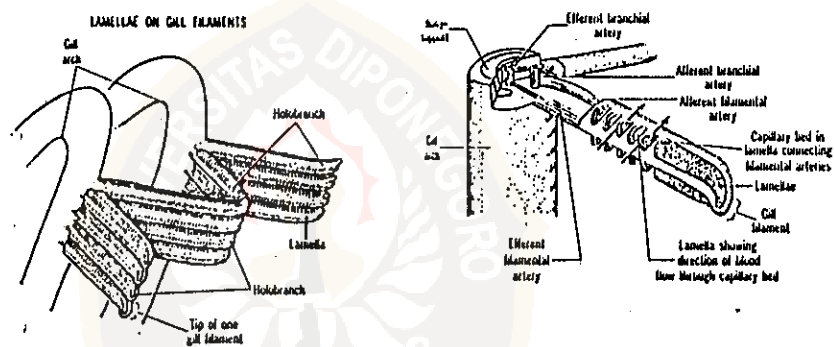
Bentuk filamen branchia adalah tertentu disesuaikan sebagai struktur respirasi dari branchia ikan. Pada permukaan yang bebas dari septa branchia, terdapat cabang-cabang

yang merupakan lamella sekunder. Lamella sekunder tersusun dua-dua kanan-kiri pada filamen branchia (Hoar and Randall, 1984).

Bentuk dari filamen branchia sangat bervariasi, dari yang berbentuk filamental, biasa, memanjang sampai yang tumpul. Tetapi pada semua ikan bentuk pemanjangan dan pelebarannya masih dekat, serta bentuknya selalu sepasang (Hoar and Randall, 1984).

c. Lamella

Gambar. 2. Lamella Pada Filamen Branchia



(Lagler, *et al.*, 1977)

Lamella merupakan bagian dari sistem branchia dalam pertukaran gas (oksigen). Lamella terdiri dari dua epithellia yang dipisahkan oleh sederetan sel-sel penyokong dan lakuna darah. Pengaturan aliran darah dalam lakuna adalah menentang aliran air, hal inilah yang memungkinkan gas masuk (Hoar and Randall, 1984).

Lamella mempunyai bidang permukaan yang luas, dimana merupakan fasilitas untuk pertukaran gas dengan beberapa ion tambahan dari air. Kontak tertutup antara air dan darah memungkinkan suksesnya pengikatan oksigen dalam periode limit waktu satu detik (Huges, 1981 dalam Hoar and Randall, 1984).

Jumlah Lamella. Jumlah lamella ikan sangatlah besar dan perkembangannya seiring dengan ukuran tubuh. Ditemukan lebih dari lima juta pada ikan yang aktif setiap 1 kg berat badan ikan. Kebalikannya pada ikan yang tidak aktif seperti "toad fish", jumlah lamella lebih sedikit lagi (Hoar and Randall, 1984).

Bentuk lamella. Bentuk lamella sangat bervariasi. Ada yang pendek, panjang dan bahkan terdapat percabangan. Beberapa Elasmobranchii mempunyai bentuk seperti tanduk. Secara umum bentuknya sudah proporsional, permukaan lamella mengalami pelebaran dari arah tengah ke tepi (Hoar and Randall, 1984).

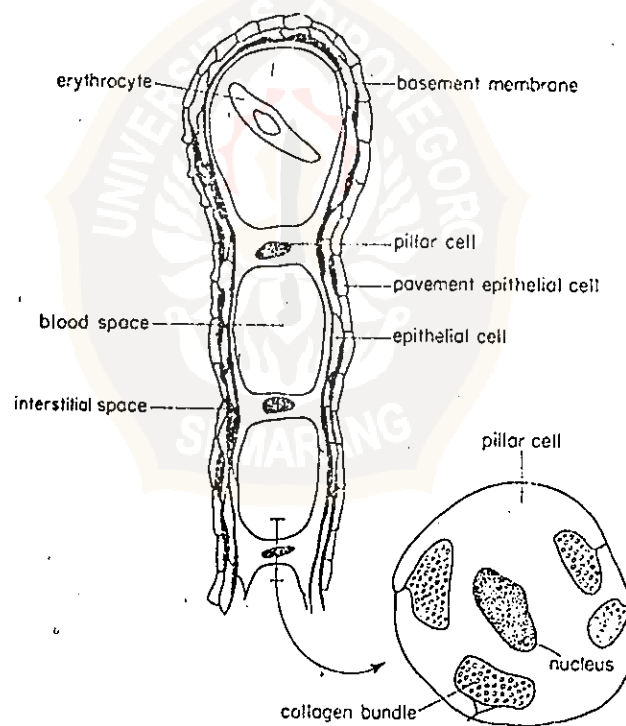
2. Epithelium Pada Branchia.

