

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain ke dalam lingkungan (Mukono, 2008). Berdasarkan PP No. 20/1990 pencemaran air dapat menyebabkan perubahan fungsi dari kegunaan pada umumnya. Definisi pencemaran juga dapat diuraikan sesuai maknanya ialah melalui 3 aspek, aspek kejadian, aspek penyebab atau pelaku dan aspek akibat. Menurut UU No.32 Tahun 1997 tentang pokok pengelolaan lingkungan hidup, pencemaran telah diberi batasan secara jelas yaitu dapat dikatakan terjadinya perubahan dalam suatu tatanan lingkungan asli menjadi suatu tatanan baru yang lebih buruk dari tatanan aslinya (Palar, 2008). Perairan yang tercemar akan mempengaruhi organisme yang ada di perairan apabila terpapar bahan-bahan berbahaya dan beracun salah satunya adalah logam berat. Adanya logam berat di perairan akan berbahaya terhadap kehidupan organisme. Hal ini berkaitan dengan sifat logam berat yaitu sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (Marganof, 2003).

Timbal merupakan salah satu logam berat non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Timbal (Pb) juga termasuk logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka waktu yang lama dan toksisitasnya yang tidak berubah (Supriyanto *et al.*, 2007). Racun pada timbal bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup. Absorpsi timbal di dalam tubuh sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi

dan menjadi dasar keracunan yang progresif (Yorulmazlar dan Gul, 2003). Keracunan timbal ini menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam insang, lambung, hati, ginjal, pankreas dan otak (Ulfin,1995). Moluska dari kelas bivalvia adalah akumulator yang baik dari logam berat, dan hubungannya signifikan antara kandungan logam berat dan akumulasi logam berat pada jaringan lunak bivalvia (Liu, 2010). Sifat timbal yang toksik dan akumulatif ini menyebabkan banyak organ dapat dipengaruhi, seperti organ pernapasan, maupun organ pencernaan Sehingga timbal yang dapat terakumulasi dalam tubuh bivalvia akan membahayakan kesehatan organisme tersebut (Marganof, 2003).

Kegiatan monitoring pencemaran lingkungan sering digunakan bivalvia sebagai bioindikator, hal ini disebabkan karena bivalvia melakukan aktifitas menyaring air untuk memperoleh makanan (*filter feeder*) (Fang *et al.*, 2003). Organisme yang digolongkan sebagai biomonitor mempunyai kriteria antara lain geografisnya luas, mempunyai tingkat toleransi ekologis, jumlahnya banyak, populasinya stabil, indikator terhadap ekosistem, toleransi pencemaran yang tinggi dan mudah untuk dikenali (Sidhi, 1998). Menurut Oemarjati dan Wardhana (1990), Salah satu hewan yang memenuhi syarat-syarat sebagai biomonitor adalah kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*). Bivalvia yang terdapat di dasar perairan dan salah satu indikator yang dapat digunakan sebagai penentu kualitas lingkungan tercemar logam salah satu dari jenisnya adalah kijing Taiwan. Moluska tersebut biasa disebut sebagai Kijing Taiwan, merupakan salah satu jenis bivalvia air tawar yang berasal dari Taiwan. Kijing taiwan merupakan hewan *filter feeder* non selektif dan sessil (menetap) yang mampu menyaring partikel lebih besar dari 4 mikron sehingga kijing taiwan dapat mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya apabila hidup pada perairan yang terkontaminasi logam berat.

Logam berat timbal (Pb) dapat terakumulasi oleh kijing Taiwan melalui makanan yang diserap. Makanan tersebut disaring melalui insang dan selanjutnya diserap oleh tubuh dalam bentuk ion. Logam berat diserap oleh tubuh organisme perairan kebanyakan dalam bentuk ion. Penyerapan tersebut dalam bentuk ion, melalui insang dan saluran pencernaan (Suaniti, 2007). Logam berat juga masuk ke dalam jaringan tubuh melalui beberapa jalan, ialah: saluran pernafasan dan pencernaan. Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air / lingkungan, suhu, keadaan spesies dan aktifitas fisiologis (Erlania *et al.*, 2007). Pb (timbal) termasuk logam yang tidak diregulasi oleh organisme air sehingga logam ini terus menerus terakumulasi dalam jaringan (Karimah, 2002). Kemampuan akumulasi logam berat khususnya timbal pada perairan yang mengalami pencemaran logam berat Pb menyebabkan kijing Taiwan akan mengalami perubahan jaringan sehingga terjadi gangguan fungsional pada beberapa organ vital seperti insang dan lambung (Soegiarto *et al.*, 2004).

Insang adalah organ berhubungan dengan pernapasan utama dari kijing Taiwan. Fungsi utama dari organ pernapasan akan terganggu jika lingkungan terdapat zat tercemar (Setiawan, 2012). Insang merupakan organ pertama yang berhubungan langsung dengan bahan toksik di dalam perairan, dengan permukaan yang luas dan terbuka, maka mengakibatkan bagian ini menjadi sasaran utama bagi bahan toksik yang ada di dalam perairan (Wong, 2000 dalam Widayati *et al.*, 2011). Akumulasi logam berat pada kijing Taiwan maka akan mengakibatkan terganggunya disfungsi pada insang yaitu seperti disfungsi proses respirasi, keseimbangan asam basa, regulasi ionik dan osmotik karena adanya perubahan jaringan *epithelium branchial* yang menjadi tempat berlangsungnya transport aktif (Soegiarto *et al.*, 2004).

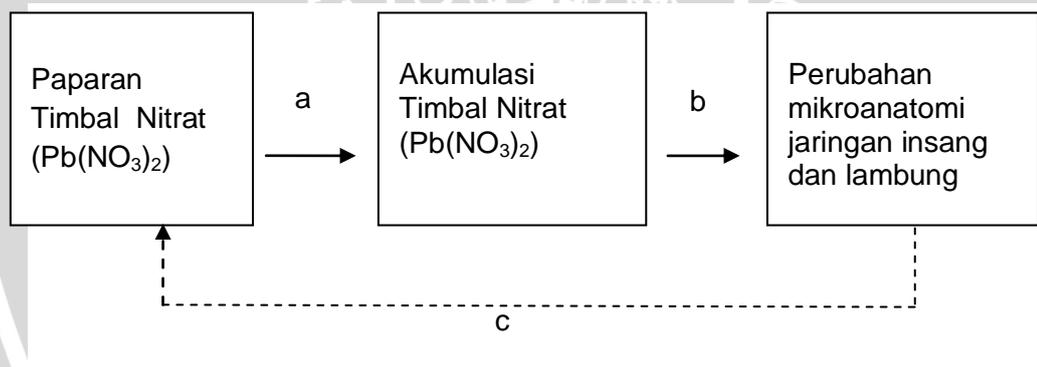
Adanya zat toksik seperti timbal akan bercampur dengan makanan akan masuk ke tubuh kijing Taiwan dan berkumpul pada lambung. zat toksik seperti timbal akan terakumulasi pada lambung dan akan mengganggu fungsi kerja lambung (Galtsoff, 1964). Kerusakan jaringan terjadi karena adanya reaksi dengan zat toksikan dari respon adaptif untuk mencegah masuknya polutan yang masuk ke dalam tubuh. Adanya perubahan seperti pembengkakan dinding lambung, kerusakan beberapa cilia dan *digestive diverticula* yang mengecil atau membengkak merupakan mekanisme pertahanan dari kijing. Kerusakan sel pada dinding lambung ini sangat mempengaruhi dalam proses pencernaan pada kijing (Mohamed, 2009). Pencernaan dan absorpsi makanan pada bivalvia diawali proses secara *intravascular* yang terjadi pada *digestive diverticula*. Apabila *digestive diverticula* sudah mengalami kerusakan dan tidak lagi mengelilingi dinding lambung maka secara perlahan proses metabolisme kijing akan terganggu. Kerusakan yang terjadi pada lambung menyebabkan struktur jaringan lambung akan berubah dan menyebabkan disfungsi sistem pencernaan (Galtsoff, 1964).

Histologi merupakan ilmu yang mempelajari jaringan suatu makhluk hidup (Yuniar, 2009). Analisis histopatologi dapat digunakan sebagai biomarker untuk mengetahui kondisi kesehatan kijing Taiwan melalui perubahan struktur yang terjadi pada organ-organ yang menjadi sasaran utama dari bahan pencemar seperti insang dan lambung (Setyowati *et al.*, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Kijing Taiwan memiliki kemampuan sebagai biofilter zat toksik seperti timbal (Pb) sehingga didalam tubuhnya terdapat banyak timbal yang terakumulasi di dalam tubuhnya. Akumulasi timbal di dalam tubuhnya paling

banyak terdapat di organ insang dan lambung. Organ insang merupakan bagian tubuh yang langsung berhubungan dengan perairan karena perannya yang sebagai alat pernapasan, sehingga timbal akan terakumulasi banyak didalam insang sedangkan lambung merupakan yang sebagai penampungan semua makanan yang dimakan, sehingga makanan yang mengandung timbal akan terakumulasi didalam lambung. Senyawa toksik logam berat timbal yang terakumulasi pada insang dan lambung akan menyebabkan kerusakan dan mengalami perubahan mikroanatomi jaringan insang dan lambung tersebut. Perubahan mikroanatomi jaringan untuk dijadikan sebagai indikator untuk dijadikan seberapa tingkat atau batas kemampuan toleransi kijing Taiwan terhadap timbal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$). Bagian alir penelitian seperti Gambar 1 :



Gambar 1. Bagian Alir Pendekatan masalah

Keterangan :

- Pemaparan Timbal Nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) dengan dosis pemaparan yang berbeda dalam waktu 96 jam.
- Pemaparan Timbal Nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) akan terakumulasi dibagian tubuh kijing Taiwan khususnya dibagian insang dan lambung
- Pemaparan Timbal dengan berbeda konsentrasi akan menyebabkan perubahan mikroanatomi jaringan insang dan lambung

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran mikroanatomi jaringan insang dan lambung kijing Taiwan (*Anadonta woodiana*) yang terpapar logam berat timbal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) dengan konsentrasi yang berbeda serta membandingkan gambaran mikroanatomi jaringan insang dan lambung kijing Taiwan yang tidak terpapar dengan yang terpapar logam berat Timbal Nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$).

1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai gambaran mikroanatomi jaringan insang dan lambung kijing Taiwan (*Anadonta woodiana*) yang terpapar logam berat timbal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) dengan konsentrasi yang berbeda serta membandingkan gambaran mikroanatomi jaringan insang dan lambung kijing Taiwan yang tidak terpapar dengan yang terpapar logam berat Timbal Nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) sehingga dapat dijadikan sebagai sumber informasi pendukung tentang kemampuan kijing Taiwan dalam memfilter logam berat Pb pada budidaya ikan model resirkulasi.

1.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2014 - Januari 2015 di Laboratorium Workshop Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang Laboratorium anatomi fakultas kedokteran Universitas Brawijaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

Kijing Taiwan merupakan salah satu sumberdaya perikanan air tawar yang memiliki potensi ekonomi dan ekologi yang besar bagi masyarakat Indonesia (Hamidah, 2006). Kijing famili Unionidae ini dapat dikonsumsi bagian dagingnya sedangkan cangkangnya berguna untuk bahan baku industri kancing, dan pakan ternak. Kijing Taiwan bersifat *filter feeder* sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan (Rahayu *et al.*, 2013).



Gambar 1. kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) (Sumber: Googleimages, 2014)

Kijing Taiwan ini memiliki kemampuan sebagai bioakumulator sehingga dapat mengurangi kadar logam berat di perairan (Krolak dan Zdanowski, 2001). Pada saat ini, kijing Taiwan telah banyak dibudidayakan karena kemampuannya untuk memproduksi mutiara (Rachman *et al.*, 2009) karena menurut Ram dan Misra, (2003) secara fisiologis, kijing Taiwan mempunyai kemampuan untuk menghasilkan *nacre* dan kristal prismatic penghasil mutiara. Kualitas lapisan mutiara (*nacre*) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas mutiara yang dihasilkan.

2.1.1 Taksonomi dan Morfologi

Menurut Hamidah (2013) Kijing Taiwan merupakan salah satu jenis kerang air tawar dari famili Unionidae, termasuk ke dalam kelas Pelecypoda atau Bivalvia, dengan filum Moluska. Kijing Taiwan pertama kali ditemukan di Indonesia pada tahun 1971 di Balai Penelitian Perikanan Darat Cibalagung, Bogor. Kijing Taiwan bukan berasal dari Indonesia, kedatangannya ke Indonesia tanpa sengaja ikut terbawa saat Indonesia mengimpor ikan nila (*Tilapia nilotica*) dari Taiwan. Adapun klasifikasi kijing Taiwan menurut Hutri (1999) sebagai berikut:

Phylum : Mollusca

Class : Lamellibranchia

Ordo : Eulamellibranchiata

Sub ordo : Integripalliata

Famili : Unionidae

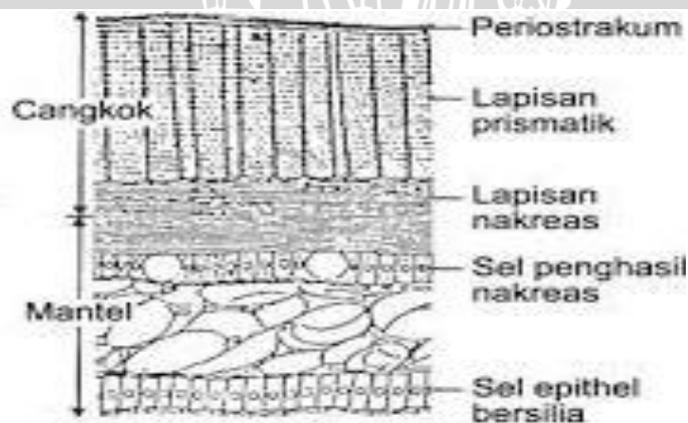
Genus : Anodonta

Spesies : *Anodonta woodiana*

Kijing Taiwan salah satu jenis bivalvia yang berasal dari Negara Taiwan yang hidup di air tawar seperti danau, sungai, kolam dan perairan lainnya yang mengandung zat kapur. Zat kapur ini digunakan untuk membuat cangkangnya. Hewan ini memiliki dua kutub (bi = dua, valve = kutub) yang dihubungkan oleh semacam sebuah engsel, sehingga kedua bagian cangkang itu membuka dan menutup yaitu otot aduktor dan posterior sehingga disebut bivalvia. Sedangkan bila dilihat dari samping, cangkang kerang air tawar *Anodonta woodiana* berbentuk lonjong di satu bagian, lalu memipih ke bagian lainnya. Cangkang bagian kiri biasanya lebih pipih dibandingkan dengan cangkang bagian kanan. (Fitriawan, 2010). Menurut Watters (1997) kijing Taiwan yang memiliki warna

yang coklat kehijauan memiliki cangkang yang sangat keras seperti batu. Bila dilihat dari atas, sebagian besar cangkang kerang air tawar berbentuk oval, tapi ada juga yang mendekati bulat. Sedangkan bila dilihat dari samping, cangkang kerang air tawar berbentuk lonjong di satu bagian, lalu memipih ke bagian lainnya.

Cangkang pada kijing Taiwan dibagi berdasarkan lapisan yang dibedakan berdasarkan dari struktur dan warnanya (Beran, 1997). Cangkang kijing terdiri atas tiga lapis, dari luar ke dalam yaitu Lapisan pertama disebut periostrakum. Periostracum adalah lapisan paling luar yang sangat kasar seperti tanduk. Lapisan periostracum tersusun dari bahan organik yang berfungsi untuk melindungi lapisan yang berada dibawahnya dari zat asam karbonat di dalam perairan, lapisan kedua merupakan lapisan prismatic. Lapisan ini lebih halus di banding lapisan periostrakum. Lapisan prismatic tersusun dari kristal-kristal prisma hexagonal calcit terdiri atas kristal-kristal kalsium karbonat Sedangkan lapisan ketiga disebut *nacre* atau lapisan mutiara adalah lapisan yang paling dalam. Lapisan ini terdiri dari kalsium karbonat dalam bentuk kristal aragonit yang berupa lapisan kalsium karbonat yang bersifat mengikat atau dapat memantulkan cahaya (Untari, 2001).



