

**PENGARUH LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TERHADAP  
GAMBARAN HISTOPATOLOGIS HEPATOPANKREAS  
UDANG WINDU (*Penaeus monodon* Fabricius)**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI S-1 BUDIDAYA PERAIRAN**



Oleh :

**AGUS BUDI**  
**METRO-LAMPUNG**

**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2007**

**PENGARUH LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TERHADAP GAMBARAN  
HISTOPATOLOGIS HEPATOPANKREAS UDANG WINDU  
(*Penaeus monodon* Fabricius)**

**Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Perikanan pada Program Studi S-1 Budidaya Perairan  
Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga**

Oleh :

**AGUS BUDI**

**NIM. 060210060 P**

Menyetujui,

Komisi Pembimbing



Juni Triastuti, M Si., SPi.  
Pembimbing I



Dr. Agoes Soegianto, DEA., Ir.  
Pembimbing II

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-I  
Budidaya Perairan



Prof. Dr. Drh. Hj. Sri Subekti B. S., DEA  
NIP 130687296

Setelah mempelajari dan menguji dengan sungguh-sungguh, kami berpendapat bahwa Laporan Skripsi ini, baik ruang lingkup maupun kualitasnya dapat diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan.

Menyetujui,

Panitia Penguji,



Laksmi Sulmartiwi, S.Pi., MP.  
Ketua



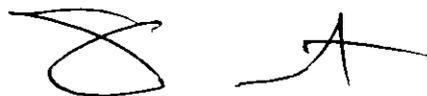
Akhmad Taufiq Mukti, S.Pi., M.Si.  
Sekretaris



Akhmad Shofy Mubarak, S.Pi., M.Si.  
Anggota



Rr. Juni Triastuti, S.Pi., M.Si.  
Anggota

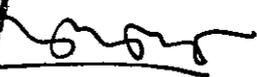


Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA  
Anggota

Surabaya, 5 Maret 2007

Fakultas Kedokteran Hewan  
Universitas Airlangga  
Dekan,



  
Dr. Ismudiono, MS. Drh.  
NIP. 130 687 297

## RINGKASAN

**AGUS BUDI. Pengaruh Logam Berat Timbal (Pb) terhadap Gambaran Histopatologis Hepatopankreas Udang Windu (*Penaeus monodon* Fabricius). Pembimbing Pertama Juni Triastuti, MSi., SPI. dan Pembimbing Kedua Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA.**

Logam berat timbal (Pb) merupakan salah satu bahan pencemar yang berbahaya bagi udang windu. Adanya perubahan ekosistem akibat pencemaran akan mempengaruhi kehidupan udang windu yang hidup di dalamnya karena terjadi penyerapan dan cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat yang ada di dalam tubuh udang, sehingga apabila terjadi akumulasi dapat mempengaruhi organ tubuhnya. Hal ini akan menyebabkan terganggunya metabolisme tubuh sehingga pertumbuhan udang akan terhambat yang akhirnya dapat menurunkan produksi. Di dalam perairan ambang batas logam berat timbal (Pb) sebesar 0,05 mg/l. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan gambaran histologis hepatopankreas udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) yang terpapar logam berat timbal (Pb). Udang yang digunakan dalam penelitian ini adalah 150 ekor yang diperoleh dari petani udang di Gresik. Udang dibagi menjadi 5 kelompok perlakuan yang masing-masing perlakuan terdiri dari 3 ulangan. Perlakuan pertama (P0) tanpa perlakuan timbal, sebagai kontrol. Perlakuan kedua (P1) yaitu udang windu sebanyak 10 ekor tiap bak percobaan dipapar logam berat timbal (Pb) dengan tingkat konsentrasi pencemaran ringan (0,1 mg/l), Perlakuan ketiga (P2), yaitu udang windu dipapar logam berat timbal (Pb) dengan tingkat konsentrasi pencemaran sedang (0,5 mg/l), perlakuan keempat (P3), yaitu udang windu dipapar logam berat timbal (Pb) dengan tingkat konsentrasi pencemaran berat (1,0 mg/l), Perlakuan kelima (P4), yaitu udang windu dipapar logam berat timbal (Pb) dengan tingkat konsentrasi pencemaran berat sekali (5,0). Pemaparan pada semua perlakuan dilakukan selama 10 hari.

Peubah yang diamati adalah histologis hepatopankreas udang windu, dimana organ ini merupakan organ yang rawan terhadap bahan-bahan kimia. Hepatopankreas yang diambil kemudian dilanjutkan dengan pembuatan preparat

histologis, setelah itu dilakukan pengamatan secara mikroskopis untuk mengetahui kerusakan yang terjadi.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data hasil pengamatan terhadap kerusakan pada hepatopankreas adalah berupa nilai scoring, sehingga statistik yang digunakan adalah non parametric dan analisis data menggunakan Uji Kruskal Wallis. Skor diberikan berdasarkan derajat kerusakan, jika terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji pasangan berganda (uji Z).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan histologi pada hepatopankreas udang windu, yaitu vakuolisasi. Pada perlakuan P0, P1, P2, P3 dan P4 menunjukkan hasil dengan perbedaan yang sangat nyata. Persentase kerusakan terparah untuk bentuk kerusakan terparah terjadi pada kelompok perlakuan P4 yaitu perlakuan dengan tingkat konsentrasi pencemaran berat sekali (5,0 mg/l) dengan persentase kerusakan adalah > 80 %.