Fungsi utama dari branchia secara konsisten adalah untuk mendapatkan oksigen dan transport ion. Transport ini bisa berlangsung karena ada epithelium yang mempunyai spesialisasi terhadap pertukaran gas. Irisan jaringan epithel menunjukkan adanya struktur yang merupakan dasar

mekanisme pertukaran gas maupun transport ion dengan adanya sel respiratori dan sel klorida (Hoar and Randall, 1984).

Epithel yang menyelubungi semua filamen merupakan jalan umum menuju ruang lamella. Ujung epithel secara terus-menerus mampu menangkap gas dengan baik, kecuali pada daerah lamella yang mengalami kerusakan (Hoar and Randall, 1984).

Gambar. 3. Lamella Proksimal Pada Teleostei dengan Sel-sel Epithel, Penyokong dan Lakunan Darah.



(Hoar and Randall, 1984)

3. Sistem Pembuluh Darah Pada Branchia.

Struktur dan susunan pembuluh darah pada branchia dimulai dari arteria afferen branchia dan arteria efferen branchia dalam busur branchia pada sisi yang terpisah. Darah dari aorta ventral menuju branchia melalui arteria afferen branchia dan kembali melalui arteria efferen branchia menuju aorta dorsal. Arteria afferen branchia mempunyai percabangan melalui arteria afferen menuju arteria afferen filamen (pada filamen) dan kemudian menuju lamella, melalui lakuna darah untuk berhubungan dengan ruang lamella. Darah akan kembali ke filamen melalui lakuna menuju arteria efferen filamen. Darah kemudian akan langsung menuju arteria efferen branchia melalui arteria efferen atau masuk sentral sinus vena melalui anastomosa arterio vena. Pada akhirnya darah yang langsung menuju arteria efferen branchia akan menuju aorta dorsal sedang darah sentral sinus vena menuju vena jugular (Hoar and Randall, 1984).

4. Reseptor Pada Branchia

Beberapa tipe dari reseptor branchia telah mengalami variasi secara luas. Secara praktis, reseptor dibedakan menjadi: propioseptor, nosioseptor, baroreseptor dan khemoreseptor, tetapi pembagian tersebut hanyalah untuk memberikan suatu batasan dari kelompok yang

mengalami perubahan terhadap stimulus dalam media cair (Hoar and Randall, 1984).

a. **Propioseptor.** Adalah reseptor yang responsif terhadap perubahan mekanis. Pengaruhnya adalah terhadap refleks inhibitor terhadap proses respirasi (Balintijn, 1969).

b. **Nosiseptor.** Reseptor pada branchia ikan diaktifkan oleh stimulus yang bersifat racun atau stimulus lain baik secara mekanik maupun kimia. Mekanisme stimulasinya pada permukaan arteri-arteri filamen branchia atau pharingeal yang mengalami iritasi (Balintijn, 1969).

c. **Baroreseptor.** Merupakan reseptor yang sensitif terhadap tekanan arteri darah. Baroreseptor lokasinya berada dalam busur aorta dan arteria karotid. Baroreseptor merupakan ujung saraf yang sensitif terhadap kerutan elastisitas arteria dan tekanan darah dalam arteri (Balintijn, 1969).

d. **Khemoreseptor.** Khemoreseptor adalah reseptor yang sensitif terhadap agen atau stimulus kimia. Beberapa literatur menerangkan bahwa khemoreseptor sensitif terhadap perubahan tekanan gas pada respirasi khususnya oksigen. Bagian yang sensitif terhadap oksigen disebut oksigen-reseptor. Karena pengaruh hipoksia atau anoksia maka sebelum terjadi hipoksia akan terjadi pelepasan catechol amine ke dalam

darah dan kemudian masuk ke plasma. Hal ini menyebabkan konsentrasi adrenalin dan noradrenalin meningkat (Balintijn, 1969).

