

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Biologi *Brachionus plicatilis* O.F. Muller

1. Klasifikasi

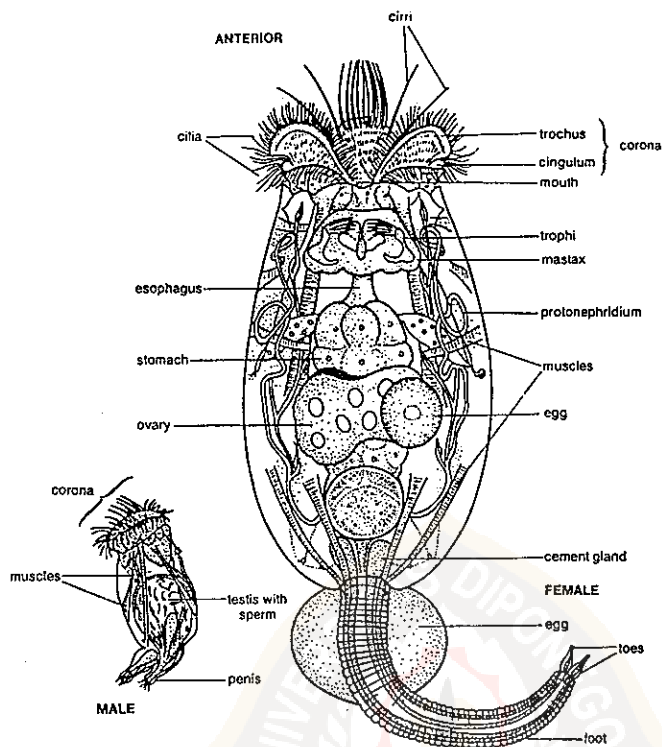
Brachionus plicatilis merupakan salah satu dari sedikit jenis Rotifera yang hidup di lingkungan laut dan perairan payau. Zooplankton ini dalam klasifikasinya dimasukkan ke dalam famili Brachionidae. Klasifikasi selengkapnya menurut Nogrady (1982) dalam Battish (1992) adalah sebagai berikut:

Filum	: Rotifera
Kelas	: Monogononta
Ordo	: Ploima
Famili	: Brachionidae
Sub Famili	: Brachioninae
Genus	: <i>Brachionus</i>
Spesies	: <i>B. plicatilis</i> O.F. Muller

2. Morfologi

Tubuh Rotifera memanjang, berbentuk silindris atau sferis (bulat), terbagi menjadi 3 bagian, yaitu kepala, badan (*trunk*) dan kaki (Laverack & Dando, 1979; Barth & Broshears, 1982). Kepala merupakan suatu ujung anterior yang dilengkapi dengan organ bersilia yang disebut dengan **korona**. Korona merupakan ciri khas filum Rotifera. Nama Rotifera atau Rotatoria berasal dari adanya fenomena pergerakan korona yang memberikan kenampakan seperti dua buah roda yang

berputar yang tersusun pada dua buah cincin siliari konsentris (Clement & Wurdak, 1991; Ruppert & Barnes, 1994).



Gambar 01: Morfologi *B. plicatilis* (Wallace, 1989).

Korona pada individu betina *Brachionus* terdiri dari dua mahkota siliari yang konsentris. Mahkota terluar (*cingulum*) berfungsi untuk berenang. Sedangkan mahkota bagian dalam (*pseudotrochus*), berfungsi untuk mengumpulkan partikel-partikel makanan ke dalam mulut. Beberapa silia tertentu pada *pseudotrochus* termodifikasi menjadi *cirri*. Pada individu jantan, *pseudotrochus* kurang berkembang serta tidak terdapat mulut (Clement & Wurdak, 1991).

Menurut Battish (1992), tubuh *Brachionus* berbentuk pipih dorsoventral dimana sisi ventral lebih pipih dibandingkan sisi dorsal. Selanjutnya, Ruppert &

Barnes (1994) menjelaskan bahwa badan (*trunk*) merupakan bagian yang terbesar dari seluruh tubuhnya. Badan terbungkus oleh lapisan kutikula yang tebal yang disebut dengan **lorika**. Gambar 01 menunjukkan morfologi *B. plicatilis*.