Gambar 2. Penampang melintang cangkang dan mantel (Yulinda, 2010)

2.1.2 Habitat dan Penyebaran

Kijing Taiwan dapat hidup di kolam, danau ataupun di perairan tawar yang lain (Storer dan Usinger, 1961). Kijing atau kerang air tawar banyak ditemukan di perairan yang jernih dan mengalir tak begitu deras. Genus *Anodonta* paling senang hidup pada dasar perairan yang berlumpur, sedikit pasir dan tidak terlalu dalam. Sebagian besar hidupnya membenamkan diri dalam lumpur (Suwignyo *et al.*, 1981).

Menurut Thana (1976) pada suhu air antara 24 sampai dengan 29 derajat celsius, oksigen terlarut 3,8-12,5 ppm dan pH 4-7,6 kijing Taiwan dapat tumbuh dengan cepat dan berkembang biak dengan baik. Untuk dapat tumbuh dengan baik kijing Taiwan memerlukan kandungan oksigen perairan sebesar 6 ppm. Umumnya kijing Taiwan dapat mengatur tingkat metabolisme oksigen dengan baik sehingga masih dapat hidup pada keadaan dimana kandungan oksigen dalam air sangat sedikit (Hart, 1974). Menurut Sunarto (2007), kijing Taiwan mempunyai karakteristik: (1). organisme tersebut mempunyai sifat menetap sehingga mampu merefleksikan kadar bahan pencemar lokal, (2). mudah identifikasi dan mempunyai jumlah yang cukup besar menunjukkan kestabilan genetiknya, (3). siklus hidup relatif panjang, (4). mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasi berbagai bahan polutan.

Famili Margaritiferidae ini merupakan salah satu jenis kerang air tawar yang tersebar di Amerika Utara, Eropa, Asia Selatan dan Asia Tenggara sekian banyak genus, Margaritifera adalah genus yang memiliki tubuh paling besar dan paling tersebar. Kerang-kerang yang ada di Thailand, China dan Kalimantan adalah berasal dari Amerika Serikat (Kiss dan Pekli, 1988).

2.1.3 Siklus Hidup

Kijing Taiwan ini hanya mampu memijah pada musim panas di Taiwan sedangkan di Indonesia kijing dapat memijah setiap saat sepanjang tahun. *Anodonta woodiana* termasuk kerang yang *hermaprodit synchroni*. Kijing dewasa dapat dibedakan dengan melihat insangnya, berwarna merah (telur) pada betina, berwarna putih (sperma) pada jantan. Ukuran cangkang pada kijing betina yang masih muda lebih tebal dari cangkang kijing jantan. Kijing betina dapat berkembang biak lebih dari sekali dalam setahun. Kijing betina akan mengeluarkan telur ke lapisan insang, dan kijing jantan akan berada di dekatnya dan akan melepaskan sperma ke dalam insang betina (Wilda, 1999). Cara pemijahan atau pembuahan kerang terjadi didalam air, yaitu sperma keluar ke air dan masuk ke inhalant sifon betina (Dani, 2004). Kijing betina akan mengeluarkan telur ke lapisan insang, jantan akan berada di dekatnya dan akan melepaskan sperma ke dalam insang betina (Purnomo dan Muchyiddin, 2007).

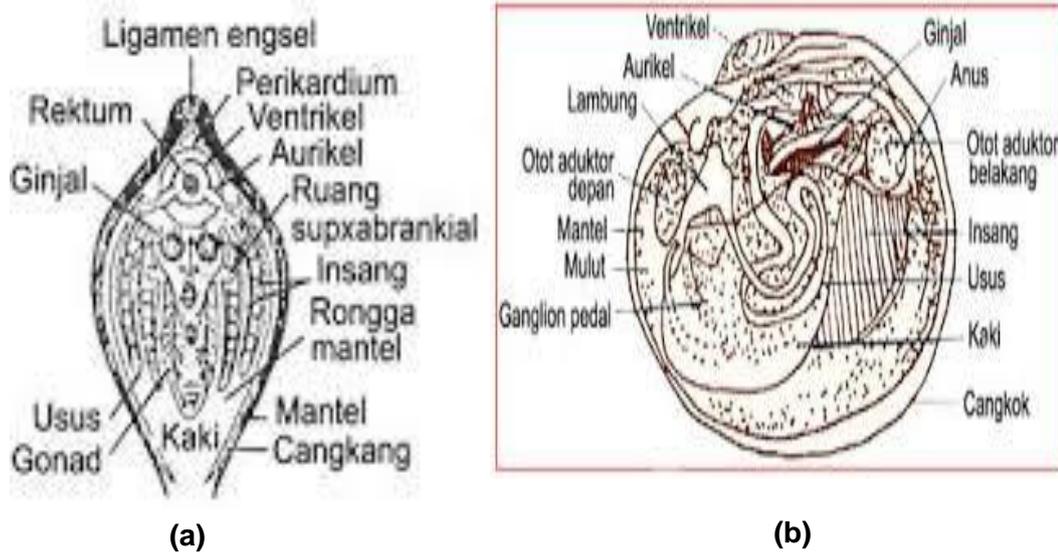
Telur yang sudah dibuahi atau berupa larva akan disemprotkan ke luar dan mengendap di dasar kolam atau menempel pada benda mati sambil menunggu ikan sebagai inangnya. Jika dalam waktu dua hari tak menemukan inang, larva akan mati. Larva akan menempel pada ikan. Kemudian diselimuti oleh jaringan tubuh ikan, disebut *cyste*. *Cyste* mengisap makanan dari inang. Bila terlalu lama menempel pada ikan akan menjadi parasit bagi ikan. Lama penempelan tergantung pada air dan jenis ikan (Wilda, 1999). Menurut Purnomo dan Muchyiddin (2007) Dalam aquarium pada suhu 24-26° C, ikan mas 7-8 hari, mujair 6 hari, tawes 5 hari dan ikan seribu 9-10 hari. Jika alat pencernaannya telah sempurna, *cyste* akan melepaskan diri dari inangnya dan menjadi Kijing kecil. Setelah 6 bulan Kijing dapat mencapai berat total 1 kg dan dapat dimakan.

Menurut Dani (2004), Seekor Kijing betina dapat menghasilkan larva 300.000 – 458.000 ekor setiap bereproduksi. Kijing Taiwan Mudah dikembangbiakan dan mempunyai daya produksi yang tinggi Kisaran suhu yang baik untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan antara 15°C – 25°C. Pada kondisi lingkungan yang tidak sesuai, Bivalvia akan berkonsentrasi mengalokasikan energi tubuh lebih banyak untuk beradaptasi dengan lingkungan daripada aktivitas lain seperti pelapisan inti selama proses pembentukan mutiara, sehingga lapisan mutiara yang terbentuk menjadi lebih tipis (Kiss dan Pekli, 1988).

2.1.4 Anatomi

Anatomi adalah cabang dari biologi yang berhubungan dengan struktur dan organisasi dari makhluk hidup. Secara anatomi, tubuh kijing Taiwan dan tubuh hampir semua jenis moluska lainnya terbagi menjadi tiga bagian, yakni, mantel, *visceral mass* dan kaki. Mantel besar menggantung diseluruh badan dan membentuk lembaran yang luas dari jaringan yang berada dibawah cangkang. Seluruh permukaan mantel mensekresikan zat kapur. Sifon pada lapisan mantel berfungsi sebagai jalan keluar masuk air terdiri atas sifon *inhalant* dan *exhalant*. Kijing Taiwan memiliki sepasang insang yang besar, terletak pada kedua sisi badan, membentuk lamella yang besar dan hampir menutupi badan. Terdapat pembuluh darah yang berhubungan dengan jantung bagian dorsal yang mengirim darah dari insang menuju organ dalam, mantel, kaki dan bagian belakang. Insang pada kijing ini digunakan untuk bernafas, tempat untuk mengerami telur, serta menyaring makanan yang larut didalam air (Sulistiawan, 2007). *Visceral mass* adalah kumpulan organ-organ bagian dalam, seperti insang, mulut, perut, gonad, anus, dan organ penting lainnya (Fitriawan, 2010).

Kaki kijang Taiwan tersusun dari jaringan otot-otot elastis yang bentuknya seperti lidah. Bisa memanjang dan bisa memendek. Saat memanjang, kaki biasanya untuk berjalan dari satu tempat ke tempat lainnya, terutama ketika masih muda. Selain untuk berjalan, kaki juga sebagai alat pembersih kotoran pada mantel dan Pergerakan kaki terjadi akibat adanya tekanan syaraf melalui darah. Bila terjadi tekanan, maka kaki akan memanjang dan tegar. Perpanjangan kaki bisa mencapai tiga kali lipat dari keadaan normal. Saat itulah, kakinya berfungsi dan menyebabkan cangkang terbuka dengan sendirinya (Purnomo dan Muchyiddin, 2007). Gerak kaki menjulur diatur oleh kombinasi tekanan darah dan otot protraktor anterior, dan gerak menarik kaki ke dalam cangkang oleh sepasang otot retraktor anterior dan posterior, untuk merayap pada substrat lumpur atau pasir. Adapun pada beberapa kerang yang hidup tidak meliang akan menempel pada substrat keras dengan sangat erat (Suwigyo *et al.*, 2005).



Gambar 3. (a). Penampang melintang tubuh Pelecypoda; (b). Struktur dalam Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) (Yulinda, 2010)

2.1.5 Makanan dan Mekanisme Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kijing Taiwan

Menurut Galtsoff (1964), makanannya adalah apa saja yang dapat ditangkap. Jika fitoplankton hanya tersedia sedikit maka akan memakan detritus. Dalam waktu tiga jam moluska dapat mengambil 200 juta makanan. Umumnya fitoplankton yang melimpah di air juga akan terdapat dalam perut moluska. Menurut penelitian Lesmana (2010), mengenai isi lambung pada kijing terdapat bahan organik (*detritus*) dan beberapa jenis plankton. Plankton yang ditemukan didalam lambung kerang yaitu filum *chloropyta*, *cyanopyta* dan *chrisopyta*. Hasil analisis lambung yang dilakukan Irianto, *et al.* (1964), pada kedalaman sampai dengan 10 m, baik siang ataupun malam ternyata tidak memperlihatkan variasi yang besar terhadap kandungan fitoplankton. Hal tersebut menunjukkan bahwa kijing melakukan penyaringan makanan setiap saat.

Menurut Salman dan Southgate (2005), Alat pencernaan Kijing berturut-turut terdiri dari mulut yang tidak berahang atau bergigi, sepasang labial palps yang bersilia, esofagus, lambung, usus, rektum, dan anus. Menurut Galtsoff (1964) kerang air tawar tergolong *filter feeder*, yaitu hewan yang memperoleh makanan dengan cara menyedot air. Volume air yang dapat disaring oleh kerang adalah 2,5 liter per individu dewasa per jam. Air masuk ke dalam mantel melalui bagian bawah *inhalant siphon* (alat penyedot) terus mengalir menuju insang dan keluar lagi melalui bagian atas *inhalant siphon*. Partikel makanan akan ikut bersama air berlindung dalam lendir, sebelum dikirim ke mulut. Pada bagian itu, partikel makanan akan dipilih. Partikel kecil akan lolos masuk ke dalam esofagus, lalu ke dalam usus. Sedangkan partikel besar akan keluar lagi bersama air melalui *inhalant siphon*. Menurut Suwigyo, *et al.* (2005) Makanan yang masuk bersama air tadi digerakkan, diperas, lalu dicerna dengan bantuan silia (rambut getar) pada tubuhnya. Silia mampu bergerak 2-20 kali per detik.

Tidak seperti sifat kebanyakan ikan yang sangat agresif menangkap makanan, kerang air tawar bersifat sangat pasif. Karena kerang air tawar tidak dapat berenang seperti ikan. Oleh sebab itu, makanan yang masuk ke dalam kerang air tawar sangat tergantung kepada kondisi perairan yang ditempatinya. (Moorkens, 1999). Jenis dan ukuran makanan yang masuk sangat tergantung pada umurnya. Saat larva, kerang air tawar memakan organisme yang berukuran sangat kecil, beberapa mikron, seperti bakteri, detritus, mikro organisme hijau dan organisme tak berwarna. Menjelang dewasa menangkap makanan berukuran lebih besar, termasuk diatomeae, macam-macam protozoa, kepingan plankton dan organisme lainnya (Nybakken, 1992).

Kijing Taiwan biasanya hidup menetap disuatu lokasi tertentu didasar air. Hal inilah yang mengakibatkan kijing mampu mengakumulasikan dengan logam berat lebih besar dibandingkan dengan hewan air lainnya (Moorkens, 1999). Jenis kerang digunakan sebagai indikator pencemaran logam berat. Hal ini disebabkan karena hidupnya menetap atau sifat bioakumulatif terhadap logam berat (Darmono, 1995). Proses akumulasi bahan kimia dalam makhluk hidup digambarkan sebagai berikut: makanan pada air yang terakumulasi logam berat seperti timbal akan dimakan oleh kijing Taiwan. Selanjutnya makanan tersebut masuk ke dalam saluran pencernaan (*gastrointestinal*). Makanan yang telah diserap melalui dinding pencernaan usus akan masuk ke peredaran darah dan berakhir pada jaringan (Fitriawan *et al.*, 2010). Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan racun logam berat terhadap biota perairan antara lain bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut dalam air, pengaruh interaksi antara logam dan racun lainnya, pengaruh lingkungan seperti temperatur, kadar garam, dan pengaruh pH ataupun kadar oksigen dalam air, kondisi hewan, fase siklus hidup (telur, larva, dewasa), ukuran organisme, jenis kelamin, dan kecukupan

kebutuhan bahan makan, kemampuan hewan untuk menghindari dari kondisi buruk polusi (misalnya lari untuk pindah tempat), kemampuan hewan untuk beradaptasi terhadap racun, (misalnya proses detoksifikasi) (Darmono, 1995).

Logam masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu melalui saluran pernapasan, pencernaan serta penetrasi melalui kulit. Akumulasi logam melalui saluran pencernaan biasanya cukup besar walaupun absorpsinya relatif kecil. (Darmono, 1995). Mekanisme pengambilan logam berat secara selular pada kijing Taiwan umumnya melibatkan empat proses. Keempat proses tersebut meliputi: difusi dari logam non polar, kompleksisasi dari bentuk logam polar dengan protein carier/pembawa, *pembentukan endocytis atau pinocytis* pada epitel sel membran dan pencernaan secara intraseluler (Sunarto, 2007). Banyaknya zat toksik lingkungan masuk melalui rantai makanan dan diserap melalui pencernaan hewan. Proses absorpsi tersebut tidak menimbulkan efek toksik kecuali jika terserap oleh tubuh.

Keberadaan kijing Taiwan sangat tergantung pada lingkungan perairan, maka jika berada pada perairan yang tercemar oleh logam berat seperti logam berat Pb, otomatis akan mempengaruhi baik secara morfologis maupun fisiologis (Inswiasri, 1995). Kijing Taiwan tergolong *filter feeder*, yaitu hewan yang memperoleh makanan dengan cara menyedot air. Air masuk ke dalam mantel melalui *inhalant siphon* selanjutnya mengalir menuju insang untuk dilakukan pemilahan makanan. Beberapa makanan yang tidak dipilih, akan menuju ke dalam rongga mantel dan secara berkala akan dikeluarkan. Makanan yang telah dipilih selanjutnya menuju ke lambung (Nybakken, 1992).