6. Transport Ion Pada Branchia.

Fungsi utama branchia adalah untuk respirasi, disamping osmoregulasi. Mekanisme respirasi maupun osmoregulasi dapat terjadi karena adanya transport ion melalui epitel lamella melalui sel respiratori dan sel klorida pada epitel filamen (Hoar and Randall, 1984).

Pada proses respirasi akan mengikat oksigen sekaligus melepaskan CO_2 sedang pada mekanisme osmoregulasi khususnya ikan air tawar, secara terus-menerus melepaskan Na^+ dan Cl^- yang akan digantikan NH_4^+ dan HCO_3^- . Ikan yang hidup di lautan secara terus menerus memasukkan NaCl melalui mulut maupun difusi ion Na^+ dan Cl^- melalui branchia, tetapi secara pasif terjadi juga difusi ion Natrium dan ion klorida dari lingkungan interna melalui branchia. Selain itu melalui pertukaran ion, ikan air laut juga mengeluarkan ion natrium yang digantikan ion amonium (Hoar and Randall, 1984).

C. Substansi Toksik atau Racun

Substansi toksik adalah substansi kimia yang mampu membunuh atau menyebabkan gangguan berat terhadap organisme, meskipun substansi tersebut dalam jumlah sedikit. Kemampuan substansi atau senyawa

toksik untuk menyebabkan gangguan terhadap suatu organisme disebut toksisitas (Canougis, 1981).

Menurut Tandjung (1983) toksisitas adalah kemampuan molekul suatu bahan kimia untuk menimbulkan kerusakan, pada saat molekul senyawa tersebut mengenai bagian tubuh di bagian dalam atau di bagian permukaan yang peka terhadapnya.

Pada umumnya toksisitas diekspresikan sebagai LC 50 (Lethal Concentration-50), LD 50 (Lethal Dosage-50) atau TLM (Tolerance Limit Median) yaitu besarnya kadar atau dosis yang dalam kondisi spesifik menyebabkan kematian setengah jumlah populasi dalam suatu lama tertentu (Tandjung, 1983).

Menurut Canougis (1981) bahan atau senyawa toksik dapat dikelompokkan menjadi empat katagori :

- a. Senyawa organik, diantaranya adalah pestisida seperti herbisida dan insektisida, fenol dan formal dehid. Insektisida ada 2 golongan yaitu hidrokarbon klorine dan organopospat. Senyawa organik ini bersifat racun terhadap hewan akuatik dan hewan berdarah panas.
- b. Petroleum hidrokarbon merupakan campuran dari molekul alifatik dan aromatik. Senyawa ini bersifat kurang larut dalam air. Toksisitasnya tergantung dari komposisi molekulnya dan jenis hewan.

c. **Senyawa anorganik** terdiri dari beberapa jenis asam, basa dan garam. Sebagian sangat larut dalam air seperti amonia. Disamping itu kelompok ini juga meliputi cyanida, nitrat, nitrit dan oksida belerang. Bersifat toksik terhadap tumbuhan dan hewan.

d. **Logam**, logam dan beberapa bentuk garamnya dapat larut dalam air. Dalam jumlah sedikit beberapa logam berat seperti kobalt, tembaga dan seng sangat penting bagi kehidupan tetapi dalam jumlah besar bersifat toksik.