Kaki merupakan bagian akhir dari tubuh Rotifera. Bagian ini lebih menyempit bila dibandingkan badan. Pada ujung kaki biasanya terdapat 1-4 buah penonjolan yang disebut dengan *toes* (Ruppert & Barnes, 1994). Menurut Battish (1992), pada ujung kaki *B. plicatilis* terdapat dua buah *toes*. Clement & Wurdak (1991) menjelaskan bahwa fungsi kaki yang dilengkapi dengan *toes* pada Rotifera adalah sebagai alat untuk melekat pada substrat.

Ukuran tubuh *B. plicatilis* berkisar antara 100-400 μm dan terbagi menjadi dua strain, yaitu tipe L (*Large-type*) yang berukuran 230-340 μm dan tipe S (*Short-type*) yang berukuran 140-220 μm (McVey, 1983). Thane (1974) menambahkan bahwa ukuran tubuh individu jantan lebih kecil dibandingkan ukuran tubuh individu betina, yaitu 0,5 hingga kurang dari 0,1 kali ukuran tubuh individu betina.

3. Digesti dan Nutrisi

Rotifera memiliki saluran pencernaan yang lengkap. Mulut terletak di sebelah ventral, dikelilingi oleh beberapa bagian korona. Mulut berhubungan langsung dengan faring khusus yang disebut dengan *mastax*. *Mastax* merupakan karakteristik bagi semua anggota filum Rotifera. *Mastax* bersifat muskuler serta dilengkapi dengan rahang pengunyah yang disebut dengan *trophi*. Pada dinding *mastax* terdapat kelenjar ludah. Saliva yang dikeluarkan dari kelenjar ini berfungsi untuk membasahi makanan

yang kemudian dipecah-pecah dan didorong ke lambung melalui esofagus. Pada perbatasan antara lambung dan esofagus terdapat kelenjar lambung yang mensekresikan enzim pencernaan. Lambung merupakan tempat terjadinya sebagian besar proses pencernaan dan penyerapan. Pada bagian posterior, intestinum bersilia menghubungkan antara lambung dengan kloaka. Sistem pencernaan berakhir pada anus di bagian dorsal yang terletak antara badan dan kaki. Individu jantan kelas Monogononta tidak mempunyai saluran pencernaan yang fungsional, yaitu mulut, *mastax*, usus dan kloaka (Laverack & Dando, 1979; Barth & Broshears, 1982; Clement & Wurdak, 1991; Ruppert & Barnes, 1994).

Rotifera bersifat *filter-feeder* (pemakan-penyaring). Menurut Ruppert & Barnes (1994), hewan jenis ini memakan partikel-partikel makanan yang dibawa masuk ke dalam mulut melalui aliran air yang ditimbulkan karena gerakan silia pada korona. Menurut Lubzens (1987) dan McVey (1983), *B. plicatilis* makan berbagai tipe makanan yang meliputi mikroalga, ragi, bakteri dan partikel-partikel mikroorganik.

Setiap harinya, individu betina Rotifera mengkonsumsi pakan dalam jumlah besar. Erman (1962) dalam Clement & Wurdak (1991) mengemukakan bahwa *B. calyciflorus* mengkonsumsi *Lagerheimia ciliata* hingga 5,5 kali berat tubuhnya setiap hari. Menurut Dumont (1977) dalam Clement & Wurdak (1991), *B. plicatilis* betina mengkonsumsi *Chlorella* setiap harinya sebanyak 4 kali berat tubuhnya. Jumlah konsumsi pakan ini akan bertambah pada saat pembentukan telur. Konsumsi pakan tersebut berfungsi sebagai cadangan bagi metabolisme, pertumbuhan dan pemeliharaan.