Fungsi insang sebagai organ respirasi yang berfungsi sebagai menyaring makanan mengakibatkan insang berhubungan langsung dengan zat toksik di dalam perairan, Insang merupakan organ yang paling rentan mengalami

kerusakan akibat adanya zat toksik (Fitriawan, 2010), Selain insang, organ yang paling rentan terhadap kerusakan zat toksik yaitu lambung. Lambung merupakan sumber muara timbunan makanan yang diserap oleh kijing Taiwan. Lambung merupakan tempat yang berpotensi untuk terjadi akumulasi zat toksik yang memicu kerusakan lambung. Lambung merupakan tempat penyerapan yang baik untuk asam lemah dengan bentuk ion-ion yang larut dalam lemak. Untuk basa lemah yang mengion dan tidak larut dalam lemak tidak mudah terserap oleh lambung, pada umumnya akan diserap oleh usus. Sebaliknya untuk basa organik lebih banyak diserap di usus daripada di lambung (Mukono, 2005). Adanya zat toksik yaitu logam berat Pb yang terus menerus masuk ke dalam insang dan lambung dapat merusak jaringan pada organ tersebut karena mengalami perubahan struktur jaringan yang pada akhirnya akan mengganggu sistem kerja organ tersebut. Gangguan sistem kerja tersebut akan mempengaruhi kehidupan kijing Taiwan (Lesmana *et al.*, 2011).

Organisme perairan mengalami keracunan logam berat akan mengalami gangguan pada proses pernafasan dan metabolisme, hal ini terjadi dikarenakan adanya reaksi logam berat dengan fraksi dari lendir insang sehingga insang diselubungi oleh gumpalan lendir dari logam berat yang mengakibatkan proses pernafasan dan metabolisme tidak berfungsi (Fitriawan, 2010). Kijing yang dipapar senyawa zat pencemar yang bersifat toksik pada lambung kijing mengalami beberapa kerusakan di sekitar lambung yaitu adanya lendir serta terjadinya pembesaran dinding lambung dan diverticula diduga disebabkan oleh penumpukan enzim asetikollin akibat adanya penghambatan enzim kolinesterase oleh pencemaran (Lesmana *et al.*, 2011).

2.2 Logam Berat

2.2.1 Definisi Logam Berat

Menurut Sudarwin (2008) Logam berat (*heavy metal*) ialah logam dengan massa jenis lima atau lebih, dengan nomor atom 22 sampai dengan 92. Logam berat berbeda dengan logam yang lainnya. Hal tersebut terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam ini berikatan dan atau masuk kedalam organisme hidup. Menurut Fardiaz (1992) Secara umum jenis logam berat yang keberadaannya paling banyak ialah Timbal (Pb). Secara alami konsentrasi kandungan logam berat Pb pada tanah berkisar 20-42 mg/kg (Effendi, 2003).

Menurut Sudarwin (2008) Adanya logam berat diperairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu: (1). Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi didalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan), (2). Dapat terakumulasi dalam organisme termaksud kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut, (3). Mudah terakumulasi disedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan massa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya kedalam air, sehingga sedimen menjadi pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Menurut Effendi (2003) Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, tanaman maupun lingkungan terdapat 80 jenis logam berat dari 109 unsur kimia di muka bumi ini. Logam berat dibagi dalam dua jenis, yaitu: (1). Logam berat esensial: yakni ion logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme.

logam berat dalam jumlah tinggi akan menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain sebagainya, (2). Logam berat tidak esensial atau sering yang disebut logam berat yakni ion logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik seperti Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain.

2.3 Timbal (Pb)

2.3.1 Definisi Timbal (Pb)

Menurut Palar (1994), timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Timbal disimbolkan dengan "Pb" yang merupakan logam lunak berwarna kebiruan atau kelabu keperakan, lazim terdapat pada kandungan endapan sulfat yang bercampur dengan mineral lainnya terutama seng dan tembaga (Sunu, 2001). Timbal merupakan logam berat beracun bagi organisme, meskipun dalam konsentrasi yang rendah. (Fardiaz, 1992). timbal secara praktis dapat dideteksi pada seluruh benda mati di lingkungan dan pada seluruh sistem biologis (Irmanika, 2007).

Menurut Sudarwin (2008), logam berat timbal dikategorikan sebagai logam berat "*trace metals*" karena memiliki massa jenis lebih dari lima kali massa jenis air. Logam berat Pb memiliki massa jenis 11,34 dengan massa atom 207,21 serta memiliki nomor atom 82. Logam berat timbal memiliki tekstur cenderung lunak serta berwarna berwarna biru atau silver ke abu-abuan dan memiliki nilai titik leleh sebesar 327,4°C serta nilai titik didih sebesar 1.620 °C. menurut Fardiaz (1992), Logam berat ini beracun bagi organisme, meskipun dalam konsentrasi yang rendah. Timbal ialah logam yang berwarna abu-abu kebiruan, dengan rapatannya yang tinggi (11,48 g⁻¹ pada suhu kamar).

Racun bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup. Timbal banyak dipergunakan dalam skala besar sehingga dapat mengakibatkan pencemaran baik didaratan maupun di perairan. Pb yang masuk dalam perairan dalam bentuk limbah akan mengalami pengendapan yang dikenal sebagai sedimen (Yulinda, 2010). Menurut Alaerts dan Santika (1987), tingginya pencemaran Timbal diperairan menyebabkan Timbal terakumulasi didalam jaringan organisme perairan seperti bivalvia.

2.3.2 Sifat-Sifat Timbal

Pb mempunyai sifat bertitik lebur rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murni yang mempunyai kepadatan yang melebihi logam lain (Darmono, 1995). Menurut Fardiaz (1992), Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat-sifatnya, yaitu sebagai berikut: (a). Titik cairnya rendah sehingga jika akan digunakan dalam bentuk cair maka hanya membutuhkan teknik yang sederhana dan ramah, (b). Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah ke berbagai bentuk, (c). Sifat kimia menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab, (d). Timbal dapat membentuk ikatan (*alloy*) dengan logam lainnya dan *alloy* yang terbentuk mempunyai sifat yang berbeda dengan Timbal yang murni, (e). Densitas timbal lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya, kecuali bila dibanding dengan emas dan merkuri

2.3.3 Sumber Timbal

Menurut Sudarmaji dan Mukono (2006), kadar Pb yang secara alami dapat ditemukan dalam bebatuan sekitar 13mg/kg. khusus Pb yang tercampur dengan batu pospat dan batu pasir (*sand stine*) kadarnya lebih besar yaitu 100 mg/kg. Pb merupakan salah satu logam berat yang tergolong pada zat pencemar beracun tingkat menengah karena menyebabkan keracunan kronis.. Konsentrasi Pb di udara lebih rendah dibandingkan dengan di tanah karena nilai tekanan uapnya rendah. Pencemaran Pb terbesar berasal dari hasil pembakaran bensin yang menghasilkan komponen-komponen Pb terutama dari senyawa $PbBrCl_2$ dan $PbBrCl_2PbO$. Pencemaran Pb di air dapat berasal dari komponen-komponen Pb di udara yang terlarut seperti senyawa $PbCO_3$. penggunaan Pb adalah untuk produk logam seperti amunisi, pipa, pelapis kabel, pewarna dan lain-lain. Pb juga digunakan sebagai bahan pelapis keramik (glaze) dan juga produk-produk pestisida (Siswanto, 2009).

Logam berat tersebut berasal dari permukaan badan air, proses terwujudnya tanah, perpindahan logam berat didalam tanah serta berasal dari batuan induk (Soegianto *et al.*, 2004). Selain itu menurut pernyataan Sudarmaji (2006), logam berat timbal (Pb) yang berasal dari batu memiliki konsentrasi sebesar sebesar 13 mg/kg tetapi kadar logam berat timbal lebih tinggi terdapat dalam batuan fosfat yang menyatu dengan batu pasir (*sand stone*) yaitu sebesar 100 mg/kg. Sedangkan pada tanah memiliki kadar logam berat Pb sebesar 5 - 25 mg/kg serta pada air tanah (*ground water*) mengandung logam berat Pb berkisar 1- 60 μ g/liter. logam berat timbal yang terkandung pada air sungai maupun telaga berkisar 1 -10 μ g/liter. Timbal terdapat dalam air karena adanya kontak antara air dengan tanah atau udara tercemar timbal, sedangkan air yang tercemar oleh limbah industri atau akibat korosi pipa (Ulfin, 1995).

2.3.4 Bentuk-Bentuk Timbal Di Perairan

Bentuk timbal paling umum dijumpai pada perairan tawar adalah senyawa timbal karbonat dan kompleks timbal organik. Logam berat timbal bebas dalam bentuk ion jumlahnya sedikit. Penurunan pH air menyebabkan daya racun logam berat semakin besar, kesadahan tinggi dapat mengurangi toksisitas logam berat karena akan membentuk senyawa kompleks yang mengendap pada dasar perairan (Bryan, 1976). Menurut Scott (1966), Timbal dapat membentuk senyawa Timbal (II) dan Timbal (IV), dimana kebanyakan senyawa Timbal merupakan racun kumulatif. Adapun senyawa-senyawa Timbal tersebut yaitu: (a). Timbal (II) nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) yang merupakan satu-satunya senyawa Timbal lazim yang larut, (b). Timbal (II) oksida (PbO) yaitu Timbal monoksida yang merupakan oksida berwarna kuning, digunakan untuk membuat kaca dan email, (c). Timbal (IV) oksida (PbO_2) yaitu oksida yang terbentuk dalam akumulator Timbal asam.

Senyawa Tetraetil Timbal ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$) yang merupakan bahan anti ketuk yang ditambahkan pada bensin agar mesin mobil berjalan halus. Timbal dalam sistem perairan biasanya dalam bentuk kompleks dalam gugus organik membentuk larutan koloida atau dalam bentuk ion Pb^{2+} dan PbCl^+ (Supriharyono, 2002). Semua bentuk Pb berpengaruh terhadap aktivitas manusia. Walaupun pengaruh toksisitas akut agak jarang dijumpai tetapi pengaruh toksisitas kronis paling sering ditemui. Timbal didalam tubuh terutama terikat dalam gugus-SH dalam molekul protein dan hal ini menyebabkan hambatan pada aktivitas kerja enzim. Timbal mengganggu sistem sintesis hemoglobin (Darmono, 1995). Racun Pb biasanya menyerang pada 3 sistem organ tubuh yaitu *hematologis*, *neurologis*, dan *renal* (ginjal), disamping itu racun Pb dapat juga menimbulkan anemia (supriharyono, 2002).

2.3.5 Pengaruh Timbal di Perairan

Salah satu logam berat beracun dan berbahaya yang banyak ditemukan sebagai pencemar dan cenderung mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan yang ada adalah logam Timbal (Pb). Adanya persenyawaan Timbal yang masuk ke dalam ekosistem menjadi sumber pencemaran dan dapat berpengaruh terhadap biota perairan (Palar, 1994). Organisme perairan yang mengalami keracunan logam berat akan mengalami gangguan pada proses pernapasan dan metabolisme tubuhnya, hal ini terjadi karena bereaksinya logam berat dengan fraksi dari lendir insang sehingga insang diselubungi oleh gumpalan lendir dari logam berat yang mengakibatkan proses pernapasan dan metabolisme tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Salah satu jaringan tubuh organisme yang cepat terakumulasi logam berat adalah jaringan insang, akibatnya organisme perairan akan mati lemas karena terganggunya proses pertukaran ion-ion dan gas-gas melalui insang (Darmono, 1995).

2.4 Histologi dan Histopatologi

Histologi berasal dari kata *histo* dan *logos*. *Histo* berarti jaringan dan *logos* berarti ilmu, sehingga histologi adalah ilmu yang mempelajari sel, organ, dan jaringan tubuh secara mikroskopik. Histologi sangat diperlukan dalam mempelajari struktur jaringan normal suatu organ secara anatomi maupun fisiologi. Hal ini sangat penting dalam mengenali suatu kondisi patologi yang merupakan akibat suatu penyakit dan perubahan-perubahan seluler. (Panigoro *et al.*, 2007). Jaringan merupakan sekumpulan sel yang tersimpan dalam suatu kerangka struktur atau matriks yang mempunyai suatu kesatuan organisasi yang mampu mempertahankan keutuhan dan penyesuaian terhadap lingkungan diluar batas dirinya (Marchand *et al.*, 2009).

Menurut Sunarto (2007) membedakan dan mengembangkan suatu metoda untuk mengevaluasi tingkat kerusakan yang terjadi pada suatu jaringan organisme yang berhubungan dengan pengaruh pencemaran, yaitu: (1). Edema merupakan pembengkakan pada jaringan dan terjadi penimbunan cairan di dalam tubuh, (2). Hiperplasia merupakan pembentukan jaringan secara berlebihan akibat bertambahnya jumlah dan ukuran sel, (3). Fusi merupakan menyatunya jaringan ataupun sel tertentu. (4). Atropi merupakan penyusutan pada sel maupun jaringan sehingga tampak lebih kecil dari awalnya, (5). Nekrosis hampir seluruh struktur jaringan mengalami kerusakan ataupun kematian sel (suatu keadaan dimana sel dan jaringan mempunyai aktifitas yang rendah dan kadang mati).

Ilmu yang mempelajari kelainan parologi (abnormal) suatu jaringan disebut histopatologi (Panigoro *et al.*, 2007). Kerusakan jaringan atau histopatologi di dalam organ dapat diketahui dengan menggunakan reaksi kimia yang menghasilkan senyawa berwarna tak dapat larut yaitu Hematoksilin-Eosin (HE) dan selanjutnya diamati dengan mikroskop cahaya (Harjana, 2011). Analisis histopatologi digunakan untuk mengetahui perubahan struktur jaringan yang terjadi pada organ-organ yang menjadi sasaran utama dari penyakit infeksius dan zat toksik seperti insang, lambung, hati. Selain itu, penggunaan histologi dapat digunakan dalam mengetahui perubahan pada jaringan organ dengan mengamati organ-organ tersebut yang memiliki fungsi.

2.5 Parameter Kualitas air

2.5.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu variabel lingkungan yang sangat penting. Kenaikan suhu meningkatkan laju metabolisme dalam tubuh yang pada

hakekatnya adalah naiknya kecepatan reaksi kimiawi. Kenaikan suhu akan meningkatkan laju pertumbuhan sampai batas tertentu dan setelah itu kenaikan suhu justru menurunkan laju pertumbuhan (Rahardjo *et al.*, 2011).

Setiap kenaikan suhu sebesar 10°C kecepatan reaksi kimia dan biologis meningkat 2 kali lipat. Antara lain kelarutan oksigen dalam air, kecepatan metabolisme dan percepatan proses dekomposisi (Boyd, 1982). Menurut Rachman, *et al.* (2006) menyatakan suhu yang baik untuk pertumbuhan kerang air tawar adalah perairan yang memiliki suhu antara $15^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$.

2.5.2 pH

Suatu skala atau ukuran untuk mengukur keasaman atau kebasaan larutan dinamakan pH, nilainya bervariasi antara 0-14 dengan batas normal ada pada nilai 7. (Susana *et al.*, 2001). Menurut Effendi (2003), pH adalah cermin dari derajat keasaman yang diukur dari jumlah ion hydrogen menggunakan rumus umum $\text{pH} = -\text{Log}(\text{H}^+)$. Nilai pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia, toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang pada meningkatnya pH. pada $\text{pH} < 5$, alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas. Sebagian besar biota akuatik sensitive terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5.

Organisme air dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan kisaran toleransi antara asam lemah sampai basa lemah. Karena jika tidak berada pada rentang kisaran toleransi terhadap pH akan menyebabkan gangguan metabolisme dan respirasi organisme perairan (Barus (2001). Menurut Chay (1990) besarnya angka pH dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator adanya keseimbangan unsur-unsur kimia dan unsur-unsur hara yang bermanfaat bagi kehidupan vegetasi akuatik. Kondisi pH air juga

mempunyai peran penting bagi kehidupan kerang dan fauna lain yang hidup di perairan tersebut. Umumnya perairan dengan tingkat pH < 4,8 dan <9,2 sudah dianggap tercemar.