1. **Masuknya Substansi Racun Ke Dalam Perairan.**

Satu dari berberapa substansi racun yang masuk ke dalam air akan berakibat buruk bagi ikan. Beberapa diantaranya berasal dari alam seperti derivat mineral atau sisa tumbuhan yang membusuk seperti alga dan kulit kayu. Toksik juga dibentuk oleh bakteri dekomposer tumbuhan, komponen amonium dari industri dan sulfida anorganik. Buangan industri seperti kokas, besi, pulp, plat dan berbagai bahan kimia dapat menjadikan bahan toksik yang sangat berbahaya bagi ikan. Benda-benda tersebut bisa menjadikan perairan menjadi asam atau alkali. Lebih khusus lagi dengan masuknya insektisida, herbisida dan algasida, mengakibatkan kematian masal pada ikan bila tercuci air hujan kemudian masuk ke dalam perairan (Brown, 1957).

2. Model Penetrasi Toksik.

Sebagian aksi dari beberapa substansi toksik yang berakibat fatal pada ikan ketika terlarut dalam air dimulai dari bagian eksternal kemudian diabsorpsi ke dalam jaringan darah dan internal. Hal ini akan merugikan jaringan pada branchia dan akan mengganggu fungsi respirasi dan ekskresi yang berakibat fatal. Sirkulasi darah dari insang tidak berbeda dari aliran air yang berakhir pada sel eksternal filamen branchia. Substansi toksik dapat bercampur dengan mukosa dan kemudian membentuk lapisan yang menyelubungi selaput eksternal yang tidak bisa dilalui air sehingga ikan bisa mati karena anoksia (Brown, 1957).

Efek eksternal pada permukaan interseluler dan aksi internal sebenarnya berasal dari agen yang mematikan branchia. Aksi kimia ini tergantung pada tingkat toksik dari agen kimia dan konsentrasinya. Semua efek yang merugikan dari aksi kimia dapat tetap tinggal atau tidak dalam organisme. Substansi yang merugikan selalu masuk ke dalam branchia dan dikeluarkan ke permukaan lain atau diabsorpsi ke dalam gastrointestinal setelah kontak (Brown, 1957).

Aksi internal dari racun dalam jaringan branchia tidak berbeda dengan aksi pada binatang vertebrata yang berdarah panas. Konsentrasi maksimal yang masih bisa ditoleransi oleh ikan akan

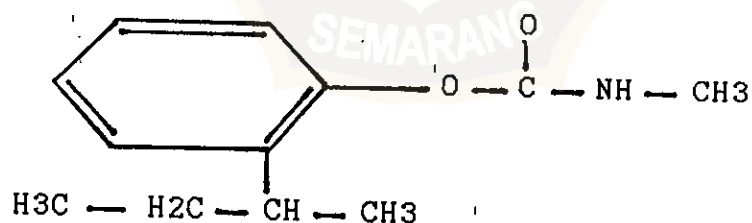
tercuci oleh branchia selanjutnya faktor lingkungan dapat mengurangi aktifitas racun (Brown, 1957).

D. Pestisida

Pestisida adalah nama umum yang digunakan untuk setiap zat yang dipakai untuk memberantas atau mengendalikan organisme pengganggu. Sesuai dengan organisme sasaran, pestisida dibedakan menjadi: insektisida, akarisisida, nematisida, rodentisida, fungisida, herbisida dan bakterisida (Anonim, 1989).

1. Insektisida Bassa 50 EC.

Bassa 50 EC merupakan jenis insektisida dengan gugus karbamat. Mempunyai nama kimia 2 - sekbutil fenil metil karbamat (BPMC) dengan kadar bahan aktif 50 % (Soetikno, 1992). Rumus strukturnya menurut Sastroutomo (1992) adalah :



Bentuk kenampakannya berupa pekatan berwarna coklat muda yang dapat diemulsikan dalam air. Mempunyai pH 4,77, sedikit terurai oleh sinar matahari, panas tetapi tidak terurai oleh air dan mudah terurai dalam lingkungan basa. Digunakan

sebagai insektisida kontak. Titik bakar 32 °C, dan dapat disimpan selama 3 tahun dalam wadah asli tertutup rapat pada keadaan normal (Anonim, 1989).