## SUMMARY

**AGUS GUDI. The Heavy Metal Impact of Lead (Pb) to Histopatologys Hepatopankreas of Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fab.). First Guidance Lecturer is Juni Triastuti, MSI., SPL. and second Guidance Lecturer is Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA.**

The heavy metal of lead (Pb) represent one of dangerous substance toksik for prawn. Existence of change ekosistem of effect a contamination will influence the life of tiger prawn which live in it because happened by the absorbtion and tend to form the complex compound with the substance of exist in tiger prawn body, so that in the event of accumulation can influence the its body organ. This matter will cause annoying of body metabolism so that prawn growth will be pursued which finally can degrade the production. In territorial water float the heavy metal boundary of lead (Pb) of equal to 0,05 mg / l. The aim of the research is to know the change of picture a histologis hepatopankreas of tiger shrimp was exposed of lead (Pb). Shrimp used for the experiment are 150 individuals obtained from shrimp hatchery in Gresik. Shrimp are divided into 5 treatment group which consist of 3 repetitions for each treatment. The first treatment (P0) without lead (Pb), as control. Second treatment (P1), tiger shrimp has lead (Pb) exposure with light pollution concentration level (0,1 mg/l). Third treatment (P2), tiger shrimp with medium pollution concentration level (0,5 mg/l). Fourth treatment, tiger shrimp has lead (Pb) exposure with high pollution concentration level (1,0 mg/l). Fifth treatment (P4), tiger shrimp white very high concentration level (5,0 mg/l). The exposure for each treatment was done for 10 days.

The histology of tiger shrimp hepatopankreas was observed, which the organ was gristle to chemicals. Hepatopankreas taken is later; then continued with the making of preparat histologis, is afterwards conducted by a perception microscopically to know the damage that happened.

This was experiment research that used Complete Randomized Device (RAL) design. As Experiment design the result of hepatopankreas damage

observation was scored value, so non parametric statistic was used and kruskal wallis was used as data analyzer. Score was given base on damage level and then analyzed with kruskal wallis test, if there were significant different between treatment, the test continued with doble pair test (Z test).

The result showed that there was histologis damage on tiger shrimp hepatopankreas that vacuolisation.. At treatment P0, P1, P2, P3 and P4 showed very significant difference result. The most severe damage was occurred on P4 that was 5,0 mg/l treatment with damage percentable more than 80 %.

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmannirohim. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul "Pengaruh Logam Berat Timbal (Pb) terhadap Gambaran Histopatologis Hepatopankreas Udag Windu (*Penaeus monodon* Fab.)". Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan pada Program Studi S-1 Budidaya Perairan Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Juni Triastuti, MSi., SPi. selaku pembimbing pertama dan Bapak Dr. Ir. Agoes Soegianto, D.E.A sebagai pembimbing kedua yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, bantuan dan semangat yang sangat berguna dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan hasil penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak, Ibu, kakak-kakakku tercinta yang telah memberikan bantuan moril maupun materiil dan atas segala pengertiannya.
2. Prof. Dr. Ismudiono; MS. Drh, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga
3. Prof. Dr. Drh. Hj. Sri Subekti B. S., DEA, selaku Ketua Program Studi S-1 Budidaya Perairan, Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.
4. Bapak Akhmad. Shofy Mubarak, SPi., MSi. yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.

5. Yani "uletbulu" handayani selaksana embun pagiku yang selalu memberikan pengertian, perhatian, sayang dan cintanya hanya untukku.
6. Teman-teman Budidaya Perairan 02 untuk semangat, kebersamaan dan hari-harinya selama ini.
7. Teman-teman BTI tercinta; thole aris untuk legendanya yang selalu tidak pernah keberatan untuk aku pinjam "suwun yo le", partner of crime atenk nuril huda S.H, hendri, mendhelik, dr. bana, dr. kholid, wahadi cah klaten, ibnu telephone, reza, aan, yosi, catur, ganyong, fedi, andi dan makNI ku tercinta beserta win. Teman-teman eks BTI; mas pongki S.Si, cak rosyadi S.Si, kang aziz S.H, anis S.H, ochi, Yudi IrvanO S.H " Jobless sejati ", Arifin einstein Nasution S.H. " Kapan rumah kau tegak"
8. Teman-teman komisariat Yakin Usaha Sampai yang telah menerimaku tanpa memandang kestatusanku " aku belajar banyak dari kalian"

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan saran atau kritik. Akhirnya penulis berharap semoga laporan sederhana ini bermanfaat bagi pihak yang memerlukannya.

Surabaya, 26 Januari 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	iv
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
<b>II STUDI PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Udang Windu ( <i>Penaeus monodon</i> Fab.) .....	4
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi .....	4
2.1.2 Siklus Hidup .....	6
2.1.3 Habitat dan Kebiasaan Hidup .....	6
2.1.4 Kebutuhan Kualitas Air .....	7
2.2 Toksisitas Logam Berat pada Peraira .....	8
2.3 Toksisitas Timbal (Pb) .....	9
2.4 Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb) pada Crustacea .....	11
2.5 Hepatopankreas .....	12
<b>III KERANGKA KONSEPTUAL</b> .....	15
<b>VI METODOLOGI</b> .....	17
4.1 Tempat dan Waktu .....	17
4.2 Materi Penelitian .....	17
4.2.1 Alat Penelitian .....	17
4.2.2 Bahan Penelitian .....	17