2.5.3 Oksigen Terlarut (DO)

Gas terurai dalam aliran air yang perlu mendapat perhatian adalah oksigen, disamping karbon dioksida dan nitrogen. Konsentrasi kandungan unsur oksigen dalam aliran air ditentukan oleh besarnya suhu suatu perairan, tekanan dan aktifitas biologi yang berlangsung di dalam air. Dari perspektif biologi, kandungan gas oksigen di dalam air merupakan salah satu unsur penentu karakteristik kualitas air yang terpenting dalam lingkungan kehidupan akuatis (Michael, 1984).

Menurut Kordi dan Andi (2005), Dilihat dari jumlahnya, oksigen (O_2) adalah satu jenis gas terlarut dalam air dengan jumlah yang sangat banyak, yaitu menempati urutan kedua setelah nitrogen. Namun jika dilihat dari segi kepentingan untuk budidaya perairan, oksigen menempati urutan teratas. Oksigen yang diperlukan biota air untuk pernafasannya harus terlarut dalam air. Oksigen merupakan faktor pembatas, sehingga bila ketersediaanya di dalam air tidak mencukupi kebutuhan biota budidaya, maka segala aktifitas biota akan terhambat (Kordi dan Andi, 2005). Menurut Subarijanti (2000), sumber oksigen didalam air berasal dari udara yang masuk ke dalam air secara difusi, hasil fotosintesis dan karena adanya gerakan air.

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini meliputi jaringan insang dan lambung kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) yang terpapar logam berat Timbal Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0 ppm, 10 ppm, 20 ppm dan 30 ppm melalui analisis histopatologi dengan metode pewarnaan Hematoksilin-Eosin (HE). Sedangkan pada parameter pendukung yaitu parameter kualitas air meliputi suhu, oksigen terlarut (DO) serta derajat keasaman (pH).

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen yang dilaksanakan dengan 2 kali pengulangan. Metode eksperimen merupakan suatu tindakan yang dilaksanakan untuk menemukan pengaruh yang belum diketahui untuk menguatkan dan menjelaskan beberapa pendapat atau kebenaran yang diduga (Koentjaraningrat, 1983). Dalam metode eksperimen, observasi dilaksanakan di bawah kondisi buatan (*artificial condition*), yang kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti (Koentjaraningrat, 1983). Data yang diamati digunakan untuk melukiskan atau menggambarkan secara sistematis fakta atau karakteristik tertentu (Hasan, 2002)

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung dilapangan dengan melakukan penelitian (Hasan, 2002). Data primer diperoleh dari pengumpulan data dan mencatat hasil setiap kegiatan yang berlangsung selama penelitian antara lain pemeliharaan kijing, pengukuran kualitas air, pembedahan sampel kijing Taiwan, analisis jaringan insang sebelum pemaparan dan setelah pemaparan logam berat selama 4 hari untuk dianalisis. Pengamatan dan analisis hasil yang diperoleh yaitu berupa gambar jaringan insang dan jaringan lambung kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) melalui analisis histopatologi dengan metode pewarnaan HE.

3.3.2 Data Sekunder

Menurut Hasan (2002), data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang telah melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada. Data ini diperoleh dari perpustakaan atau dari laporan-laporan penelitian terdahulu. Data sekunder didapatkan dari buku-buku literatur, jurnal-jurnal penelitian maupun artikel dari situs internet.

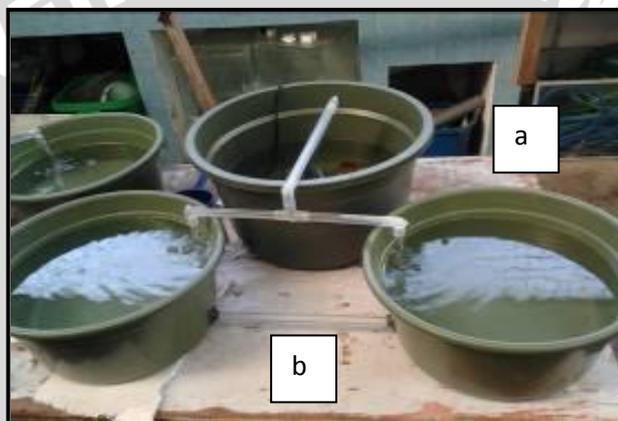
3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari pemeliharaan kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) dan pemaparan logam berat Timbal, pengukuran kualitas air, preparasi dan pembuatan irisan jaringan insang serta jaringan lambung kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) dan analisis histopatologi.

3.4.1 Pemeliharaan Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) dan Pemaparan

Sampel kijing Taiwan didapatkan dari Unit Pengelola Budidaya Air Tawar (UPBAT) Kecamatan Punten, Kota Batu. Kijing Taiwan dipelihara hingga 4 hari

(96 jam) berdasarkan Gervart (1996) ekspresi MT tertinggi selama 4 hari. Pemeliharaan kijing Taiwan selama penelitian di bak besar. Bak tersebut terhubung dengan 2 bak kecil sebagai tempat pemeliharaan ikan mas. Jumlah volume air yang diberikan sebanyak 44 liter setiap rangkaian baknya. Rangkaian bak tersebut terdapat pompa air yang menyalurkan air yang berasal dari bak besar ke bak kecil serta juga sebagai aerasi. Masing – masing bak pada rangkaian tersebut juga dihubungkan dengan pipa kecil yang terletak pada bagian bawah bak seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Rangkaian bak resirkulasi pemeliharaan kijing Taiwan (a). bak kijing Taiwan, (b). bak ikan Mas (Dokumentasi Pribadi)

Prosedur pada penelitian ini adalah mempersiapkan bak yang 8 rangkaian untuk dilakukan 2 kali ulangan dengan sistem resirkulasi untuk 4 dosis ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) berdasarkan hasil LC_{50} tertinggi pada dosis 80,3 ppm. Langkah selanjutnya menimbang [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] 0, 440 mg, 880 mg, 1320 mg untuk konsentrasi [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] 0 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm. Hasil timbangan yang telah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam rangkaian bak berkapasitas 44 liter dan diaduk sampai homogen. Selanjutnya memasukkan hewan uji kijing Taiwan sebanyak 10 ekor terhadap masing-masing rangkaian bak perlakuan (dalam bak). Pada hari ke-1 diambil jaringan insang dan jaringan lambung pada

perlakuan kontrol untuk dianalisis histopatologi sebagai pembanding keadaan jaringan insang dan jaringan lambung sebelum dan sesudah dipapar logam berat Timbal Nitrat ($Pb(NO_3)_2$). Selanjutnya dilakukan pemeriksaan kualitas air sehari sekali selama 4 hari meliputi suhu, pH, oksigen terlarut. Pada hari ke-4 dilakukan pengambilan jaringan insang dan jaringan lambung semua perlakuan untuk dibuat preparat analisis Histologi dengan metode HE (Hematoxylin dan Eosin).

3.4.2 Preparasi dan Proses Pembuatan Irisan Jaringan Insang dan Jaringan Lambung Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

a. Persiapan dan pemotongan jaringan berupa makross

- Memasukkan insang dan lambung kijing Taiwan hasil bedah ke larutan formalin 10 (fiksasi) selama semalam
- Memilih jaringan insang dan lambung kijing Taiwan yang terbaik sesuai dengan yang akan di teliti
- pemotongan jaringan yang telah dipilih dengan ketebalan 2-3 mili meter
- Memasukan kekaset dan di beri kode sesuai dengan kode gross
- Memasukan ke larutan formalin 10 % sebelum di proses / dimasukan ke alat *Tissue Tex Prosesor* selama 90 menit
- Jika alarm bunyi, berarti persiapan jaringan tanda selesai.

b. Proses pengeblokan dan pemotongan jaringan

- Pengambilan jaringan yang telah dimasukkan ke mesin *Tissue Tex Prosesor*
- Pengeblokan jaringan di blok dengan paraffin sesuai kode jaringan
- Pemotongan jaringan dengan alat *microtome* ketebalan 3-5 mikron

c. Proses deparafinisasi

- Pemotongan jaringan insang dan lambung kijing Taiwan menggunakan alat *microtome* dengan ketebalan 3-5 mikron, menaruhnya dalam oven selama

30 menit dengan suhu panas 70-80^o C, kemudian memasukkannya ke dalam 2 tabung larutan sylol masing-masing 20 menit, setelah itu memasukkannya ke 4 tabung alkohol masing-masing tempat 3 menit (*Hidras*), dan yang terakhir dibilas dengan air mengalir selama 15 menit.

d. Pewarnaan histopatologi (HE)

Pembuatan preparat jaringan insang dan lambung kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) menggunakan teknik pewarnaan HE (Hematoxyline-Eosin) dengan urutan:

- Cat utama menggunakan Harris Hematoksilin selama 10-15 menit
- Cuci dengan air mengalir selama 15 menit
- celupkan ke dalam alkohol asam 1 % sebanyak 2-5 celup
- celupkan lagi ke dalam amonia air sebanyak 3-5 celup
- Pemberian cat pembeding menggunakan Eosin 1% selama 10-15 menit

e. Proses *Dehidrasi* :

Dehidrasi adalah proses penarikan air dalam jaringan dengan menggunakan alkohol. Proses ini melalui empat kali tahapan pengulangan pencelupan dengan menggunakan presentase alkohol yang berbeda diantaranya:

- Alkohol 70% selama 3 menit
- Alkohol 80% selama 3 menit
- Alkohol 96% selama 3 menit
- Alkohol Absolut selama 3 menit

f. Proses Penjernihan (*Clearing*) :

- Dichelup dengan *Xylol* (I) selama 60 menit
- Dichelup dengan *Xylol* (II) selama 60 menit

- g. *Mounting* dan *labeling* penutupan preparat jaringan insang dan lambung kijing Taiwan dengan menggunakan kaca penutup (*coverglass*) dan memberi kode identitas pada preparat organ insang dan lambung sesuai dengan perlakuan
- Biarkan slide kering pada suhu ruangan
 - Setelah slide kering siap untuk diamati
- h. Pengamatan jaringan pada organ insang dan lambung dengan menggunakan mikroskop binokuler merk Olympus BX41 dan difoto menggunakan kamera digital merk Olympus tipe CX21FS

3.4.3 Analisis Histopatologi

a) Pengamatan Kerusakan yang terjadi

Potongan jaringan insang dan lambung tersebut diwarnai dengan hemaktosilin dan eosin. Irisan tipis kemudian diperiksa menggunakan mikroskop cahaya Hasil yang diperoleh kemudian diamati dengan cara mengamati, menganalisis serta mengidentifikasi jenis dan tingkat kerusakan pada jaringan insang dan jaringan lambung kijing Taiwan yang terpapar logam berat timbal nitrat ($Pb(NO_3)_2$) pada konsentrasi pemaparan yang berbeda yaitu 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm dan menggunakan aplikasi master OlyVIA sebagai pengganti mikroskop.

b) Prosentase Kerusakan

Setelah preparat insang dan lambung kijing Taiwan yang dipapar $Pb(NO_3)_2$ dengan dosis 0 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm selama 4 hari maka langkah selanjutnya yaitu pengamatan untuk melihat jenis kerusakan dan melakukan perhitungan jumlah kerusakan. Prosentase kerusakan organ dihitung berdasarkan metode yang digunakan yaitu :

$$\text{Persentase Kerusakan} = \frac{\text{Jumlah jaringan yang rusak}}{\text{Jumlah jaringan yang dianalisis}} \times 100\%$$

Rumus tersebut diperoleh dari pengamatan jaringan insang dan lambung kijing Taiwan dengan menggunakan satu bidang pandang dengan 2 kali pengulangan sehingga didapatkan sebanyak 2 bidang pandang dan menggunakan aplikasi master OlyVIA sebagai pengganti mikroskop. Dalam satu bidang pandang tersebut dibagi menjadi beberapa kotak dan dihitung tiap kotak yang mengalami kerusakan kemudian dicatat sebagai jumlah jaringan yang rusak. Kotak yang mewakili jaringan dicatat sebagai jumlah jaringan yang dianalisis.

3.4.4 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Kualitas air merupakan faktor terpenting dalam pemeliharaan organisme perairan. Pengelolaan kualitas air adalah salah satu usaha untuk menstabilkan parameter lingkungan yang sesuai dan dibutuhkan oleh organisme. Berikut prosedur pengukuran kualitas air berdasarkan Hariyadi, *et al.* (1992).

a) Suhu

Pengukuran suhu dengan menggunakan alat yaitu termometer Hg dilakukan dengan langkah-langkah antara lain :

- a. Memasukkan Thermometer Hg ke dalam perairan dan ditunggu beberapa saat sampai air raksa didalam Thermometer Hg Menunjukkan skala tertentu,
- b. Membaca skala pada Thermometer Hg saat masih didalam perairan dan jangan sampai tangan menyentuh bagian tubuh Thermometer.
- c. Mencatat skala yang ditunjukkan oleh Themometer Hg dalam satuan $^{\circ}\text{C}$,

3.4.4.1 pH

Pengukuran pH dengan menggunakan alat yaitu pH paper Merck dilakukan dengan langkah-langkah antara lain:

- a. Mencilupkan pH paper ke dalam perairan
- b. Mendinginkan selama kurang lebih 2 menit
- c. Mengangkat dan mengibaskan sampai setengah kering
- d. Mencocokkan dengan skala 1-14 yang tertera pada kotak pH standar
- e. Mencatat hasil pengukurannya

3.4.4.2 Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran oksigen terlarut (DO) dengan menggunakan alat yaitu DO meter. Pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan langkah-langkah antara lain:

- a. Menyiapkan DO meter
- b. Mengkalibrasi terlebih dahulu DO meter dengan aquadest sebelum digunakan dengan membilas electrode (sensor) dengan aquadest lalu dilap dengan tissue
- c. Memasukkan ujung electrode ke dalam sampel air
- d. Mencatat hasil yang tertera pada DO meter

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

Kijing yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis Kijing Taiwan. Kijing tersebut tampak berwarna hijau tua berwarna hijau kebiru-biruan dan kecoklat-coklatan yang simetri bilateral yang terdiri dari bagian kanan dan bagian kiri. Menurut Ayuningrat (2009) Kedua keping cangkang kerang ini cembung, serta terdiri dari tiga lapis, meliputi lapisan luar yang mengandung zat tanduk, lapisan tengah berupa kristal kalsium karbonat dan lapisan dalam sebagai lapisan mutiara yang mengandung kalsium karbonat dan dapat memantulkan cahaya. Pada bagian dorsal cangkang terdapat *hinge-ligament* yang merupakan tempat pertautan dari kedua cangkang dan pada bagian anterior ligament terdapat penonjolan yang disebut umbo. Alat pencernaannya berturut-turut terdiri dari mulut yang tidak berahang atau bergigi, sepasang labial palps yang bersilia, esofagus, lambung, usus, rektum, dan anus. Dalam tubuh kerang terdapat pula hati yang menyelubungi dinding lambung, ginjal, pembuluh darah, dan pembuluh urat saraf (Wilda, 1999). Gambar kijing yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 5. Kijing Taiwan yang digunakan dalam penelitian (*Dokumentasi pribadi*)

Lingkungan yang cocok untuk habitat kijing Taiwan adalah dasar perairan yang berupa lumpur dengan pasir atau sedimen yang membentuk lapisan tanah (Ayuningrat, 2009) sehingga Kijing yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dasar kolam budidaya yang berada di Balai Benih Ikan (BBI) Punten, Batu, Jawa Timur.

4.2 Pengaruh Pemberian Logam Berat Timbal Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) terhadap Kondisi Morfologis Kijing Taiwan

Peningkatan kadar logam berat akan mengakibatkan menjadi racun dalam proses-proses metabolisme organisme (Sudarwin, 2008). Logam berat mempunyai kemampuan untuk berikatan dengan enzim. ikatan ini dapat terjadi karena logam berat mempunyai kemampuan untuk menggantikan gugus logam yang berfungsi sebagai kofaktor enzim. Hal ini menyebabkan enzim tidak berfungsi sebagaimana mestinya dan akhirnya timbul penyakit sebagai manifestasi keracunan logam berat (Untari, 2001).