Jika Bassa 50 EC diberikan secara oral sebanyak 340 mg/kg berat tikus dapat menyebabkan kematian sebanyak 50 % sedangkan LD 50 dermal pada mamalia (tikus) adalah 4200 mg/kg. Bassa 50 EC menunjukkan daya racun yang tinggi jika digunakan di lingkungan perairan. Untuk LC 50 96 jam ikan mas adalah 4 ppm, sedangkan LC 50 96 jam untuk ikan tawes, sebanyak 24 ppm (Anonim, 1989).

2. Pengaruh Bassa 50 EC .

Bahan aktif BPMC secara umum masuk ke dalam tubuh melalui kulit, mulut, saluran pencernaan dan pernafasan. Kemudian BPMC akan berikatan dengan enzim-enzim dalam darah yang mengatur kerja syaraf yaitu enzim kholin esterase (Soetikno, 1992).

Bassa 50 EC termasuk golongan racun kontak yang penggunaannya di lapangan dengan cara penyemprotan. Bila terjadi persentuhan antara bagian tubuh organisme dengan Bassa 50 EC maka racun akan melekat dan masuk ke dalam tubuh secara perkutan melalui pori-pori (Anonim, 1989). Menurut Sastroutomo (1992), Bassa 50 EC adalah insektisida dengan karbamat sebagai bahan aktif. Karbamat merupakan turunan dari asam karbamat

($\text{HO} - \text{CO} - \text{NH}_2$). Seperti halnya organophosphat, senyawa karbamat juga menghambat kolin esterase. Senyawa karbamat ini dapat mengikat atau menghambat aktivitas kolin esterase.

E. Tinjauan Umum Tentang Kerusakan Sel.

1. Modalitas Cedera Sel

Terdapat banyak cara dimana sel dapat mengalami cedera atau mati, tetapi modalitas yang penting dari cedera dapat dibedakan menjadi beberapa kategori. Salah satu faktor yang paling sering dijumpai pada cedera sel adalah defisiensi oksigen atau bahan makanan khusus lain. Sel-sel umumnya bergantung pada suplai oksigen yang kontinyu, sebab energi reaksi-reaksi kimia oksidatif yang menggerakkan alat-alat sel dan mempertahankan integritas organella sel. Karena itu tanpa oksigen berbagai aktivitas pemeliharaan dan sintesis dari sel berhenti dengan cepat. Suatu jenis cedera kedua yang penting adalah fisik yang sebenarnya menyangkut rusaknya sel atau paling sedikit gangguan spesial umum antara hubungan organella (Price and Wilson, 1984).

Mikrobia patogen merupakan kategori ketiga dari modalitas cedera sel, dan terdapat berbagai macam cara dimana organisme-organisme tertentu menimbulkan cedera pada sel (Price and Wilson, 1984).

Agen kimia merupakan penyebab cedera sel terakhir yang biasa dijumpai. Zat-zat toksik ini tidak saja masuk kedalam sel dari lingkungan melainkan akumulasi zat-zat endogen dapat melukai sel dengan cara yang sama (Price and Wilson, 1984).

2. Kerusakan Sel Secara Umum

Bila stimulus yang menimbulkan cedera diberikan kepada sebuah sel, maka efek pertama yang penting adalah apa yang dinamakan kerusakan biokimia. Hal ini menyangkut perubahan kimia dari salah satu reaksi metabolisme atau lebih di dalam sel dan fungsional sel terganggu (Price and Wilson, 1984).

Pada tingkat cedera sel sub lethal, perubahan-perubahan degeneratif cenderung melibatkan sitoplasma. Sedangkan nukleus mempertahankan integritas selama sel tidak mengalami cedera lethal. Bentuk perubahan degeneratif yang sering dijumpai adalah adanya penimbunan air didalam sel yang terkena cedera, sehingga menyebabkan hilangnya pengaturan volume pada bagian-bagian sel. Terjadilah pembengkakan sel akibat osmosis dari kenaikan konsentrasi natrium di dalam sel berupa influk air ke dalam sel. Hal ini bisa terjadi karena sel tidak mampu memompai ion natrium dalam rangka menjaga kestabilan lingkungan interna. Secara mikroskopis terlihat

sitoplasmanya granuler. Cedera ini sifatnya reversibel, jadi bila stimulus yang menyebabkan sel cedera dihilangkan sel akan kembali normal (Price and Wilson, 1984).