4. Reproduksi dan Siklus Hidup

a. Reproduksi

Secara umum Rotifera bersifat *dioecious*. Pada kelas Monogononta terdapat individu jantan dan individu betina. Individu jantan hanya ditemukan sekitar 10 % dari populasi alaminya dan hanya muncul pada waktu-waktu tertentu. Pada kelas ini terdapat 2 tipe individu betina, yaitu betina **miktik** dan betina **amiktik**. Pada saat individu jantan muncul di dalam populasi, terutama saat densitas populasi tinggi, betina miktik dapat melakukan reproduksi secara seksual. Namun pada saat individu jantan menghilang dari populasi, maka betina amiktik melakukan reproduksi secara partenogenesis. Individu jantan memiliki ukuran tubuh lebih kecil dibandingkan individu betina, mempunyai waktu hidup yang pendek dan tidak makan. Cadangan makanan pada individu jantan diperoleh dari induknya saat masih di dalam telur (Thane, 1974; Alexander, 1979; Ruppert & Barnes, 1994).

Alat reproduksi betina pada sebagian besar spesies Rotifera terdiri atas satu atau dua *germovitellarium* yang terdapat di bagian anterior di dalam *pseudocoel*. Pada kelas Monogononta hanya memiliki satu *germovitellarium*. *Germovitellarium* merupakan suatu ovarium (*germarium*), dimana inti *oocyt* terdapat, yang bergabung dengan suatu kelenjar kuning telur yang disebut *vitellarium*, yang memproduksi kuning telur (Clement & Wurdak, 1991).

Alat reproduksi individu jantan pada Rotifera terdiri dari testis, duktus spermatit, vas deferens, kelenjar prostat dan alat kopulasi (penis). Dikarenakan pada individu jantan tidak terdapat kloaka, maka duktus spermatit langsung berhubungan dengan *gonopore* yang homolog dengan anus pada individu betina. Dua atau lebih

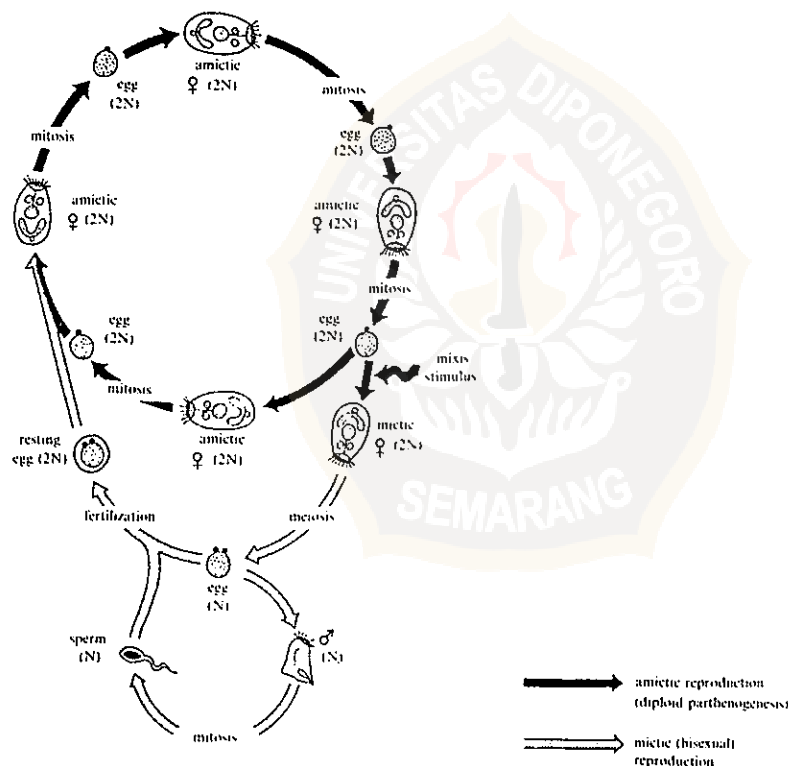
massa kelenjar prostat bersatu dengan duktus spermatit, dan akhiran dari duktus ini termodifikasi menjadi organ kopulasi (Barth & Broshears, 1982; Clement & Wurdak, 1991; Ruppert & Barnes, 1994).