Pengamatan kondisi kijing sebagai hewan uji dalam pemaparan timbal nitrat selama 4 hari pada masing-masing konsentrasi (0 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm) tidak ditemukan adanya kijing yang mati karena kijing masih dapat beradaptasi terhadap pemaparan sehingga kijing tersebut masih dapat bertahan hidup pada masing-masing dosis pemaparan. Kemampuan adaptasi kijing Taiwan terhadap tingginya kandungan tersebut karena perannya sebagai bioindikator dan bioremediator di dalam perairan yang memiliki kemampuan yang baik dalam penyerapan cemaran logam berat dalam limbah cair. Sekaligus kijing juga sangat peka dalam memantau perubahan-perubahan air akibat cemaran logam berat karena cemaran logam berat tersebut akan terakumulasi dalam tubuh kijing tersebut (Fitriawan, 2010). Kondisi kijing Taiwan setelah diberikan pemaparan timbale nitrat disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Morfologis kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) setelah Pemaparan Timbal Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) Selama 96 Jam

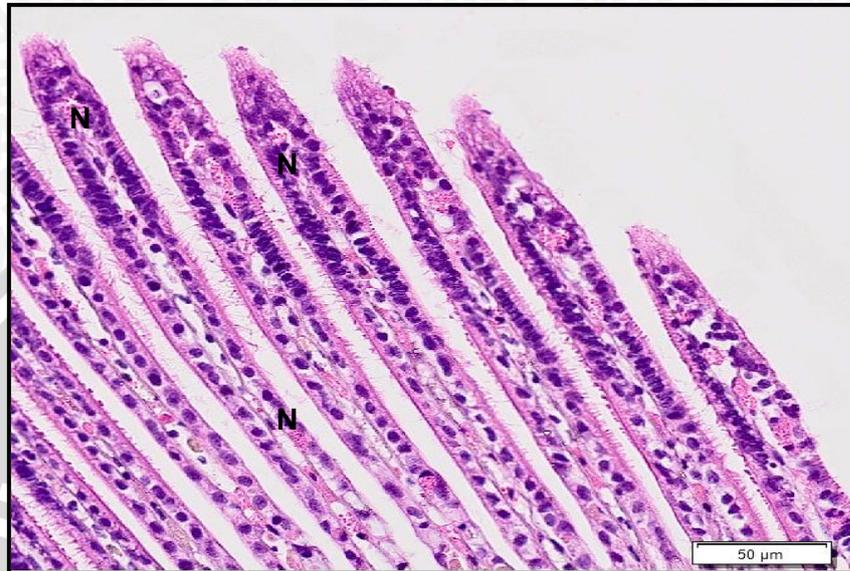
Konsentrasi (ppm)	Kondisi Kijing Taiwan	Gambar
0	<ul style="list-style-type: none"> - Cangkang kijing kuat - Bagian organ dalam kijing berwarna segar - Tidak terdapat lendir 	
10	<ul style="list-style-type: none"> - Cangkang kijing masih kuat - Bagian dalam organ berwarna segar - Insang agak kuning pucat - Terdapat sedikit lendir 	
20	<ul style="list-style-type: none"> - Cangkang sedikit rapuh - Bagian dalam organ berwarna pucat - Mantel mudah mengelupas - Insang kuning kecoklatan - Terdapat lendir yang lebih banyak dari konsentrasi 10 ppm - Cenderung sering membuka cangkang (maribun) 	
30	<ul style="list-style-type: none"> - Cangkang sangat rapuh - Bagian dalam organ berwarna pucat - Mantel mudah mengelupas - Insang kuning kecoklatan - Terdapat lendir yang sangat banyak - Cenderung sering membuka cangkang (maribun) 	

4.3 Analisis Histologi Insang dan Lambung Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

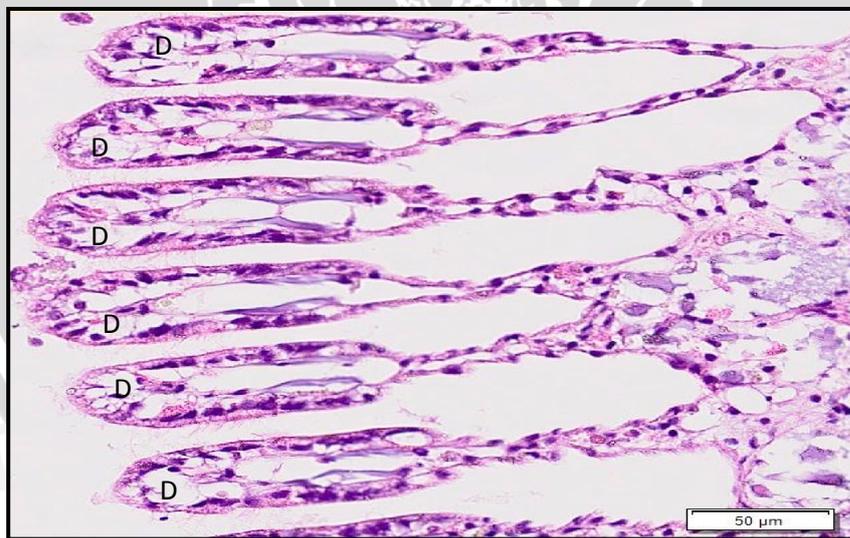
Menurut Metelev dan Dzasokhova (1983), untuk mendiagnosis organisme yang mengalami keracunan dapat dilakukan pengamatan secara histologi. Uji pengaruh pemaparan timbal nitrat ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara histologi terhadap insang dan lambung kijing Taiwan

4.3.1 Histologi Jaringan Insang Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

Perubahan jaringan insang dapat dilihat pada Lampiran 6. Gambar 6 menunjukkan insang normal terlihat susunan lamella insang masih tersusun baik.



Gambar 6. Gambar insang kijing Taiwan pada pemaparan 0 ppm pada skala 50 µm, (pembesaran 400x, mikroskop Olympus BX 41, kamera Olympus DP 20) N : Normal



Gambar 7. Gambar insang kijing Taiwan pada pemaparan 10 ppm pada skala 50µm, (pembesaran 400x, mikroskop Olympus BX 41, kamera Olympus DP 20) Keterangan dari gambar kerusakan histologi insang Kijing Taiwan yaitu sebagai berikut: (D). edema atau pembengkakan sel atau pembendungan cairan yang berlebih pada suatu jaringan tubuh.

Gambar 8 menunjukkan bahwa pada konsentrasi dosis pemaparan timbal sebesar 10 ppm insang kijing Taiwan mengalami *edema* pada sel epitel. Hal tersebut ditandai dengan terlihat seperti banyak gelembung-gelembung yang memenuhi lamella sehingga terlihat seperti bengkak. Banyaknya gelembung yang membendung pada lamella mengakibatkan membran basal terlihat mulai terhimpit dan mengecil akibat dari tekanan gelembung tersebut. Pembendungan oleh gelembung pada lamella tersebut juga mengakibatkan susunan sel epitel berantakan dan jarak antara sel epitel satu dengan yang lainnya merenggang hingga tidak beraturan sehingga menyebabkan fungsi insang sebagai transport ion pada sel epitel mulai mengalami gangguan sehingga metabolisme tubuh mulai tidak seimbang. *Edema* merupakan pembengkakan sel atau penimbunan cairan secara berlebihan di dalam jaringan tubuh (Laksman, 2003).

Menurut Widayati, *et al.* (2011), edema terjadi sebagai bentuk adaptasi sel untuk bertahan hidup akibat pengaruh dari bahan toksik. Berkurangnya jumlah pasokan ATP dalam sel insang akan memicu terjadinya kegagalan beberapa fungsi pompa ion, seperti ion Na^+ , K^+ dan Ca^{2+} . Dimana kegagalan pompa-pompa ion tersebut akan menyebabkan peningkatan jumlah ion (Na^+ dan Ca^{2+}) di dalam sel sehingga sel menjadi pekat. Pekatnya sel kemudian memicu masuknya cairan ekstraseluler ke dalam sel secara osmosis dan akhirnya sel membengkak (*edema*). Dalam penelitian ini terjadinya *edema* disebabkan karena masuknya logam berat timbal ke dalam insang kijing Taiwan yang menyebabkan lamella menjadi infeksi sehingga lamella akan membengkak. Secara umum cedera epitel insang terjadi karena untuk menanggapi polutan ekstrim di lingkungan. sekresi aktif mukosa insang tergantung pada konsentrasi polusi dan paparan periode (Harjono, 1996).



Gambar 8. Gambar insang kijing Taiwan pada pemaparan 20 ppm pada skala 50 μ m, (pembesaran 400x, mikroskop Olympus BX 41, kamera Olympus DP 20) Keterangan dari gambar kerusakan histologi insang Kijing Taiwan yaitu sebagai berikut: (A). Lisis, (B). Hiperplasia atau merupakan suatu proses pembentukan jaringan secara berlebihan karena bertambahnya jumlah sel, (D). Edema atau pembengkakan sel atau pembendungan cairan yang berlebih pada suatu jaringan tubuh, (E). Atropi atau penyusutan sel.

Gambar 9 menunjukkan pada konsentrasi dosis pemaparan timbal sebesar 20 ppm insang mengalami perubahan mikroanatomi secara *edema*, *Hiperplasia*, *atropi*, dan *lisis*. Membran basal serta pada dinding lamella terlihat terjadi *edema* yang ditandai dengan adanya gelembung yang membendung daerah tersebut dan menyebabkan pembelahan sel menjadi tidak terkontrol. *Hiperplasia* sel pada lamella insang diawali dengan beberapa kejadian diantaranya *edema* dan lepasnya sel-sel epitel pada lamella insang (Widayati, 2008). Sebagian sel epitel tampak pada Gambar 9 mengalami penyusutan. *Atropi* disebabkan oleh aktivitas proses respirasi tidak berjalan sempurna sehingga kebutuhan oksigen pada sel tidak terpenuhi secara optimal dan menyebabkan penyusutan baik jumlah maupun ukuran sel atau jaringan.

Pembendungan oleh gelembung (*edema* pada sel epitel) serta adanya pertumbuhan sel epitel yang tidak terkontrol (*hiperplasia*) mengakibatkan ujung lamella membengkak dan secara perlahan tidak mampu menahan tekanan pertumbuhan yang tidak terkontrol oleh sel epitel yang mengisi bagian ujung dari lamella sehingga menyebabkan ujung lamella mengalami *lisis* atau pecah. *Hiperplasia* diakibatkan oleh edema yang berlebihan sehingga sel keluar dan sel akan lepas dari penyokongnya (Laksman, 2003). Pecahnya beberapa lamella pada insang kijing Taiwan menunjukkan bahwa batas akhir insang kijing Taiwan untuk mampu mentolerir senyawa toksik logam berat, sehingga kijing Taiwan tidak mampu lagi memperbaiki kerusakan yang terjadi pada insang dan kerusakan yang terjadi pada insang lebih kompleks.



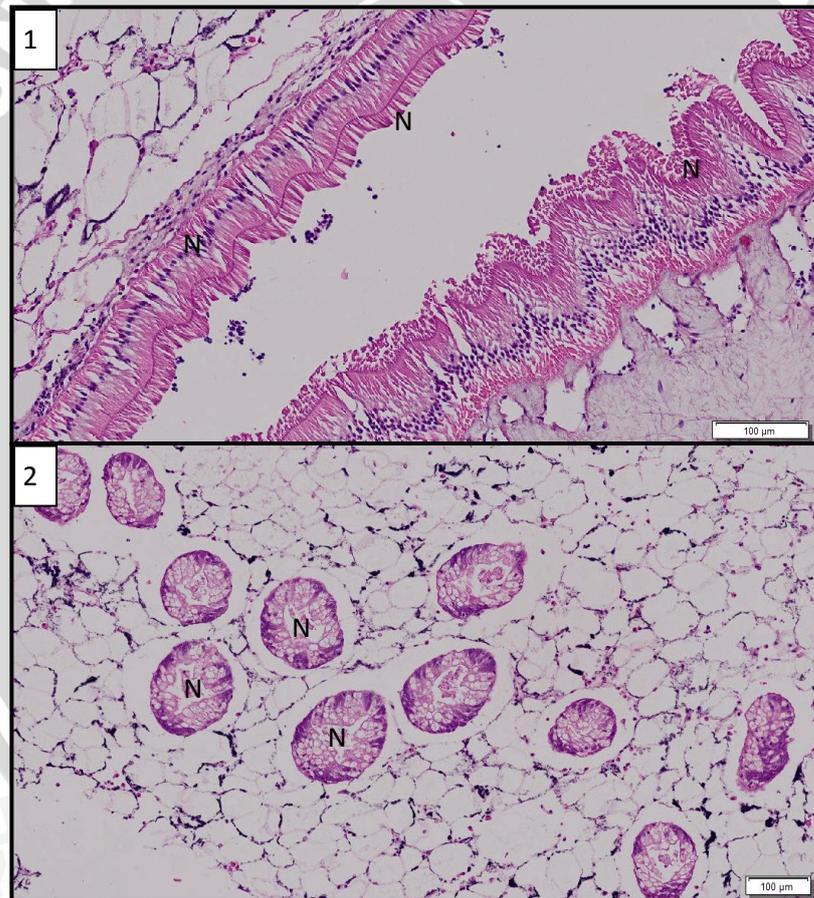
Gambar 9. Gambar insang kijing Taiwan pada pemaparan 30 ppm pada skala 50 μ m, (pembesaran 400x, mikroskop Olympus BX 41, kamera Olympus DP 20) Keterangan dari gambar kerusakan histologi insang Kijing Taiwan yaitu sebagai berikut: (A). Lisis, (B). Hiperplasia atau merupakan suatu proses pembentukan jaringan secara berlebihan karena bertambahnya jumlah sel, (D). Edema atau pembengkakan sel atau pembendungan cairan yang berlebih pada suatu jaringan tubuh, (E). Atropi atau penyusutan sel, (F). Nekrosis.

Gambar 10 menunjukkan struktur insang kijing Taiwan pada dosis pemaparan 30 ppm mengalami *lisis*, *hiperplasia*, *edema*, *atrofi*, dan *nekrosis*. Lamella insang tidak berbentuk utuh lagi karena disebabkan oleh lamella insang tidak mampu beradaptasi dengan tingginya kadar logam berat, sehingga pada lamella banyak yang mengalami lisis atau pecah. Pecahnya lamella juga dipengaruhi oleh *hiperplasia* pada sel epitel. Pecahnya sel menyebabkan disfungsi insang sehingga sel serta jaringan banyak mengalami kerusakan yang parah atau *nekrosis* pada lamella. *Nekrosis* adalah kematian sel yang terjadi karena *hiperplasia* berlebihan, sehingga jaringan insang tidak berbentuk utuh lagi atau dengan kata lain *nekrosis* terjadi diiringi dengan kematian suatu biota (Laksman, 2003). Kerusakan yang parah pada insang kijing Taiwan pada dosis tertinggi yaitu 30 ppm disebabkan karena pada dosis tersebut kijing Taiwan tidak mampu lagi mentolerir sifat toksik dari logam berat. Kerusakan yang parah juga diakibatkan karena insang tidak mampu lagi memperbaiki kerusakan sel yang terjadi. Sel yang mengalami *nekrosis* akan lepas dari jaringan penyokongnya (membran basalis) dan menyebabkan jaringan yang berada di dekatnya menjadi rentan terhadap iritan (Widayati *et al.*, 2011).