Perubahan yang lebih menyolok dan lebih nyata dari pada pembengkakan sel yang sederhana menyangkut penimbunan lipid intra sel dalam sel yang terserang. Secara mikroskopis sitoplasma dari sel yang terkena tampak bervakuola dengan cara yang sangat mirip dengan yang terlihat pada perubahan hidropik, tetapi isi vakuola adalah lipid. Perubahan lemak secara potensial adalah reversibel tetapi sering mencerminkan suatu kelainan hebat pada sel dan dengan demikian merupakan langkah menuju kematian sel (Price and Wilson, 1984).

Jika pengaruh berbahaya pada sel cukup hebat atau berlangsung cukup lama, maka sel akan mencapai suatu titik dimana sel tidak dapat lagi mengkompensasi dan tidak dapat melangsungkan metabolisme. Sifat kerusakan ini irreversibel dan sel sebetulnya sudah mati. Kematian ini disebut nekrotik atau kematian sel lokal. Inti sel menyusut batasnya tidak teratur dan berwarna gelap dalam menyerap zat warna. Proses ini dinamakan piknosis dan intinya disebut piknotik. Kemungkinan lain sel dapat hancur sambil meninggalkan zat-zat kromatin yang tersebar disebut karioreksis.

Akhirnya pada beberapa keadaan, sel kehilangan kemampuan untuk diwarnai dan menghilang begitu saja (Price and Wilson, 1984).

3. Edema pada sel epitel lamella branchia

Tingkat kerusakan sel epitel lamella (edema) menurut Ellis dan Smith (1983) dalam Hoar and Randall (1984), dibagi menjadi empat tingkatan :

a. **Mild edema** (edema ringan), yaitu sel-sel epitel lamella permukaannya sedikit meluas tetapi tidak lebih lebar dari lakuna darah.

b. **Moderate edema** (edema sedang), dimana epitel lamellanya membengkak membentuk ruang antara sel epitel dan sel penyokong tetapi ruang yang terbentuk belum sampai memisahkan sel epitel dan sel penyokong secara menyeluruh.

c. **Severa edema** (edema parah), ditandai dengan terjadinya ruang yang tidak terputus dari epitel filamen dan epitel lamella. Lamella mereduksi, ruang air antar lamella juga mereduksi.

4. **Very severa edema** (edema sangat parah), dimana telah terjadi ruang yang tidak terputus yang menghubungkan antara lamella dengan filamen. Keduanya mengalami pembengkakan yang sangat meluas. Epitel filamen dan ruang air antar lamella hilang atau kedua lamella bersatu (Hoar and Randall, 1984).

F. Faktor-Faktor yang menunjang kehidupan organisme perairan

Kualitas perairan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap pertumbuhan dan survival mahluk-mahluk yang hidup di air. Untuk dapat menjadi lingkungan yang baik bagi hewan dan tumbuhan tingkat tinggi, air harus merupakan lingkungan hidup yang baik bagi hewan dan tumbuhan tingkat rendah (Asnawi, 1982).

Perairan alami mempunyai banyak variasi fisik dan kimia. Kelayakan air untuk hidup ikan tergantung oleh temperatur, konsentrasi kelarutan gas dari atmosfer, garam dan mineral-mineral. Tergantung juga pada kemampuan adaptasi ikan terhadap kondisi lingkungan perairan. Kontaminasi dari tanah sekitar dan air pantai dengan berbagai limbah industri maupun rumah tangga mengurangi daya adaptasi spesies ikan. Kontaminan tersebut menentukan kualitas air melalui perubahan sifat fisik-kimia air (Brown, 1957).