Fertilisasi pada Rotifera terjadi secara internal. Pada genus *Brachionus*, betina miktik dapat dibuahi oleh individu jantan melalui injeksi hipodermal dan melalui insersi penis ke dalam kloaka (Thane, 1974). Ruppert & Barnes (1994) menambahkan bahwa penetrasi pada *Brachionus* hanya terjadi pada daerah sekitar korona yang lunak. Kopulasi terjadi hanya dalam beberapa jam setelah telur menetas. Pada saat itu, epidermis pada individu betina masih relatif lunak dan belum menebal. Lebih lanjut Thane (1974) menjelaskan bahwa *Brachionus* selalu membawa telur-telur yang dihasilkannya menempel pada tubuhnya atau menempel pada organisme plankton lainnya atau akan mengapung.

b. Siklus Hidup

Menurut Thane (1974) dan Alexander (1979), betina miktik dan betina amiktik bersifat *diploid*. Secara morfologi keduanya hampir sama, namun tipe telur yang dihasilkannya berbeda. Pada kondisi lingkungan yang mendukung kehidupannya, *B. plicatilis* akan berkembang biak secara partenogenesis. Pada kondisi ini, *B. plicatilis* akan menghasilkan 1-2 butir telur amiktik yang berukuran besar (80-100 x 110-130 μm). Telur amiktik yang bersifat diploid dan tidak dibuahi akan menetas menjadi betina amiktik. Pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, *B. plicatilis* akan berkembang biak secara seksual. Pada saat ini, telur amiktik akan menetas menjadi betina miktik. Betina miktik akan menghasilkan

telur miktik yang bersifat *haploid* sejumlah 1-6 butir telur yang berukuran kecil (50-70 x 80-100 μm). Telur ini akan menetas menjadi individu jantan yang bersifat *haploid*. Kemudian betina miktik akan dibuahi oleh individu jantan dan menghasilkan 1-2 telur dorman (*resting egg*) yang bersifat *diploid*. Telur dorman dikenali dengan adanya membran telur yang tebal dan berornamen. Telur-telur dorman ini harus melalui periode dormansi sebelum akhirnya dapat menetas menjadi betina amiktik. Periode dormansi ini dapat berlangsung selama beberapa bulan bahkan sampai beberapa tahun (Thane, 1974; McVey, 1983; Ruppert & Barnes, 1994). Gambar 02 menunjukkan siklus hidup kelas Monogononta.



Gambar 02: Siklus hidup kelas Monogononta (Alexander, 1979).

Menurut Alexander (1979), betina miktik muncul pada waktu-waktu tertentu sebagai akibat dari adanya **stimulus mixis** (Gambar 1b). Lebih lanjut Barth &

Broshears (1982) dan McVey (1983) menjelaskan bahwa faktor-faktor eksternal seperti densitas populasi yang tinggi, kekurangan pakan, temperatur air, salinitas, penetrasi cahaya dan kualitas air serta adanya faktor internal yaitu berupa karakteristik genetik dari tiap-tiap spesies atau strain merupakan faktor-faktor yang menginduksi terjadinya reproduksi secara seksual. Selanjutnya McVey (1983) menjelaskan bahwa *B. plicatilis* bersifat *eurythermal*. Pada saat temperatur air menurun hingga di bawah 10°C, maka akan menginduksi terbentuknya telur dorman.

Rotifera dapat bereproduksi secara cepat. Populasi alaminya akan bertambah 10 kali lipat dalam waktu 1 minggu. Kemampuan untuk melakukan reproduksi secara cepat ini disebabkan karena kemampuannya untuk melakukan reproduksi secara partenogenesis dan adanya waktu generasi yang pendek (Alexander, 1979). Menurut Djarijah (1995), masa hidup *B. plicatilis* berkisar antara 8-12 hari. Selama masa hidupnya, setiap individu mampu menghasilkan 1-5 butir telur.