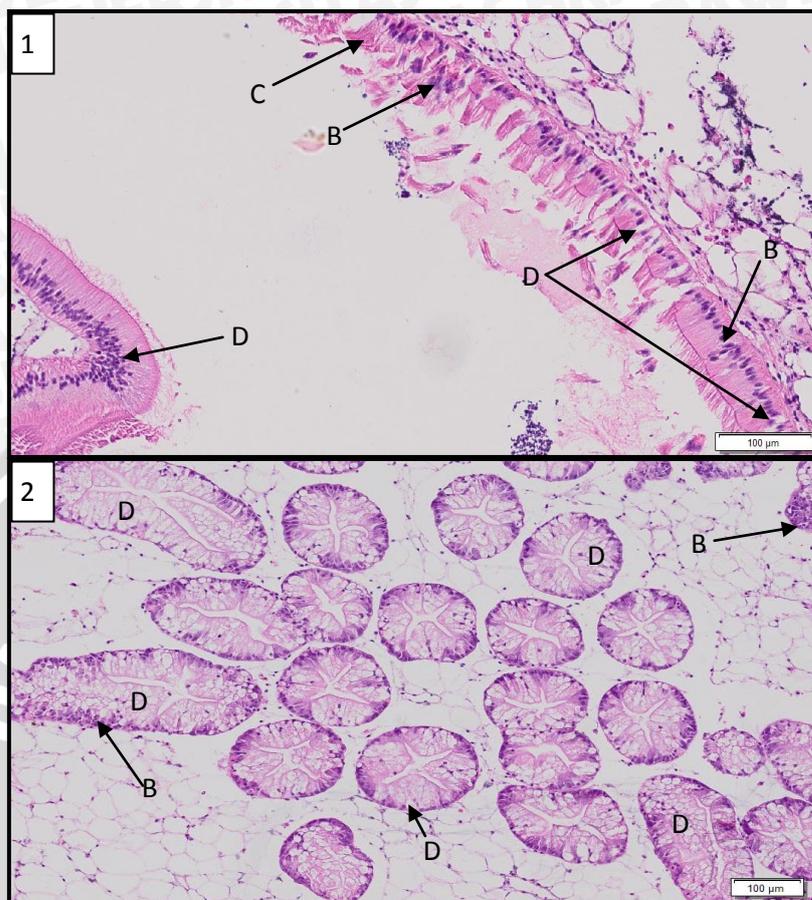
4.3.2 Histologi Jaringan Lambung kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

Pada tubuh kijing Taiwan logam berat Pb akan terakumulasi pada saluran pencernaannya salah satunya yaitu lambung. Proses pencernaan kijing Taiwan terjadi di lambung dan dilanjutkan proses pencernaan enzim didalam *digestive diverticula*. jaringan lambung setelah dilakukan pemaparan timbal mengalami perubahan struktur epitel lambung dan *digestive diverticula*, hal tersebut merupakan respon iritan dari jaringan lambung. Perubahan jaringan epitel lambung dan *digestive diverticula* dapat dilihat pada lampiran 7 dan 8.

Hasil pengamatan lambung pada dosis pemaparan 0 ppm (kontrol), Irisan lambung kijang Taiwan sebelum diberikan pemaparan secara umum bagian luarnya lonjong dan bagian dalam berlekuk-lekuk. Silia tersusun berjajar rapi menyebar diatas permukaan dinding lambung. Sel epitel pada dinding lambung tidak terjadi kerusakan. Hal tersebut ditandai dengan sel epitel lambung tersusun secara baik. *Digestive diverticula* berbentuk bulat atau lonjong berada menyebar di bagian luar dari perut dan juga tidak mengalami tanda-tanda kerusakan. Hal ini terlihat bahwa lambung kijang masih dalam keadaan baik dan belum terjadi kerusakan. Histologi insang kijang Taiwan normal disajikan pada Gambar 11.



Gambar 10. Gambar lambung kijang Taiwan pada pemaparan 0 ppm pada skala 100 µm, (pembesaran 400x, mikroskop Olympus BX 41, kamera Olympus DP 20) (1). Bagian epitel lambung, (2). *Digestive diverticula*, N : Normal.

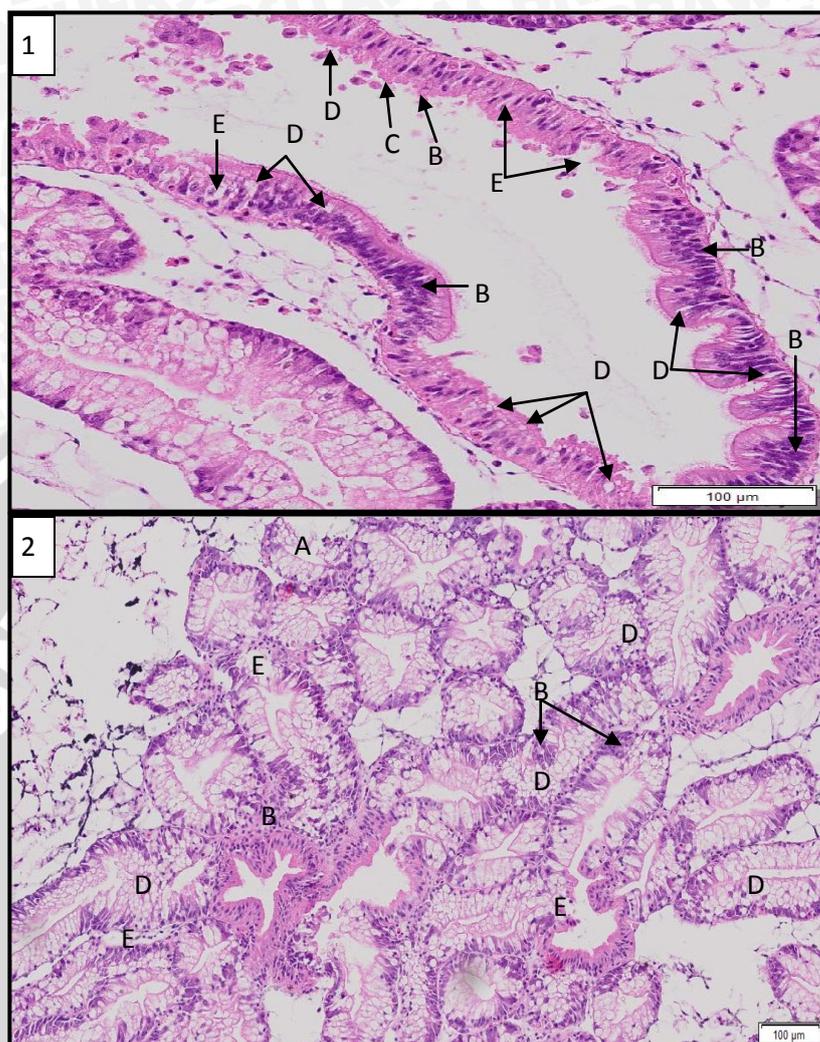


Gambar 11. Gambar lambung kijing Taiwan pada pemaparan 10 ppm pada skala 100 µm, (pembesaran 400x, mikroskop Olympus BX 41, kamera Olympus DP 20) (1). Bagian epitel lambung, (2). Digestive Diverticula, Keterangan dari gambar kerusakan histologi lambung dan digestive diverticula Kijing Taiwan yaitu sebagai berikut: (B). Hiperplasia atau merupakan suatu proses pembentukan jaringan secara berlebihan karena bertambahnya jumlah sel, (C). Fusi atau pertumbuhan sel yang tidak terkontrol, (D). Edema atau pembengkakan sel atau pembendungan cairan yang berlebih pada suatu jaringan tubuh.

Gambar 12 (1) menunjukkan pada konsentrasi dosis pemaparan timbal sebesar 10 ppm, lambung kijing Taiwan mengalami *edema*, *hiperplasia*, dan *fusi*. Pada lambung terdapat jaringan yang memiliki fungsi untuk mengikat serta menyokong bagian jaringan yang lain (Mitchellet *et al.*,1998). Jaringan ikat pada lambung terlihat mulai terjadi perenggangan jika dibandingkan dengan dosis 0 ppm. Hal tersebut pada dosis pemaparan 10 ppm mulai merespon sifat toksik

dari logam berat. Lambung memiliki *columnar epithel cells*. Sel-sel epitel kolom pada organ pencernaan bersifat eosinofilik dengan inti elips. Sel epitel pada lambung mulai terjadi pembengkakan sehingga lapisan dasar silia seperti ada gelembung yang membendung, sehingga pada lapisan dinding sel terlihat seperti menebal. Menebalnya dinding sel (*edema*) juga diakibatkan adanya pertumbuhan jumlah sel epitel tidak terkontrol (*hiperplasia*). Pertumbuhan tidak terkontrol pada sel epitel lambung karena sifat yang dimiliki oleh sel epitel tersebut yaitu bersifat eosinofil (Andrew dan Stephen, 2014). Eosinofil merupakan sifat imun pada tubuh terhadap senyawa yang bersifat toksik. Pada susunan silia mulai terlihat mulai tidak teratur. Silia pada lambung kijang Taiwan juga terlihat adanya penebalan sehingga mengakibatkan terjadinya fusi pada silia (Mitchellet *et al.*,1998).

Gambar 12 (2) menunjukkan pada pada *digestive diverticula* mengalami edema yang ditandai dengan *digestive diverticula* terlihat terdapat banyak rongga yang mengisi *digestive diverticula* dan menyebabkan tampak seperti membengkak (*edema*). Pembengkakan tersebut merupakan respon gangguan yang terjadi pada sel pencernaan gelembung (*vesiculated digestive cell*). Sehingga selanjutnya pada beberapa *digestive diverticula* mulai terjadi peningkatan pembentukan sel basofil (*basiphil cell*) yang tidak terkontrol (*hiperplasia*) yang terlihat seperti tumpukan titik sel. Pembentukan sel basofil tersebut merupakan respon atau penyesuaian *digestive diverticula* terhadap sifat toksik logam berat yang mulai mengakumulasi pada *digestive diverticula* tersebut. Basofil adalah sejenis sel darah putih selama jumlahnya meningkat pada reaksi respon kekebalan tubuh (Mitchellet *et al.*,1998).

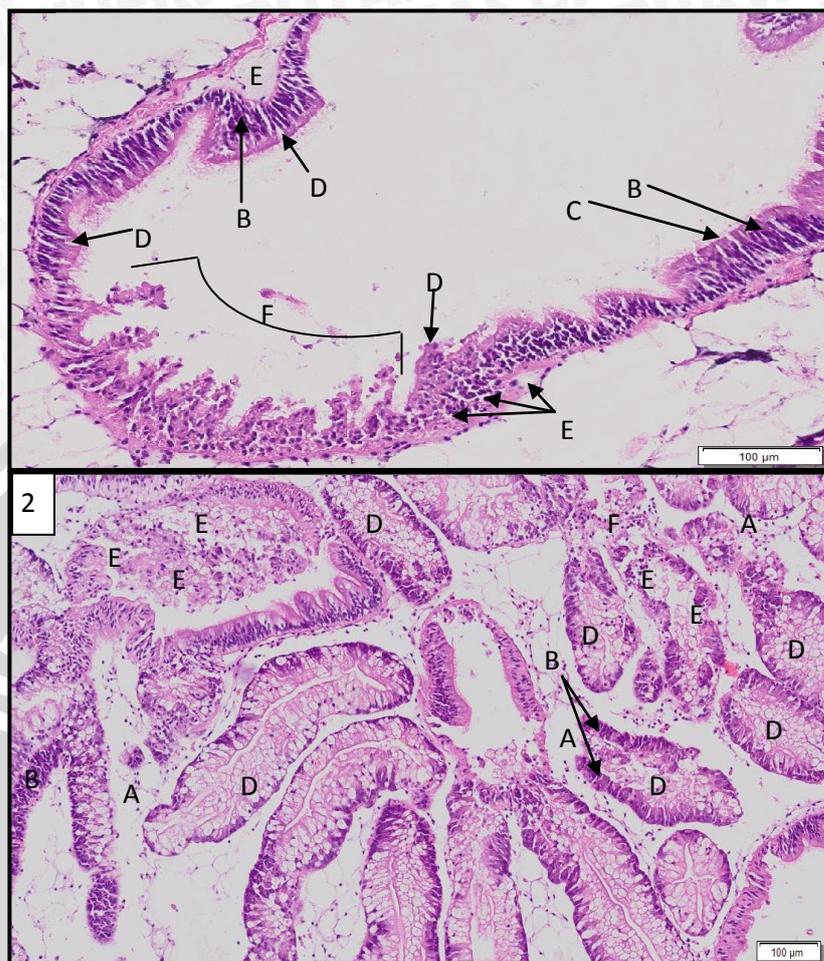


Gambar 12. Gambar lambung kijing Taiwan pada pemaparan 20 ppm pada skala 100 µm, (pembesaran 400x, mikroskop Olympus BX 41, kamera Olympus DP 20) (1). Bagian epitel lambung, (2). Digestive Diverticula, Keterangan dari gambar kerusakan histologi lambung dan digestive diverticula Kijing Taiwan yaitu sebagai berikut: (A). Lisis, (B). Hiperplasia atau merupakan suatu proses pembentukan jaringan secara berlebihan karena bertambahnya jumlah sel, (C). Fusi atau pertumbuhan sel yang tidak terkontrol, (D). Edema atau pembengkakan sel atau pembendungan cairan yang berlebih pada suatu jaringan tubuh, (E). Atropi atau penyusutan sel.

Pada konsentrasi dosis pemaparan timbal sebesar 20 ppm. lambung mengalami edema, Hiperplasia, dan fusi. Sedangkan pada digestive diverticula mengalami edema, Hiperplasia, nekrosis, dan lisis. Gambar 13 (1) menunjukkan

bahwa terjadi penebalan dinding lambung yang ditandai dengan banyaknya rongga yang membendung dibagian dasar dari silia. Pembengkaknya (*edema*) tersebut dikarenakan lambung mengalami respon racun dari logam berat. Sel epitel mengalami pertumbuhan yang tidak terkontrol (*hiperplasia*) dan mengakibatkan terjadinya penebalan dinding lambung. Silia juga mengalami *edema* disertai pada beberapa bagian lambung terlihat dengan pembentukan silia yang tidak teratur. Secara perlahan tumpukan deretan silia akan bergabung menjadi satu dan terjadi fusi. Pada beberapa bagian tampak dinding lambung terlihat menipis. Hal tersebut diakibatkan silia dan sel epitel mulai mengalami penyusutan (*atropi*). *Atropi* pada sel epitel merupakan bentuk reaksi adaptif terhadap zat toksik yang menyebabkan aktivitas pencernaan tidak berjalan sempurna sehingga kebutuhan pasokan nutrisi serta hormon tidak mencukupi (Sarjadi, 1999).

Gambar 13 (2) menunjukkan bahwa pada *digestive diverticula* mengalami *edema* bagian dalam sel gelembung pencernaan (*vesiculated digestive cell*) sehingga seperti banyak terdapat rongga didalamnya. Beberapa sel basofil terlihat terjadi penyusutan (*atropi*) sehingga menyebabkan pengikisan pada bagian dinding *digestive diverticula*. Pertumbuhan sel basofil yang tak teratur juga terlihat seperti tumpukan titik yang berkumpul dan mengisi ruang secara tidak teratur. Sel basofil pada *digestive diverticula* tidak mampu lagi menahan iritan yang ditimbulkan oleh sifat toksik logam berat sehingga pertumbuhan sel basofil dan pembengkakan sel gelembung pencernaan (*vesiculated digestive cells*) tersebut memicu pecahnya bagian *digestive diverticula* dan terjadinya nekrosis. Suatu respon organisme terhadap patogen dan alterasi mekanis dalam jaringan, berupa rangkaian reaksi yang terjadi pada tempat jaringan yang mengalami cedera (Underwood, 1996).



Gambar 13. Gambar lambung kijang Taiwan pada pemaparan 30 ppm pada skala 100 µm, (pembesaran 400x, mikroskop Olympus BX 41, kamera Olympus DP 20) (1). Bagian epitel lambung, (2). Digestive Diverticula, Keterangan dari gambar kerusakan histologi lambung dan digestive diverticula Kijang Taiwan yaitu sebagai berikut: (A). Lisis, (B). Hiperplasia atau merupakan suatu proses pembentukan jaringan secara berlebihan karena bertambahnya jumlah sel, (C). Fusi atau pertumbuhan sel yang tidak terkontrol, (D). Edema atau pembengkakan sel atau pembendungan cairan yang berlebih pada suatu jaringan tubuh, (E). Atropi atau penyusutan sel, (F). Nekrosis.