1. Temperatur.

Temperatur akan mempengaruhi kadar oksigen terlarut dalam air, semakin tinggi temperatur semakin sedikit oksigen yang terlarut didalamnya (Susanto, 1987). Air sebagai lingkungan hidup tidak begitu mengalami pergolcangan temperatur, jika dibandingkan dengan udara, karena panas jenis air lebih tinggi (Asnawi, 1982). Temperatur yang optimal untuk hidup ikan air tawar daerah tropis berkisar 24°C - 30°C , sedangkan

perbedaan suhu antara siang dan malam tidak melebihi 5°C (Susanto, 1987). Kemampuan adaptasi ikan terhadap suhu tinggi sangat bervariasi. Temperatur paling tinggi yang pernah ditemukan melalui suatu percobaan adalah 41°C setelah aklimatisasi (Brown, 1957).

Resistensi ikan terhadap suhu dingin tidak pernah bisa mencapai 0°C , temperatur paling rendah yang masih bisa ditoleransi oleh ikan adalah 10°C - 5°C setelah aklimatisasi pada suhu 20°C . Kematian ikan akibat suhu dingin adalah karena kegagalan osmoregulasi (Brown, 1957).

2. Kelarutan Oksigen.

Oksigen terlarut adalah indikator yang baik untuk keadaan sehat lingkungan akuatik (Lud, 1966, *dalam* Iryanto, 1990). Oksigen terlarut merupakan tolok ukur kualitas air yang dapat menunjukkan tingkat kesegaran perairan dan tingkat pencemaran perairan oleh bahan organik terurai (Bukit, 1981). Kelarutan O_2 yang baik adalah diatas 3 ppm. Konsentrasi yang mendekati 2 ppm merupakan titik kritis dari toleransi ikan dan konsentrasi mendekati atau sedikit dibawah 1 ppm dalam jangka waktu yang lama tidak ada ikan yang hidup. Kekurangan O_2 terlarut non lethal dapat berpengaruh terhadap aktivitas ikan dan mempunyai efek terhadap ikan dalam tingkat populasi. Kelarutan O_2 antara 20 - 34 ppm menyebabkan kematian ikan yang disebut " gas bubble disease " (Brown, 1957).

3. pH atau Keasaman.

pH secara luas digunakan untuk menyatakan intensitas keasaman dan alkalinitas suatu larutan (Canter dan Hill, 1979). Pescod (1973) menyatakan bahwa batas toleransi organisme perairan terhadap pH bervariasi dan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: temperatur, oksigen terlarut, ion-ion logam serta jenis dan stadium organisme. Ikan air tawar biasanya hidup pada pH 5-9. Spesies yang resisten terhadap toleransi pH paling ekstrem adalah 4 untuk asam dan 10 untuk basa (Susanto, 1987). Air mempunyai pH yang bervariasi, yang ditentukan oleh kelarutan karbonat, bicarbonat dan CO_2 dimana ada prinsip buffer pada perairan alami (Brown, 1957).

4. CO_2 Terlarut.

Karbon dioksida mempunyai peranan penting dalam penyusunan bahan organik melalui proses fotosintesis. Kadar CO_2 dalam perairan berasal dari absorpsi udara bebas, aliran sungai bawah tanah, dekomposisi unsur-unsur organik dan respirasi hewan-hewan akuatik (Welch, 1952 dalam Iryanto, 1990). Konsentrasi CO_2 yang tinggi merugikan ikan karena akan bersifat racun dan masuk dalam respirasi. Konsentrasi 100-200 ppm, berakibat fatal bagi ikan dalam pengambilan O_2 . Konsentrasi 50-100 ppm dengan cepat menyebabkan stres dan mungkin mati atau menghentikan gejala stres dan kemudian normal (Brown, 1957). Sebagian CO_2 bisa dalam

keadaan bebas di air atau menjadikan air bertambah asam dapat menyebabkan kematian ikan sehubungan dengan toleransi terhadap pH (Brown, 1957).