5. Distribusi dan Habitat

Rotifera mempunyai daerah distribusi yang sangat luas dari perairan tropis hingga perairan sub tropis. *Brachionus* merupakan Rotifera yang mendominasi perairan tropis, namun berberapa spesies dapat ditemukan di daerah Arktik (Green, 1994).

Distribusi utama Rotifera adalah di perairan tawar. Hanya genus *Enchentrum*, *Zellinkiella* (Bdelloidea) dan *Synchaeta* yang banyak ditemukan di perairan payau dan laut. Adapun genus *Seisonidae* hanya ditemukan di laut (Thane, 1974). *Brachionus* dijumpai di perairan tawar, payau dan laut (Djarijah, 1995). Dari genus

ini, *B. plicatilis* merupakan jenis yang bersifat eurihalin dan dapat ditemukan pada salinitas antara 0,27-32‰. Di Australia dan Amerika Utara, *B. plicatilis* dapat ditemukan pada kisaran salinitas 0,4-50‰ (Edborge, 1994).

Rotifera telah teradaptasi dalam sejumlah habitat dan banyak dijumpai sebagai plankton dan makrobenthos serta kadang dijumpai menempel pada tumbuhan air. Sedikit diantaranya yang bersifat epizoik atau sebagai parasit (Thane, 1974; Laverack & Dando, 1979).

B. *Brachionus plicatilis* sebagai Pakan Alami

Brachionus plicatilis merupakan pakan alami yang sangat dibutuhkan bagi larva ikan laut dan pada beberapa dekade terakhir ini telah digunakan secara luas sebagai pakan bagi udang-udang *Penaeid* pada stadia *mysis* (McVey, 1983). Menurut Lubzens (1987) dan Landau (1992), dipilihnya *B. plicatilis* sebagai salah satu jenis pakan alami bagi budi daya organisme laut komersial oleh para *aquaculturist* disebabkan karena beberapa keunggulannya, antara lain karena ukurannya yang sesuai dengan lebar bukaan mulut organisme budi daya, pergerakannya yang relatif lambat sehingga mudah ditangkap oleh pemangsanya, cepat berkembang biak dan kemudahannya untuk dapat memanipulasi kualitas kandungan nutrisinya dengan pemberian beberapa jenis alga dan jenis pakan lainnya.

Menurut Gatesoupe (1982) dalam Lubzens (1987) Rotifera dapat diibaratkan seperti suatu kapsul makanan yang hidup yang memindahkan suplai makro dan mikronutrien, vitamin dan bahkan antibiotik ke dalam tubuh larva ikan. Untuk kepentingan budi daya perikanan laut (*mariculture*), Rotifera dapat dikulturkan

dalam densitas yang relatif tinggi. Produksi perikanan laut yang telah banyak berkembang di berbagai negara saat ini sangat bergantung pada produksi masal Rotifera. Sebagai contoh, menurut Lubzens (1987), untuk produksi perikanan di Jepang, diperkirakan 40.000 sampai 100.000 ekor Rotifera diperlukan untuk pakan 1 ekor larva ikan sejak ikan tersebut menetas hingga dapat mengkonsumsi sumber lainnya sebagai pakan.

C. Logam Berat

Definisi Logam berat menurut Viarengo (1989) *dalam* Kennish (1992) adalah sekelompok unsur yang berat atomnya berkisar antara 63,546 hingga 200,590 dan dicirikan oleh kesamaan distribusi elektron pada kulit atom terluar, contohnya Cu, Zn, Cd, Pb dan Hg. Menurut Darmono (1995), perbedaannya dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup.

Kennish (1992) menyatakan, meskipun logam berat bersifat racun bagi organisme laut dan estuari, beberapa diantaranya sangat penting bagi metabolisme pada konsentrasi yang rendah. Diantara logam-logam yang penting bagi proses kehidupan antara lain adalah Cu, Fe, Mn, Zn, Co, Mo, Vn dan Sr. Adapun logam berat yang berbahaya dan potensial untuk mencemari lingkungan adalah Cd, Cr, Hg, Pb, Se, As dan Antimon. Menurut Hutagalung (1991), logam berat mempunyai sifat toksik yang akumulatif. Oleh karena itu, peningkatan bahan pencemar di perairan

yang melebihi ambang batas akan meningkatkan akumulasi dan membahayakan bagi biota di perairan tersebut.