4.3 Metode Penelitian .....	17
4.3.1 Rancangan Penelitian .....	17
4.3.2 Prosedur Kerja .....	19
A. Penelitian Pendahuluan .....	19
B. Persiapan Penelitian .....	19
C. Pelaksanaan Penelitian .....	20
D. Pembuatan dan Pengamatan Preparat Histologi .....	23
4.3.3 Parameter Uji .....	25
4.3.4 Analisis Data .....	26
<b>V. Hasil dan Pembahasan .....</b>	<b>27</b>
5.1 Hasil .....	27
5.2 Pembahasan .....	32
<b>VI. Kesimpulan dan Saran .....</b>	<b>38</b>
6.1 Kesimpulan .....	38
6.2 Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>40</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Rata-rata skoring dan persentase kejadian vakuolisasi pada hepatopankreas udang windu yang terpapar logam berat timbal (Pb) .....	27
2. Nilai Z tiap perlakuan konsentrasi pada hepatopankreas yang mengalami vakuolisasi .....	31
3. Data pengukuran kualitas air selama pemaparan .....	32

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Morfologi udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> Fab) .....	5
2. Kerangka konseptual penelitian .....	16
3. Bagan prosedur kerja .....	22
4. Tubulus hepatopankreas udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> Fab.) .....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil skoring preparat histologis hepatopankreas (vacuolisasi) udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> Fab.) yang terpapar logam berat timbal (Pb) .....	42
2. Ranking data skoring histologis vacuolisasi hepatopankreas udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> Fab.) yang terpapar logam berat timbal (Pb) .....	43
3. Uji Z 5 % .....	46
4. Penghitungan standar deviasi (SD) dan persentase kerusakan histologis hepatopankreas udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> Fab.) yang terpapar logam berat timbal (Pb) .....	47
5. Persentase (%) kerusakan Histologis .....	48
6. Wadah pemeliharaan .....	49

**BAB I**

**PENDAHULUAN**

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu dampak yang dapat ditimbulkan oleh aktivitas manusia yang mengancam ekosistem lingkungan perairan yaitu adanya pencemaran. Masuknya bahan-bahan pencemar atau polutan ke dalam lingkungan ekosistem yang mengubah kondisi suatu tatanan di dalamnya menjadi keadaan yang lebih buruk biasa disebut sebagai pencemaran (Palar, 1994).

Logam berat timbal (Pb) merupakan salah satu bahan pencemar yang berbahaya bagi biota air. Hal ini dapat terjadi jika sejumlah logam berat timbal (Pb) telah mencemari dan ditemukan dalam konsentrasi tinggi pada perairan (Palar, 1994). Timbal (Pb) terdapat dalam perairan berasal dari bahan bakar kendaraan bermotor, industri baterai, produk logam, pelapis kabel, bahan kimia dan pewarna. Bahan buangan dari industri tersebut merupakan penyebab utama peningkatan jumlah kadar timbal (Pb) di lingkungan. Asap yang berasal dari cerobong pabrik sampai knalpot kendaraan melepaskan timbal (Pb) yang akan terakumulasi di udara kemudian masuk ke perairan dengan bantuan air hujan. Pada batas yang melebihi daya dukung lingkungan, keberadaan logam berat dapat bersifat racun bagi organisme perairan (Darmono 1995).

Salah satu usaha perikanan yang sangat rentan terhadap pengaruh pencemaran timbal yaitu budidaya udang windu. Komoditas ini cukup peka terhadap pencemaran mengingat sifatnya pemakan detritus dan hidup di dasar perairan, karena timbal (Pb) mengendap membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik (Volesky, 1990). Adanya perubahan ekosistem akibat pencemaran akan mempengaruhi kehidupan udang windu yang hidup di

dalamnya karena terjadi penyerapan dan cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat yang ada di dalam tubuh udang (Palar, 1994), sehingga apabila terjadi akumulasi dapat mempengaruhi organ tubuhnya.

Penolakan ekspor ratusan ton udang windu asal Banten oleh Amerika Serikat akibat bahan pencemaran terlalu tinggi, hal ini dapat mengakibatkan penurunan nilai ekonomi (Mitra Bahari, 2005). Akibat lain dari pencemaran ini juga akan dirasakan oleh manusia sebagai konsumen terakhir dalam rantai makanan. Timbal (Pb) bila dikonsumsi oleh manusia dalam jumlah berlebihan akan mengakibatkan berkurangnya kadar hemoglobin dalam darah, menyebabkan penyakit syaraf, kanker dan keterbelakangan mental (Stoker dan Seager, 1976).

Akumulasi logam yang tertinggi pada udang biasanya terjadi di dalam hepatopankreas, dikarenakan organ ini berfungsi sebagai detoksikasi, filtrasi dan mengekskresikan bahan yang tidak dibutuhkan oleh tubuh, termasuk bahan racun seperti timbal (Pb). Hal ini menyebabkan hepatopankreas akan mengalami kerusakan akibat daya toksik logam berat tersebut (Garno, 2004) Selain itu, kerusakan organ tersebut akan menyebabkan terganggunya metabolisme tubuh, sehingga pertumbuhan udang akan terhambat yang akhirnya dapat menurunkan produksi. Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan suatu penelitian untuk mengetahui gambaran histopatologis hepatopankreas udang windu yang terpapar timbal (Pb).

### **1.3 Perumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut apakah pemberian logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi pencemaran yang berbeda dapat mempengaruhi

gambaran histopatologis hepatopankreas udang windu (*Penaeus monodon* Fabricius)

#### **1.4 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan gambaran histopatologis hepatopankreas udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) yang terpapar logam timbal (Pb) dengan konsentrasi berbeda.

#### **1.5 Manfaat**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan informasi sebagai upaya mengkaji bahaya timbal (Pb) terhadap kehidupan udang windu dan memberikan informasi gambaran histopatologis hepatopankreas sebagai upaya pemeriksaan kesehatan udang windu.