Pada konsentrasi dosis pemaparan timbal sebesar 30 ppm lambung mengalami kerusakan yang sangat parah. Lambung mengalami *edema*, *hiperplasia*, *atropi*, *fusi*, dan *nekrosis* sedangkan pada *digestive diverticula* mengalami *lisis*, *hiperplasia*, *edema atropi* dan *nekrosis*. Gambar 14 (1) menunjukkan kerusakan pada dinding lambung sangat parah. Tingginya kadar

dosis logam berat menyebabkan lambung tidak mampu memperbaiki kerusakan-kerusakan yang terjadi di lambung sehingga kerusakan semakin parah dan menyebabkan nekrosis pada dinding lambung. Silia pada lambung tidak berbentuk utuh dan tidak beraturan. Terjadi edema sel epitel yang tinggi serta pembentukan sel epitel yang berlebih (*hiperplasia*) menyebabkan dinding lambung menebal. Hal tersebut disebabkan respon iritan dari yang masuk ke lambung dan menyebabkan penurunan fungsi sistem pencernaan pada lambung. Beberapa bagian dari lambung terjadi penyusutan (*atrofi*) sel epitel pada dinding lambung. *Atrofi* terjadi dengan ditandai menyusutnya jumlah sel serta dengan penyusutan yang terjadi secara perlahan akan menyebabkan terjadinya nekrosis pada lambung. *Edema* pada sel epitel dan penyusutan sel atau jaringan di lambung menyebabkan sel epitel keluar dari membran penyokong serta menyebabkan disfungsi organ lambung sehingga menyebabkan dinding lambung terjadi terlihat menyusut karena keluarnya sel epitel tersebut dan menyebabkan struktur dinding lambung tidak berbentuk utuh lagi karena mengalami kerusakan yang sangat parah atau nekrosis.

Kerusakan membran sel dapat menghambat masuknya zat-zat ke dalam sel, dan zat-zat dalam sel seperti ion organik, enzim dan asam amino dapat keluar dari sel. Enzim yang keluar dari sel bersama zat-zat tersebut akan menghambat metabolisme sel. Hal tersebut akhirnya akan mengakibatkan terjadinya kematian sel (*nekrosis*) (Lesmana et al., 2013). Kematian sel dan jaringan pada organisme hidup yang terjadi akibat cedera sel. Hasilnya adalah secara histologi, jaringan masih mempertahankan bentuk luarnya sampai beberapa waktu setelah jaringan mengalami kerusakan disingkirkan dengan fagositosis (atau permukaannya melebur), dan kemudian mengalami perbaikan jaringan (Underwood, 1996).

Kerusakan yang parah akibat iritan sifat toksik dari logam berat juga dialami oleh *digestive diverticula*. Hiperplasia yang ditandai dengan meningkatnya jumlah sel basofil yang terlihat kumpulan titik-titik sel dan pada sel gelembung pencernaan (*vesiculated digestive cell*) terjadi secara dominan pada *digestive diverticula*. Penyusutan sel dan jaringan pun terjadi yang ditunjukkan oleh gambar 14 (2) yang ditandai dengan mengecilnya ukuran maupun jumlah jaringan dan sel pada *digestive diverticula* sehingga terlihat seperti menciut. Kematian sel atau jaringan *digestive diverticula* ditandai dengan bentuk serta ukuran dari beberapa *digestive diverticula* tidak sesuai dengan struktur awalnya yang disebabkan oleh terjadinya pembengkakan pada sel gelembung pencernaan (*vesiculated digestive cell*) yang terlihat pada bagian *digestive diverticula* seperti membengkak yang ditandai dengan ada banyaknya rongga yang memenuhi *digestive diverticula*.

Penyusutan sel basofil menyebabkan *digestive diverticula* mengalami lisis yang ditandai keluarnya sel basofil dari *digestive diverticula*. Pecahnya *digestive diverticula* menyebabkan kerusakan yang parah seperti kematian sel pada *digestive diverticula* dan mengakibatkan kematian bagi kijang Taiwan karena terjadi disfungsi pada *digestive diverticula*. Pada lambung dan *digestive diverticula* juga tampak seperti adanya kerusakan yang menyebabkan pada beberapa bagian tersebut tidak berbentuk seperti pada awalnya yang menyebabkan terjadi disfungsi pada organ lambung serta *digestive diverticula*. Uji struktural kerusakan sel menunjukkan bahwa ada pembesaran sel-sel *digestive diverticula* yang mengakibatkan struktur sel epitel membesar. pembesaran sel mengakibatkan peningkatan keseluruhan volume sel karena pembentukan lisosom membesar atau raksasa. kemudian menyebabkan atrofi sel pencernaan dan terjadi nekrosis (Pillai, 1993).

4.4 Prosentase Kerusakan Jaringan Insang dan Lambung Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

4.4.1 Prosentase Kerusakan Insang Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

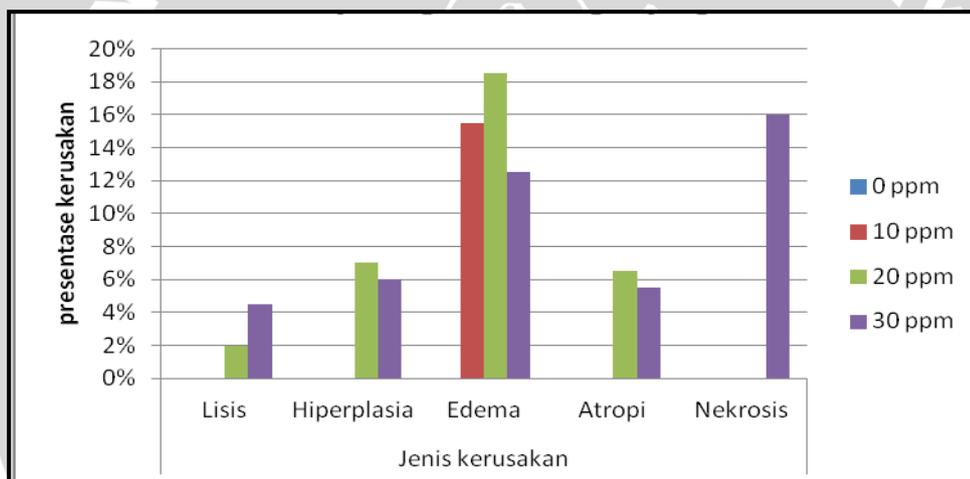
Prosentase kerusakan jaringan insang berdasarkan analisis histologi didapatkan tingkat kerusakan jaringan insang yang berbeda di masing-masing dosis pemaparan. Tingkat kerusakan pada jaringan insang kijing Taiwan dengan konsentrasi dosis pemaparan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Prosentase kerusakan insang kijing Taiwan

Dosis	Jenis kerusakan															
	Lisis		Rata-Rata	Hiperplasia		Rata-Rata	Edema		Rata-Rata	Atropi		Rata-Rata	Nekrosis		Rata-Rata	Total kerusakan
	1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		
0 ppm	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	0%
10 ppm	-	-	0%	-	-	0%	16%	15%	15,5%	-	-	0%	-	-	0%	15,5%
20 ppm	2%	2%	2%	9%	6%	7%	19%	18%	18,5%	6%	7%	6,5%	-	-	0%	34%
30 ppm	5%	4%	4,5%	7%	5%	6%	14%	11%	12,5%	5%	6%	5,5%	17%	15%	16%	44,5%

Tabel 2 menunjukkan pada dosis sebesar 0 ppm tidak terjadi tanda-tanda kerusakan karena masih dalam keadaan normal atau tidak mengalami perubahan struktur jaringan. Dosis pemaparan 10 ppm mengalami total kerusakan yang paling rendah sebesar 15,5%. Kerusakan tersebut ditandai dengan terjadinya *edema* pada lamella insang yaitu rata-rata sebesar 15,5%. Tingkat kerusakan tersebut kijing Taiwan masih mampu melakukan pemulihan dan mentoleransi timbal sehingga kerusakannya rendah. Sedangkan kerusakan yang cukup tinggi mulai terjadi pada dosis pemaparan 20 ppm dengan total kerusakan sebesar 34%. Kerusakan-kerusakan tersebut ditandai dengan terjadinya *lisis* pada ujung lamella, *hiperplasia* sel epitel insang, *edema* pada lamella dan atropi pada sel epitel insang dengan rata-rata sebesar 2%; 7%; 18,5% dan 6,5%. Kerusakan yang terparah yaitu *nekrosis* dan jenis kerusakan

yang lebih variatif pada dosis 30 ppm yaitu *lisis*, *hiperplasia*, *edema*, *atrofi*, dan *nekrosis* dengan rata-rata sebesar 4,5%; 6%;12,5%; 5,5% dan 16% dengan total kerusakan sebesar 44,5%. Kerusakan tersebut menunjukkan bahwa kijing Taiwan mulai mengalami kesulitan untuk melakukan pemulihan sehingga timbal tetap menyebabkan kerusakan pada jaringan insang. Perubahan adaptif dapat pulih dalam keadaan semula. Dalam tingkatan lebih lanjut perubahan adaptif dapat berkembang menjadi irrefersibel yang ditandai dengan adanya *nekrosis*. Perubahan ini berbahaya karena respon ini tidak dapat pulih (Raza'l, 2008). Hasil presentase kerusakan jaringan insang kijing Taiwan dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 14. Grafik prosentase kerusakan jaringan insang kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

Gambar 15 menunjukkan bahwa Dosis 0 ppm, 10 ppm, 20 ppm, dan 30 ppm terjadi peningkatan kerusakan. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada dosis pemaparan 10 ppm, 20 ppm, dan 30 ppm adalah edema. Kerusakan edema tertinggi terjadi pada dosis pemaparan 20 ppm. Sedangkan jenis kerusakan yang jarang terjadi yaitu *nekrosis*. *Nekrosis* terjadi hanya pada dosis pemaparan 30 ppm. Kerusakan tersebut diakibatkan karena kijing Taiwan tidak mampu lagi meregenerasi jaringan yang rusak pada insang kijing Taiwan,

sehingga kerusakan pun terus meningkat dan mampu mengakibatkan kematian pada kijing Taiwan. Pada jenis kerusakan *lisis*, *hiperplasia* dan *atrofi* didapatkan pada dosis pemaparan 20 ppm dan 30 ppm. Kerusakan struktur yang ringan sekalipun dapat mengganggu pengaturan *osmose* dan kesulitan pernafasan (Susanto, 2008). Toksisitas logam-logam berat yaitu melukai insang dan struktur jaringan luar lainnya, dapat menimbulkan kematian terhadap organisme yang disebabkan oleh proses *anoxemia*, yaitu terhambatnya fungsi pernafasan yakni sirkulasi dan ekskresi dari insang (Mardin, 2011).

4.4.2 Prosentase Kerusakan Jaringan Lambung Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

a) Prosentase Kerusakan Epitel Lambung Kijing Taiwan

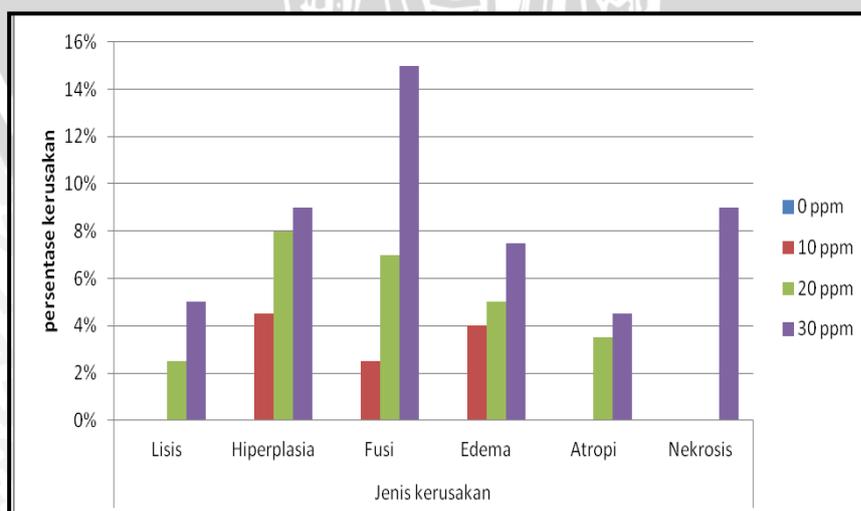
Prosentase kerusakan jaringan lambung yang lebih rendah dibandingkan dengan kerusakan yang terjadi di jaringan insang dan memiliki jenis kerusakan yang berbeda di masing-masing dosis pemaparan. Presentase dari jenis kerusakan pada jaringan lambung kijing Taiwan dengan konsentrasi dosis pemaparan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Prosentase kerusakan epitel lambung kijing Taiwan

Dosis	Jenis kerusakan																		Total kerusakan
	Lisis		Rata-Rata	Hiperplasia		Rata-Rata	Fusi		Rata-Rata	Edema		Rata-Rata	Atropi		Rata-Rata	Nekrosis		Rata-Rata	
	1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		
0 ppm	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	0%
10 ppm	-	-	0%	4%	5%	4,5%	3%	2%	2,5%	5%	3%	4%	-	-	0%	-	-	0%	11%
20 ppm	2%	3%	2,5%	9%	7%	8%	6%	8%	7%	6%	4%	5%	2%	5%	3,5%	-	-	0%	26%
30 ppm	4%	6%	5%	10%	8%	9%	6%	9%	15%	7%	8%	7,5%	1%	8%	4,5%	10%	8%	9%	41%

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada dosis pemaparan 0 ppm (kontrol) tidak terjadi kerusakan dan masih dalam keadaan normal tanpa ada perubahan struktur jaringan pada epitel lambung. Kerusakan pada dosis pemaparan 10 ppm terjadi Hiperplasia sel epitel lambung dengan rata-rata sebesar 4,5%, beberapa *silia* terjadi *fusi* dengan rata-rata sebesar 2,5% dan bagian dari dinding lambung terjadi *edema* dengan rata-rata sebesar 4% dengan total kerusakan 11%. Kerusakan pada dosis pemaparan 20 ppm terjadi kerusakan yang lebih tinggi dengan total kerusakan sebesar 26% dan terjadi kerusakan seperti *lisis*, *hiperplasia*, *fusi*, *edema*, dan *atrofi* dengan rata-rata sebesar 2,5%; 8%; 7%; 5% dan 3,5% dengan total kerusakan 26%.