1. Logam Timbal (Pb)

Timbal yang sehari-hari dikenal sebagai timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum* dan disimbolkan dengan *Pb*. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur-unsur kimia. Logam ini mempunyai nomor atom 82 dan berat atom 207,2 (Palar, 1994). Timah hitam adalah sejenis logam lunak dan berwarna coklat kehitaman serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Logam ini sangat dikenal oleh masyarakat karena banyaknya pemakaian *Pb* yang digunakan di pabrik dan paling banyak menimbulkan keracunan pada makhluk hidup (Darmono, 1995).

Timah hitam (*Pb*) tersebar luas dibandingkan dengan kebanyakan logam berat lainnya. Sumber pencemaran *Pb* dapat berasal dari aktivitas penambangan dan peleburan, limbah perkotaan dan rumah tangga serta berbagai penggunaannya dalam aktivitas industri. Dalam kegiatan industri, *Pb* banyak digunakan sebagai komponen pembuatan *accu*, pigmen cat, bahan aditif pada bahan bakar (bensin) dan digunakan secara luas pada berbagai industri kimia lainnya (Connel & Miller, 1995; Manahan, 1992). Menurut Palar (1994), digunakannya *Pb* secara luas dalam kegiatan industri karena *Pb* mampu membentuk *alloy* (campuran) dengan banyak logam lainnya dan tidak mudah mengalami korosi.

Secara alamiah, *Pb* dapat masuk ke dalam badan perairan melalui pengkristalan *Pb* di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu dapat melalui

proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin (Palar, 1994). Sipos *et al.* (1980) dalam Smies (1983) menyatakan, keberadaan Pb dalam lingkungan laut, terutama dalam bentuk $PbCO_3$ dan $Pb(OH)$. Sedangkan Giesy *et al.* (1978) dan Mantoura (1981) dalam Smies (1983) menyatakan bahwa Pb yang ada di perairan tawar dan sekitar pantai, sering berasosiasi dengan koloid bahan organik maupun substansi molekul berat lainnya.

Logam ini di dalam air jarang berbentuk sebagai atom tersendiri, tetapi biasanya terikat oleh senyawa lain sehingga berbentuk molekul. Ikatan ini dapat berupa garam organik maupun garam anorganik. Senyawa Pb yang ada di dalam badan perairan dapat ditemukan dalam bentuk ion Pb^{2+} dan ion Pb^{4+} . Berdasarkan beberapa penelitian, ion Pb^{2+} lebih berbahaya jika dibandingkan dengan ion Pb^{4+} (Palar, 1994).

Secara normal, logam berat Pb terdapat di dalam air laut dalam konsentrasi 0,0003 ppm (Waldichuk, 1974 dalam Hutagalung, 1991). Batas maksimum Pb yang diperbolehkan terdapat dalam air golongan C yang digunakan untuk perikanan dan peternakan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 tahun 1990 adalah sebesar 0,03 ppm (Anonim, 1997).

2. Efek Toksik Pb terhadap Organisme Perairan

Logam Pb merupakan salah satu logam berat yang belum diketahui fungsi biologisnya di dalam tubuh organisme (Kennish, 1992). Dalam konsentrasi tinggi, kebanyakan logam berat akan berperan sebagai penghambat aktivitas enzim. Penghambatan aktivitas enzim akan terjadi melalui pembentukan senyawa

merkaptida antara logam berat dengan gugus Sulfhidril (S-H) yang terdapat dalam enzim (Kennish, 1992).