## **BAB II**

# **STUDI PUSTAKA**

## II. STUDI PUSTAKA

### 2.1 Udang Windu (*Penaeus monodon* Fabricius)

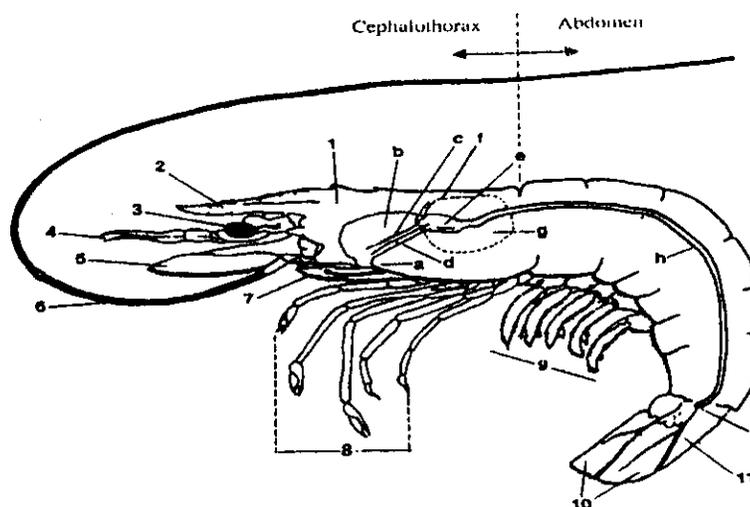
#### 2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi udang windu (*Penaeus monodon* Fabricius) pertama kali dilakukan oleh John Christ Fabricius pada tahun 1778, kemudian disempurnakan oleh Holthuis pada tahun 1980 (Tricahyo, 1995). Udang windu masuk dalam Phylum Arthropoda, Class Crustacea, Ordo Decapoda, Family Penaeidae, Genus *Penaeus* dan Spesies *Penaeus monodon* Fabricius.

Suyanto dan Mudjiman (2001) menyatakan bahwa tubuh udang windu (*Penaeus monodon* Fabricius) terdiri dari dua bagian yaitu bagian depan dan bagian belakang. Bagian depan disebut bagian kepala yang sebenarnya terdiri dari bagian kepala dan dada yang menyatu (*cephalothorax*). Bagian perut (*abdomen*) terdapat ekor di bagian belakangnya. Semua bagian badan beserta anggota-anggotanya terdiri dari ruas-ruas (segmen). Kepala – dada terdiri dari 13 ruas yaitu bagian kepala terdiri dari 6 ruas. Tiap ruas badan mempunyai sepasang anggota badan yang terbuat dari bahan chitin. Bagian kepala – dada tertutup oleh sebuah kelopak yang dinamakan kelopak kepala atau cangkang kepala (*carapace*). Di bagian depan, kelopak kepala memanjang dan meruncing yang pinggirnya bergigi-gigi. Bagian ini dinamakan cucuk kepala (*rostrum*) yang terdiri dari gigi bagian atas 7 buah, sedangkan gigi bagian bawah 3 buah, sehingga rumus gigi rostrumnya adalah 7/3.

Mulut terdapat di bagian bawah kepala di antara rahang-rahang (*mandibulla*). Di kanan kiri kepala, terdapat insang yang tertutup oleh kelopak kepala. Di bagian kepala-dada terdapat anggota tubuh lainnya yang berpasangan,

urutan dari muka ke belakang adalah sungut kecil (*antenulla*), sirip kepala (*scophocerit*), sungut besar (*antenna*), rahang (*mandibulla*), alat-alat pembantu rahang (*maxilla*) yang terdiri atas dua pasang, 3 pasang *maxilliped* dan 5 pasang kaki jalan (*periopoda*) yaitu pada ruas ke-1 sampai ke-5. Pada ruas ke 6, kaki renang mengalami perubahan bentuk menjadi ekor kipas (*uropoda*). Ujung ruas ke-6 ke arah belakang membentuk ujung ekor (*telson*). Di bawah pangkal ujung ekor terdapat lubang dubur (*anus*).



*Keterangan Gambar*

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1. Carapace     | a. Oesophagus        |
| 2. Rostrum      | b. Ruang cardiac     |
| 3. Mata majemuk | c. Ruang pyloric     |
| 4. Antennules   | d. Cardiac plate     |
| 5. Prosartema   | e. Gigi-gigi cardiac |
| 6. Antenna      | f. Cardiac ossicle   |
| 7. Maxilliped   | g. Hepatopancreas    |
| 8. Pereopoda    | h. Usus              |
| 9. Uropoda      | i. Anus              |
| 10. Telson      |                      |

Gambar 1. Morfologi Udang Windu (*Penaeus monodon* Fabricius)

Sumber : Sutaman (1993)

### 2.1.2 Siklus Hidup

Udang memiliki kerangka luar yang keras, maka untuk tumbuh menjadi besar udang perlu membuang kulit lama dan menggantinya dengan kulit baru (*moulting*). Stadia metamorfosa dan ganti kulit berbeda-beda pada setiap jenis udang, akan tetapi secara garis besarnya sama. Setelah telur menetas, keluar larva tingkat pertama yang dinamakan nauplius dan selama 46 - 50 jam nauplius berubah menjadi larva tingkat kedua yang dinamakan mysis kemudian selama 4 - 5 hari mysis berubah menjadi larva tingkat akhir atau post larva (PL) (Tricahyo, 1995). Udang windu stadia post larva kemudian akan tumbuh menjadi udang muda setelah mengalami pergantian kulit sebanyak 20 kali (PL - 20). Post larva yang berhasil mengalami metamorfosa akan mencapai bentuk sempurna seperti udang dewasa yang disebut *juvenile* (udang muda). Selama pertumbuhan dari udang muda menjadi udang dewasa juga akan mengalami pergantian kulit (Suyanto dan Mudjiman, 2001).