Jenis kerusakan yang paling banyak ditemukan pada dosis pemaparan 30 ppm yaitu meliputi *lisis*, *hiperplasia*, *fusi*, *edema*, *atrofi*, dan *nekrosis* dengan rata-rata sebesar 5%; 9%; 15%; 7,5%; 4,5% dan 9% dan total kerusakan sebesar 41%. Adanya kerusakan jenis nekrosis pada dosis tersebut menunjukkan terjadi kerusakan jaringan yang cukup parah. *Nekrosis* adalah kematian sel yang terjadi karena *hiperplasia* berlebihan, sehingga jaringan insang tidak berbentuk utuh lagi atau dengan kata lain *nekrosis* terjadi diiringi dengan kematian suatu biota (Laksman, 2003). Hasil prosentase kerusakan jaringan lambung kijing Taiwan dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 15. Grafik prosentase kerusakan epitel lambung kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

Berdasarkan Gambar 16 menunjukkan presentase jenis kerusakan dosis 0 ppm, 10 ppm, 20 ppm dan 30 ppm terjadi peningkatan. Peningkatan tersebut seiring bertambah tingginya dosis pemaparan timbal nitrat yang diberikan. Jenis kerusakan *Lisis* dan *atropi* hanya terjadi pada dosis 20 ppm dan tertinggi didapatkan pada dosis pemaparan 30 ppm. Sedangkan pada jenis Kerusakan *hiperplasia*, *fusi*, dan *edema* terjadi pada dosis 10, 20, dan 30 ppm dengan yang tertinggi terdapat pada dosis 30 ppm, dan yang terendah pada dosis 10 ppm. Kerusakan yang rendah tersebut masih mampu ditolerir oleh kijang Taiwan dengan memulihkan jaringan-jaringan yang rusak. *Nekrosis* pada epitel lambung hanya terjadi pada dosis 30 ppm. Kerusakan tersebut dapat diduga mampu mengakibatkan disfungsi kerja organ lambung. Kerusakan yang parah juga diakibatkan karena lambung tidak mampu lagi memperbaiki kerusakan sel yang terjadi. Sel yang mengalami nekrosis akan lepas dari jaringan penyokongnya dan menyebabkan jaringan yang berada di dekatnya menjadi rentan terhadap iritan (Widayati *et al.*, 2011).

b) Prosentase Kerusakan *Digestive Diverticula* Kijang Taiwan

Makanan yang masuk ke lambung, selanjutnya akan di salurkan ke *digestive diverticula* untuk melakukan pencernaan secara lebih lanjut. Adanya makanan yang tercemar logam berat Timbal masuk ke dalam *Digestive diverticula* akan berpotensi terjadinya akumulasi logam berat timbal dan merangsang terjadinya perubahan struktur (kerusakan) akibat sifat toksik dari logam berat timbal tersebut. Kijang Taiwan setelah diberikan pemaparan logam berat timbal menunjukkan terjadinya kerusakan. Kerusakan tersebut cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan kerusakan yang terjadi pada jaringan insang dan epitel lambung. *Digestive diverticula* bivalvia terakumulasi beragam polutan dan secara aktif berpartisipasi dalam proses detoksifikasi. *Digestive diverticula*

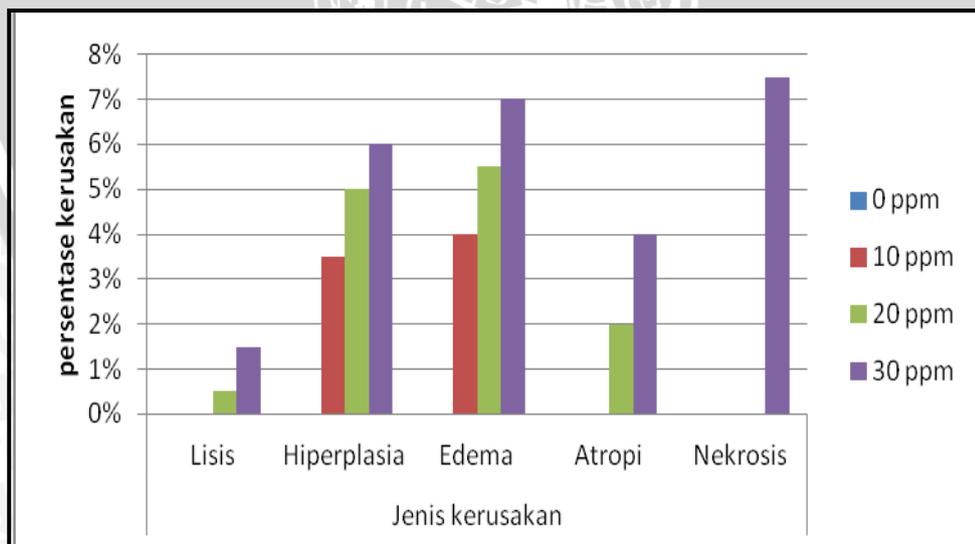
tampak sebagai pasangan yang sensitif terhadap target yang merugikan seperti dari banyak polutan (Widdows *et al.*, 1983). Hal ini berhubungan dengan makanan yang dicerna. Prosentase jenis kerusakan pada *digestive diverticula* lambung kijing Taiwan terhadap konsentrasi dosis pemaparan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Prosentase kerusakan *digestive diverticula* lambung kijing Taiwan

Dosis	Jenis kerusakan															
	Lisis		Rata-Rata	Hiperplasia		Rata-Rata	Edema		Rata-Rata	Atropi		Rata-Rata	Nekrosis		Rata-Rata	Total kerusakan
	1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		
0 ppm	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	0%
10 ppm	-	-	0%	3%	4%	3,5%	5%	3%	4%	-	-	0%	-	-	0%	7,5%
20 ppm	1%	0%	0,5%	5%	6%	5,5%	3%	8%	5,5%	3%	9%	6%	-	-	0%	17,5%
30 ppm	2%	1%	1,5%	5%	3%	4%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	9%	6%	7,5%	20%

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada 0 ppm tidak terjadi perubahan struktur pada *digestive diverticula*. Dosis pemaparan 10 ppm total kerusakan sebesar 7,5% dan mengalami kerusakan meliputi *hiperplasia*, *edema* dengan rata-rata sebesar 3,5% dan 4%. Sedangkan pada dosis pemaparan 20 ppm terjadi perubahan struktur yang mampu menyebabkan kerusakan yang mulai parah karena didapatkan jenis kerusakan yang lebih bervariasi dengan total kerusakan 17,5%. Kerusakan tersebut meliputi *lisis*, *hiperplasia*, *edema* dan *atropi* dengan rata-rata sebesar 0,5%; 5,5%; 5,5% dan 6%. Kerusakan yang paling banyak terjadi pada dosis pemaparan 30 ppm dengan total kerusakan sebesar 20% meliputi *lisis*, *hiperplasia*, *edema*, *atropi*, dan *nekrosis* dengan rata-rata sebesar 1,5%; 4%; 3%; 4% dan 7,5%. Perubahan morfologi seperti sel pencernaan, massa sel basofil pencernaan dan keluarnya sel dan jaringan terjadinya *atropi* dan *nekrosis* pada *digestive diverticula*, menandakan terjadinya kemungkinan

keracunan kronis. Dua sel yang berbeda dapat mewakili suatu tanggapan basofilik terhadap reaksi adaptif sehingga menyebabkan terjadinya seperti *digestive diverticula* rusak, hilangnya sel pencernaan dan gangguan pencernaan intraseluler. Konsekuensi dari perubahan dalam struktur *digestive diverticula* akan mengalami disfungsi pencernaan dan gangguan fisiologi meningkat perpecahan dari sel pencernaan, dalam kasus-kasus ekstrim, untuk nekrosis telah tercatat pada bivalvia yang terakumulasi logam berat (Syasina *et al.*, 1989). Reaksi *digestive diverticula* terhadap kerusakan pencernaan, bivalvia yang terkena paparan logam berat, terjadi atrofi pada *digestive diverticula*, sel basofil terjadi penyusutan setelah lama paparan. Pada kondisi paparan logam berat terhadap proses pencernaan intraseluler yang biasa dilakukan oleh sel dapat mengganggu proses pencernaan sehingga dapat menyebabkan peningkatan sekresi basofil protein dengan sel untuk pencernaan ekstraseluler (Marigomez *et al.*, 1990). Hasil prosentase kerusakan *digestive diverticula* lambung kijing Taiwan dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 16. Grafik prosentase kerusakan *digestive diverticula* kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

Gambar 17 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan prosentase jenis kerusakan pada *digestive diverticula* tersebut semakin tinggi seiring dengan meningkatnya dosis pemaparan yang diberikan. *Lisis* dan *atropi* tertinggi terjadi pada dosis 30 ppm dan sebaliknya yang terendah didapatkan pada dosis 20 ppm. Pada jenis kerusakan *hiperplasia*, *edema* didapatkan nilai prosentase terbesar pada dosis 30 ppm dan terendah pada dosis 10 ppm sedangkan pada dosis 20 ppm terlihat terjadi peningkatan dari nilai dosis 10 ppm. *Nekrosis* merupakan kerusakan yang paling tinggi dan tergambarkan oleh grafik dengan paling tinggi. Kerusakan tersebut terjadi pada dosis 30 ppm. Proses *nekrosis* pada *digestive diverticula* terjadi pada wilayah tercemar berat. Terjadinya kerusakan *nekrosis* ataupun *atropi* dengan bisa dilihat dari penyerapan itu partikel dan bahan makanan yang masuk ke sistem pencernaan dan mengakibatkan terganggunya sistem pencernaan bivalvia (Cajaraville *et al.*, 1989). Sel basofil mengalami degenerasi yang disebabkan oleh hasil efek samping dari berbagai dari respon stres (Yevich, 1985). Hal ini dikenal pula bahwa basofilik pencernaan dan sel berbeda dalam kemampuan mereka untuk menghasilkan berbagai zat, untuk menyimpan logam. Sel-sel tersebut juga terkait dengan akumulasi logam (Syasina *et al.*, 1997).

4.5 Pemeriksaan Parameter Kualitas Air Pada Pemeliharaan Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

Kualitas air perlu dilakukan pengukuran karena memiliki berpengaruh dalam kondisi ekologis habitat dari kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) yang diberikan pemaparan. Pemeriksaan parameter kualitas air dalam penelitian ini meliputi derajat keasaman (pH), kelarutan oksigen (DO), dan suhu. Pengukuran kualitas air dilakukan selama 4 hari sekali dalam satu hari. Hasil pengukuran kualitas air dengan dosis pemaparan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran parameter kualitas air pada pemeliharaan kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)

	Konsentrasi Pb	Suhu (°C)	pH	DO (ppm)
Hari ke-1	0 ppm	25,7	7	6,3
	10 ppm	25,8	7	6,3
	20 ppm	25,8	7	6,4
	30 ppm	25,9	7	6,3
Hari ke-2	0 ppm	25,6	7	6,5
	10 ppm	25,8	7	6,3
	20 ppm	25,9	7	6,4
	30 ppm	25,8	7	6,4
Hari ke-3	0 ppm	25,8	7	6,3
	10 ppm	25,9	7	6,5
	20 ppm	25,9	7	6,5
	30 ppm	25,6	7	6,6
Hari ke-4	0 ppm	25,7	7	6,5
	10 ppm	25,6	7	6,3
	20 ppm	25,9	7	6,4
	30 ppm	25,8	7	6,6

Hasil pengukuran kualitas air ini masih sesuai untuk pemeliharaan kijing.

Menurut Dan (2000) dalam Rachman *et al* (2009), kisaran kualitas air yang baik dan optimum untuk pemeliharaan kijing Taiwan yaitu Suhu berkisar 15-25 °C, DO berkisar ≥ 3 ppm, pH berkisar 7-8, kecerahan 40-50 cm.

4.5.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu variabel lingkungan yang sangat penting. Kenaikan suhu dapat meningkatkan laju metabolisme dalam tubuh. Suhu mempunyai peranan penting dalam aktivitas metabolisme dan respirasi organisme. Suhu akan mempengaruhi aktifitas metabolisme organisme, karena itu suhu dijadikan sebagai faktor pembatas. Suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, dapat menekan kehidupan hewan budidaya bahkan menyebabkan kematian bila peningkatan suhu sampai ekstrim (Kordi dan Andi, 2007).

Menurut Rubiantoro (1996), Beberapa Bahan pencemar yang dapat menyebabkan terjadinya perbedaan suhu di dalam air yaitu 8°C. Hal ini dapat digunakan sebagai indikator pencemaran suhu (*thermal pollution*). Pengukuran suhu pada air bak kijing Taiwan yang diberikan pemaparan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ pada saat penelitian yaitu berkisar antara 25,6– 25,9°C menunjukkan bahwa pemaparan PbNO_3 tidak menyebabkan *thermal pollution*. Pada suhu tersebut juga termasuk rentang suhu yang masih baik bagi ekologis kijing Taiwan, menurut Rachman *et al.* (2006), menyatakan suhu yang baik untuk pertumbuhan kerang air tawar adalah perairan yang memiliki suhu antara 15 °C – 27 °C

4.5.2 pH

pH sangat penting sebagai parameter kualitas air, karena mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan dalam air. Selain itu, kijing Taiwan hidup pada kisaran pH tertentu. Suatu skala atau ukuran untuk mengukur keasaman atau kebasaan larutan dinamakan pH. pH merupakan

faktor penting karena perubahan pH dapat mempengaruhi faktor fisiologi moluska yang berhubungan dengan respirasi (Nybakken, 1992).

Hasil dari pengukuran pH pada saat penelitian yaitu didapatkan nilai pH sebesar 7. Kondisi ini masih optimum untuk pertumbuhan dari kijing Taiwan. Menurut Fitriawan (2010), bahwa pH yang baik untuk lingkungan hidup bagi kijing Taiwan yaitu berkisar antara 6,5 hingga 7,8 karena apabila jika pH di perairan lebih atau kurang batas tersebut dapat mempengaruhi pergerakan silia insang sehingga penurunan ataupun peningkatan pH akan mempengaruhi gerakan silia kijing.

4.5.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut yang ada dalam bak percobaan berasal dari aerator dan difusi oksigen dari udara. Oksigen yang terlarut dalam air mempunyai peranan penting dalam proses metabolisme organisme, semakin dingin suatu badan perairan maka semakin banyak oksigen yang terkandung di dalamnya (Nybaken, 1992).

Berdasarkan hasil pengukuran oksigen terlarut dalam penelitian ini nilai oksigen terlarut yaitu berkisar antara 6,3-6,6 mg/l di mana kondisi oksigen ini masih dapat ditolerir oleh kijing untuk proses metabolismenya. Umumnya kijing Taiwan dapat mengatur tingkat metabolisme oksigen dengan baik di mana kadar oksigen dalam air sangat sedikit. Menurut Subarijanti (1990), Kandungan oksigen yang tidak terdapat senyawa beracun, sebesar minimum sebesar 2 mg/l ini sudah cukup untuk mendukung kehidupan organisme perairan secara normal. Secara umum oksigen yang diperoleh kijing Taiwan diambil melalui insang yang menimbulkan arus yang masuk ke dalam mantelnya (Nonji, 2002).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang perubahan struktur jaringan insang dan lambung kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) yang terpapar timbal pada dosis pemaparan yang berbeda dapat disimpulkan yaitu :

1. Jaringan insang dan lambung pada dosis pemaparan 0 ppm (kontrol) didapatkan tidak terjadi perubahan struktur jaringan (kerusakan) dan masih dalam keadaan normal
2. Jaringan insang dan lambung pada dosis pemaparan 10 ppm terjadi perubahan struktur jaringan (kerusakan) yaitu pada insang mengalami pembengkakan (*edema*) rata-rata sebesar 15,5%. Jaringan lambung pada epitel lambung terjadi perubahan struktur jaringan (kerusakan) yakni *hiperplasia, fusi, edema* rata-rata sebesar 4,5%; 2,5%; 4% sedangkan pada *digestive diverticula* terjadi *hiperplasia* dan *edema* rata-rata sebesar 3,5% dan 4%.
3. Jaringan insang dan lambung pada dosis pemaparan 20 ppm terjadi perubahan struktur jaringan (kerusakan) yaitu pada insang mengalami *lisis, hiperplasia, edema, atropi* rata-rata sebesar 2%; 7%; 18,5%; 6,5%. Jaringan lambung pada epitel lambung terjadi perubahan struktur jaringan (kerusakan) yakni *lisis, hiperplasia, fusi, edema, atropi* dengan rata-rata sebesar 2,5%; 8%; 7%; 5%; 3,5% sedangkan pada *digestive diverticula* yakni *lisis, hiperplasi, edema, atropi* dengan rata-rata sebesar 0,5%; 5,5%; 5,5%; 6%.
4. Jaringan insang kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) mengalami kerusakan terparah pada dosis pemaparan 30 ppm yaitu *lisis, hiperplasia, edema, atropi*, dan *nekrosis* dengan rata-rata sebesar 4,5%; 6%; 12,5%; 5,5%, dan

16%. Jaringan lambung pada epitel lambung terjadi *lisis, hiperplasia, edema, atropi*, dan *nekrosis* dengan rata-rata sebesar 4,5%; 6%;12,5%; 5,5% dan 16% sedangkan pada *digestive diverticula* mengalami *lisis, hiperplasia, edema, atropi*, dan *nekrosis* dengan rata-rata sebesar 1,5%; 4%; 3% 4% dan 7,5%.

5. Pengukuran parameter kualitas air didapatkan hasil yang masih optimal untuk kehidupan kijing Taiwan dengan suhu yaitu berkisar antara 25,6– 25,9°C, pH 7, oksigen terlarut yaitu berkisar antara 6,3-6,6 mg/l.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perubahan struktur jaringan hati, ginjal dan hemosit terhadap pencemaran logam berat pada kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) serta perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perkembangan perubahan struktur jaringan berdasarkan waktu.