Menurut Palar (1994), enzim-enzim yang memiliki gugus S-H merupakan kelompok enzim yang paling mudah terhalang kerjanya. Keadaan itu disebabkan karena gugus S-H dengan mudah dapat berikatan dengan ion-ion logam berat yang masuk ke dalam tubuh. Akibat dari ikatan yang terbentuk antara gugus S-H dengan ion logam berat, daya kerja yang dimiliki oleh enzim menjadi sangat berkurang atau sama sekali tidak bekerja. Keadaan seperti ini secara keseluruhan akan merusak sistem metabolisme tubuh. Lebih lanjut dikatakan bahwa ion Pb merupakan ion logam yang larut di dalam lemak sehingga mampu untuk melakukan penetrasi ke dalam membran sel. Akibatnya ion logam itu akan terakumulasi di dalam sel. Logam Pb dapat terakumulasi di dalam filamen insang, kelenjar pencernaan, epitelium saluran pencernaan dan jaringan pengikat. Menurut Vega *et al.* (1989) dalam Suprijanto (1998), kelenjar pencernaan merupakan organ target dalam pendugaan pencemaran lingkungan. Organ ini mengakumulasi berbagai polutan dari berbagai sumber dan secara aktif terlibat dalam proses detoksifikasi. Dari kelenjar ini, logam berat akan terdistribusi masuk ke dalam lambung melalui saluran kelenjar pencernaan.

Albergoni & Piccini (1983) menambahkan bahwa Pb merupakan salah satu logam berat yang dapat mengalami metilasi. Daya racunnya yang tinggi kemungkinan disebabkan karena kelarutannya di dalam lemak sehingga mempermudah difusi lewat membran sel. Turunan senyawa metilnya akan berinteraksi dengan fosfolipid dalam

sistem saraf. Pada *Ostrea*, Pb dapat berikatan dengan ATP, lisin, taurin dan homarin; sedangkan pada Protozoa, Pb akan berikatan dengan senyawa glikopeptida.

Respon organisme estuari terhadap efek toksik dari logam berat ditunjukkan dalam berbagai cara. Secara umum, efek sub letal akan menyebabkan terjadinya perubahan dalam aktivitas fisiologi, reproduksi dan karakteristik biokimia (Kennish, 1992; Barghigiani *et al.*, 1983). Adapun Waldichuk (1979) dalam Connel & Miller (1995) menyebutkan bahwa respon sub letal dapat dibagi menjadi sejumlah kategori menurut pengaruhnya terhadap organisme, yaitu: (1) fisiologi, (2) struktur biokimia atau sel, (3) perilaku, dan (4) perkembangbiakan.

D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Toksisitas Logam Berat

Menurut Mance (1987) dan Darmono (1995), faktor-faktor yang mempengaruhi toksisitas logam berat terhadap ikan dan organisme air lainnya adalah sebagai berikut:

1. Faktor Internal, yang meliputi:

- a. Spesies biota; tiap spesies memiliki kemampuan yang berbeda terhadap toksisitas logam berat. Ada spesies yang dapat memtolerir jenis logam berat tertentu sampai pada konsentrasi tertentu.
- b. Kondisi biota : fase siklus hidup (telur, larva, dewasa), besar kecilnya organisme, jenis kelamin dan kecukupan kebutuhan nutrisi.
- c. Kemampuan biota untuk menghindari dari kondisi yang buruk (polusi).
- d. Kemampuan biota untuk beradaptasi terhadap racun.

2. Faktor eksternal, yang meliputi:

- a. Kesadahan yang tinggi dapat mengurangi toksisitas logam berat karena logam berat dalam air dengan kesadahan yang tinggi dapat membentuk senyawa kompleks yang mengendap di dalam air.
- b. Konsentrasi logam berat; semakin besar konsentrasi logam berat maka akan semakin besar pula daya racunnya.
- c. Temperatur; peningkatan temperatur umumnya berhubungan dengan peningkatan toksisitas logam berat.
- d. Nilai pH; pada pH rendah umumnya logam berat lebih toksik dibandingkan pada pH yang lebih tinggi. Hal ini kemungkinan berhubungan dengan peningkatan kelarutan logam jika pH turun di bawah 7,00.
- e. Salinitas; pada salinitas yang rendah, logam berat akan bersifat lebih toksik dibandingkan pada salinitas yang tinggi.