### 2.1.3 Habitat dan Kebiasaan Hidup

Udang penaeid menjadi dewasa dan bertelur di laut. Pada umumnya, habitat udang windu adalah dasar laut yang lunak yang biasanya merupakan campuran lumpur dan pasir. Udang windu lebih sering berdiam di dasar perairan dimana bahan organik dan anorganik banyak tersebar. Udang windu memanfaatkan semua organisme yang memungkinkan untuk dikonsumsi karna sifatnya yang omnivora. Selain itu, mobilitasnya tidak luas dan banyak berdiam di suatu tempat saja sehingga dapat mengakumulasi bahan-bahan tercemar yang ada di sekitarnya

Udang windu merupakan hewan yang bersifat tahan terhadap kisaran perubahan salinitas yang tinggi atau *euryhaline* dan tahan terhadap perubahan suhu atau *eurythermal*. Udang windu bersifat *nocturnal* yaitu aktif mencari makan pada malam hari dan siang harinya lebih suka beristirahat, baik membenamkan diri maupun menempel pada sesuatu benda. Selain itu, udang windu memiliki sifat kanibalisme. Sifat ini mulai nampak pada tingkat mysis (Suyanto dan Mudjiman, 2001).

#### 2.1.4 Kebutuhan Kualitas Air

Air merupakan syarat mutlak bagi kehidupan udang arena kualitas air adalah faktor yang paling menentukan dalam aktivitas produksi udang. Parameter utama kualitas air yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup udang windu adalah suhu, oksigen terlarut dan salinitas (Sinderman, 1990).

Suhu secara langsung berpengaruh terhadap laju metabolisme, aktivitas fisiologi tubuh, laju pergantian kulit dan reproduksi. Suhu juga berpengaruh erat dengan kelarutan oksigen, apabila suhu meningkat maka kelarutan oksigen akan menurun. Suhu optimal untuk udang berkisar antara 26 – 32 °C (Ratnaningsih, 1988).

Oksigen terlarut mempengaruhi proses kimiawi air, yaitu reaksi oksidasi dan reduksi. Kebutuhan oksigen terlarut untuk kehidupan benur udang bervariasi, kebutuhan minimal oksigen terlarut untuk benih udang windu 4,5 mg/l dan titik kritisnya  $\leq 3$  mg/l (Hidayat, 1992).

## 2.2 Toksisitas Logam Berat pada Perairan

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan massa jenis lebih besar dari 5 gram/cm<sup>3</sup> yang terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 4 sampai 7. Logam-logam tersebut adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, Hg, Cd, Pb dan Cr (Darmono, 2001). Faktor-faktor yang mempengaruhi daya toksisitas logam berat dalam air terhadap makhluk hidup di dalamnya antara lain yaitu bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut, pengaruh interaksi antara logam dan jenis toksikan lainnya, pengaruh lingkungan seperti suhu, kadar garam, pH dan kadar oksigen yang terlarut dalam air, kondisi hewan, fase siklus hidup (telur, larva, dewasa), besarnya ukuran organisme, jenis kelamin, dan kecukupan kebutuhan nutrisi dan kemampuan organisme untuk beraklimatisasi terhadap bahan toksik logam (Darmono, 1995).

Logam berat merupakan kelompok toksikan yang ditemukan dan menetap di alam tetapi bentuk kimianya dapat berubah akibat pengaruh fisiologi, biologis atau akibat aktivitas manusia. Toksisitas logam berat dapat berubah drastis bila penyusun kimianya berubah. Di dalam lingkungan perairan, bentuk logam berat antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik dan ion kompleks. Kelarutan logam berat dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH akan menurunkan kelarutan logam berat dalam air karena kenaikan pH mengubah kestabilan air dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap membentuk lumpur (O'Neill, 1993 dalam Putri., 2005).

Toksisitas suatu logam berat non essential dapat meningkat atau menurun oleh karena ada atau tidaknya logam berat essential. Vouk (1986) menjelaskan bahwa logam berat essential adalah logam berat yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, sedangkan logam berat non essential adalah logam berat yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr. Selain terjadi reaksi antar logam berat essential dengan non essential, logam berat essential juga dapat bereaksi dengan logam berat essential yang lainnya. Hal ini terjadi jika salah satu mineral essential defisiensi yang dipengaruhi oleh naiknya kandungan beberapa unsur mineral essential lainnya (Darmono, 1995). Unsur logam berat yang memiliki sifat fisika dan kimia yang hampir sama secara biologis akan bersifat antagonis dan sinergis satu dengan yang lainnya. (Hill dan Matron, 1970 dalam Darmono, 1995).

### 2.3 Toksisitas Timbal (Pb)

Timbal memiliki nomor atom 82, massa atom 207,22 gram, titik leleh  $327^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $1470^{\circ}\text{C}$ . Timbal (Pb) banyak digunakan dalam industri kimia karena mudah dibentuk dan digunakan dengan titik lebur yang rendah sehingga memberikan biaya operasional yang lebih murah. Timbal bila dicampur dengan logam lain akan membentuk logam campuran yang lebih baik daripada logam murninya. Timbal (Pb) memiliki sifat kimia aktif yang dapat digunakan untuk melapisi logam agar terhindar dari perkaratan (Darmono, 2001).

Timbal lebih tersebar luas dibandingkan logam toksik lainnya karena timbal dan persenyawannya dapat berada di dalam perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah, timbal masuk ke perairan melalui akumulasi timbal di udara kemudian masuk ke dalam perairan dengan bantuan air hujan (Palar, 1994). Selain itu timbal digunakan dalam berbagai macam industri yaitu industri baterai, produk logam, pelapis kabel, bahan kimia, pewarna, campuran keramik glasses, penambangan dan peleburan logam (Darmono, 1995). Senyawa timbal (Pb) sebagai sumber Pb yaitu berupa senyawa anorganik yang terdiri dari senyawa timbal asetat, timbal nitrat, timbal sulfat dan timbal karbonat sedangkan senyawa organik terdiri dari timbal tetrametil dan timbal tetraetil (Hutagalung, 1991).

Timbal (Pb) termasuk logam tipe kelas B, yang merupakan komponen kovalen dan jarang berbentuk ion bebas. Logam kelas B masuk ke dalam tubuh crustacea dan berikatan dengan protein (Palar, 1994). Logam kelas B biasanya masuk melalui insang, organ pencernaan, kulit dan terakumulasi dalam hati atau hepatopankreas (Darmono, 1995). Senyawa Timbal (Pb) yang ada dalam perairan dapat ditemukan dalam bentuk ion-ion divalen atau ion-ion tetravalen. Dalam beberapa penelitian menunjukkan bahwa ion divalen lebih berbahaya dibandingkan dengan ion Pb tetravalen (Palar, 1994).

Logam kelas B terlibat dalam proses-proses fungsi enzim secara normal. Logam kelas B lebih reaktif terhadap ikatan ligan dengan sulfur dan nitrogen sehingga hal ini sangat penting dalam sistem fungsi metaloenzim yang mengganggu (bersifat racun) terhadap metabolisme sel itu sendiri. Apabila jaringan mengikat logam berat yang salah atau mengikat logam lain yang bukan

semestinya maka akan dapat menyebabkan rusaknya kemampuan katalitik (detoksikasi) dari jaringan organ tersebut. Hal ini dapat terjadi pada jaringan hepatopankreas yang menyebabkan rusaknya fungsi organ karena beberapa logam yang termasuk kelas B terikat sebagai logam (Darmono, 1995).

Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) dalam Putra (2005) mengemukakan, timbal (Pb) termasuk dalam kelompok logam berat yang memiliki sifat toksisitas tinggi. Timbal tidak terlihat dalam mekanisme biologi apapun dan tidak dapat terurai secara biologis. Lebih lanjut dikatakan oleh (Darmono, 1995) dilihat dari sifat fisika dan kimianya Pb tidak mudah mengalami degradasi sehingga masukan logam berat ke dalam perairan akan mencemari organisme perairan. Apabila keadaan ini berlanjut terus dapat menimbulkan efek negatif terhadap sistem yang lebih kompleks seperti rantai makanan, ekologi dan produktifitas perairan maupun perubahan genetik organisme perairan tersebut.

Timbal diekskresikan sedikit sekali dan lambat sehingga cenderung menetap dalam tubuh. Hal ini, mengakibatkan kandungan dalam jaringan meningkat sesuai dengan kenaikan konsentrasi logam berat timbal dalam air oleh sebab itu bila tubuh kemasukan timbal maka timbal akan menumpuk sedikit demi sedikit dalam jaringan tubuh sampai akhirnya mencapai tingkat yang bersifat racun (Palar, 2004).

#### **2.4 Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb) pada Crustacea**

Penyebab utama logam berat timbal (Pb) menjadi bahan pencemar berbahaya karena logam timbal tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan terakumulasi ke lingkungan terutama mengendap di dasar

perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik (Volesky, 2004) sehingga crustacea yang bersifat pemakan detritus sangat rentan tercemar. Crustacea yang hidup dalam perairan tercemar logam timbal dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam berat timbal dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan yang terakumulasi dalam tubuh crustacea (Rai dkk., 1981 dalam Putri, 2005). Setiap jenis crustacea mempunyai kemampuan yang berbeda dalam menyerap logam dari lingkungan tempat hidupnya (Rainbow, 1995).

Perubahan morfologis yang terjadi pada hepatopankreas oleh pencemaran logam berat timbal (Pb) adalah degenerasi sel (Conel, 1995). Bentuk perubahan degeneratif sel yang paling sering dijumpai adalah menyangkut penimbunan lemak di dalam sel yang terkena. Bentuk perubahan ini menyebabkan hilangnya pengaturan volume pada bagian-bagian sel. Ini terjadi pada tingkat membran. Secara mikroskopis, sitoplasma dari sel-sel yang terkena tampak bervakuola dan banyaknya lipid yang tertimbun didalam sel begitu besar sehingga inti sel terdesak ke satu sisi dan sitoplasma sel ditempati oleh satu vakuola besar yang berisi lipid (Anderson dkk., 1994).

## 2.5 Hepatopankreas

Hepatopankreas adalah salah satu bagian tubuh yang paling berpengaruh pada udang. Hepatopankreas juga merupakan organ terbesar di kepala udang dengan berat  $\pm 2 - 6 \%$  dari total berat badan udang keseluruhan. Organ ini terdiri dari tubula-tubula kecil yang saling berhubungan membentuk sebuah tubula besar, yang kemudian berhubungan dengan perut. Masing-masing tubula di

hepatopankreas terdiri dari empat sel, yaitu B – Cell : sel basal, E – Cell : sel epitel, F – Cell : sel yang memproduksi enzim pencernaan, R – Cell : sel yang menyimpan cadangan lemak. Pada udang hepatopankreas memiliki beberapa fungsi, diantaranya detoksikasi, memproduksi enzim-enzim pencernaan, menyimpan hasil-hasil pencernaan termasuk mineral dan bahan-bahan organik, ekskresi produk-produk sisa, metabolisme lemak dan karbohidrat untuk penyediaan energi bagi udang, dan juga menyebarkan nutrisi ke berbagai bagian tubuh untuk berbagai fungsi fisiologis, khususnya pembentukan kembali kulit udang saat periode moulting. Warna hepatopankreas sangat dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya : jenis pakan yang masuk, khususnya zat warna yang terkandung dalam pakan, oleh karena itu warna hepatopankreas bisa coklat, merah, hijau, kuning atau biru (Suryotomo, 2001)

## **BAB III**

# **KERANGKA KONSEPTUAL**

### III. KERANGKA KONSEPTUAL

Usaha perikanan yang semakin meningkat tidak akan terlepas dari suatu kendala. Salah satu masalah utama dalam usaha perikanan adalah pencemaran perairan. Dengan semakin meningkatnya pembangunan di berbagai bidang terutama industri dan perdagangan di Indonesia, maka penggunaan bahan berbahaya dan beracun di dalam proses industri semakin meningkat. Konsekuensinya limbah berbahaya dan beracun yang dikeluarkan dari kegiatan tersebut akan menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik.

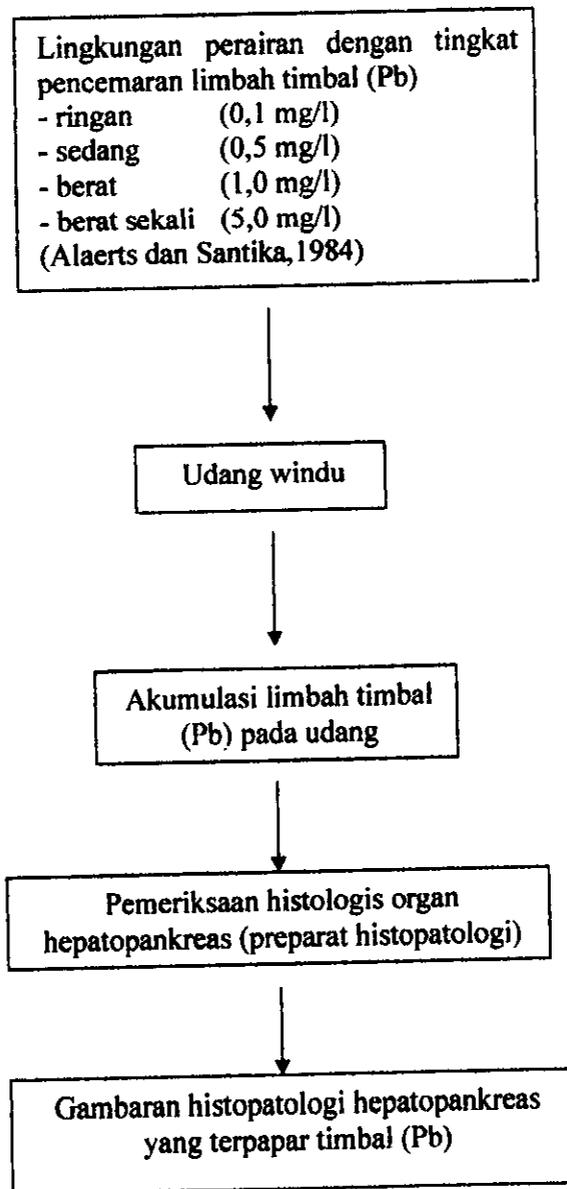
Pencemaran lingkungan perairan akan berdampak negatif terhadap organisme perairan, termasuk udang. Sumber pencemaran perairan salah satu disebabkan oleh masuknya bahan berbahaya logam berat timbal (Pb). Bila kandungannya dalam perairan melebihi batas toleransi maka akan membahayakan kehidupan udang.

Pencemaran untuk logam berat timbal (Pb) di perairan yang digunakan untuk budidaya perikanan dibagi dalam 4 kategori; ringan (0,1 mg/l), sedang (0,5 mg/l), berat (1 mg/l) dan berat sekali (5 mg/l) (Alaerts dan Santika, 1984).

Pencemaran logam berat timbal (Pb) ini pengaruhnya terhadap udang tidak langsung terlihat, tetapi setelah beberapa waktu kandungan timbal (Pb) akan terakumulasi di dalam tubuh udang sehingga dapat mempengaruhi kelangsungan hidup dan mortalitas selain itu akan mempengaruhi nilai jual di pasaran karena tingginya residu bahan pencemar didalam tubuh udang. Oleh karena itu untuk mengetahui pengaruh logam berat timbal (Pb) terhadap udang windu maka dengan membandingkan perubahan gambaran hasil pemeriksaan histologis organ

hepatopankreas yang terpapar oleh timbal (Pb). Hasil dari uji pemeriksaan histologis diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan informasi sebagai upaya mengkaji bahaya logam berat timbal (Pb) terhadap kehidupan udang windu selain itu sebagai dasar penentuan tingkat konsentrasi pencemaran yang masih layak untuk budidaya.

Secara skematis kerangka konseptual penelitian digambarkan pada Gambar 2



**Gambar 2. Kerangka konseptual penelitian**

**BAB IV**

**METODOLOGI**

## IV. METODOLOGI

### 4.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 30 oktober sampai dengan 15 november 2006, bertempat di Laboratorium Pendidikan Perikanan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.

### 4.2 Materi Penelitian

#### 4.2.1 Alat Penelitian

Bak pemaparan, aerator, Spektrofotometri Serapan Atom, DO meter, pH pen, refraktometer, *baker glass*, termometer, akuarium, pipet ukur, potsalep, pisau bedah, gunting bedah, pinset. Alat untuk pembuatan preparat histologi adalah oven, *hotplate*, gelas pewarnaan, *object glass*, *cover glass* dan mikroskop.

#### 4.2.2 Bahan Penelitian

Udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) umur 2 bulan (tokolan) yang berasal dari pembenihan udang di daerah Gresik,  $Pb(NO_3)_2$  1000 ppm, klorin, air tawar, air laut, pakan berupa pellet. Bahan untuk pembuatan preparat histologi adalah cairan Davitson, alkohol 70%, 80%, 95% dan 96%, absolut xylol, blok parafin, zat warna *hematoxylin eosin*.

### 4.3 Metode Penelitian

#### 4.3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan memberikan perlakuan beberapa dosis logam berat timbal (Pb) pada udang windu yang kemudian diamati perubahan histologis hepatopankreasnya dan membandingkan

hasil yang diperoleh dari perlakuan dan kontrol. Penelitian eksperimental dilakukan untuk mengetahui kemungkinan adanya hubungan sebab akibat diantara variabel dengan cara menghadapkan kelompok eksperimental pada beberapa macam kondisi perlakuan dan membandingkan dengan kelompok kontrol tanpa perlakuan (Aswar, 2004).

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap yaitu penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui SC - 10 hari (*Save Concentration*) sebagai batas akhir paparan logam berat timbal (Pb) dalam penelitian utama sedangkan penelitian utama sendiri bertujuan untuk mengetahui pengaruh logam berat timbal (Pb) terhadap perubahan histologis hepatopankreas udang windu.

Rancangan penelitian yang akan digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dengan 3 ulangan. Sebagai perlakuan adalah dosis timbal (Pb) dengan konsentrasi yang berbeda. Lima macam perlakuan tersebut berdasarkan Alaerts dan Santika (1984), yang menetapkan tingkat pencemaran perairan untuk budidaya perikanan oleh logam berat timbal (Pb) dengan pembagian sebagai berikut :

- P<sub>0</sub> : masing-masing bak berisi 10 ekor udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi timbal (Pb) 0 mg/l (kontrol).
- P<sub>1</sub> : masing-masing bak berisi 10 ekor udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi timbal (Pb) 0.1 mg/l (tingkat pencemaran ringan).
- P<sub>2</sub> : masing-masing bak berisi 10 ekor udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi timbal (Pb) 0,5 mg/l (tingkat pencemaran sedang).
- P<sub>3</sub> : masing-masing bak berisi 10 ekor udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi timbal (Pb) 1 mg/l (tingkat pencemaran berat).

P4 : masing-masing bak berisi 10 ekor udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi timbal (Pb) 5 mg/l (tingkat pencemaran berat sekali).

#### 4.3.2 Prosedur kerja

##### A. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akan dijadikan acuan untuk melaksanakan penelitian utama. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa pada hari ke - 11 udang mulai mengalami penurunan populasi akibat paparan logam berat timbal (Pb) pada semua dosis konsentrasi. Berdasarkan hasil ini maka diperoleh SC - 10 hari yang kemudian dijadikan batas akhir pemaparan logam berat timbal (Pb) pada penelitian utama.

##### B. Persiapan Penelitian

Persiapan mengenai peralatan dan bahan yang akan digunakan penting dilakukan sebelum penelitian utama dimulai. Kegiatan persiapan tersebut adalah:

1. Penyediaan akuarium sebagai penampungan sementara udang windu untuk sementara. Udang windu yang dipakai pada penelitian ini adalah ukuran tokolan (2,5 cm).
2. Penampungan air media yang akan digunakan.

Air media yang akan digunakan dianalisis terlebih dahulu kandungan timbal alaminya pada Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya untuk mendapatkan nilai logam berat timbal (Pb) yang layak untuk penelitian. Analisisnya menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom. Diketahui kandungan logam berat timbal (Pb) alami dalam air media sebesar 0,054 mg/l.

3. Wadah pemeliharaan udang windu berupa bak kecil dibersihkan menggunakan detergen dan disterilkan dengan klorin 30 ppm kemudian wadah dibilas dengan air tawar sampai bersih dan bau klorin hilang.
4. Peralatan lain berupa selang aerasi, pipet, *baker glass*, serok dan peralatan lainnya disterilkan dengan merendam pada larutan klorin 30 ppm selama 24 jam.
5. Udang windu yang digunakan ditimbang beratnya, kemudian diaklimatisasi selama 7 hari pada bak uji coba dengan kondisi laboratorium. Masing-masing bak diisi 10 ekor udang dengan volume air 6 liter
6. Pembuatan media uji

Media yang digunakan adalah larutan induk timbal nitrat  $Pb(NO_3)_2$  1000 ppm.

Pembuatan media uji dengan konsentrasi Pb yang berbeda menggunakan rumus :

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

Keterangan :  $N_1$  = konsentrasi contoh atau larutan stok awal

$N_2$  = konsentrasi larutan uji yang diinginkan

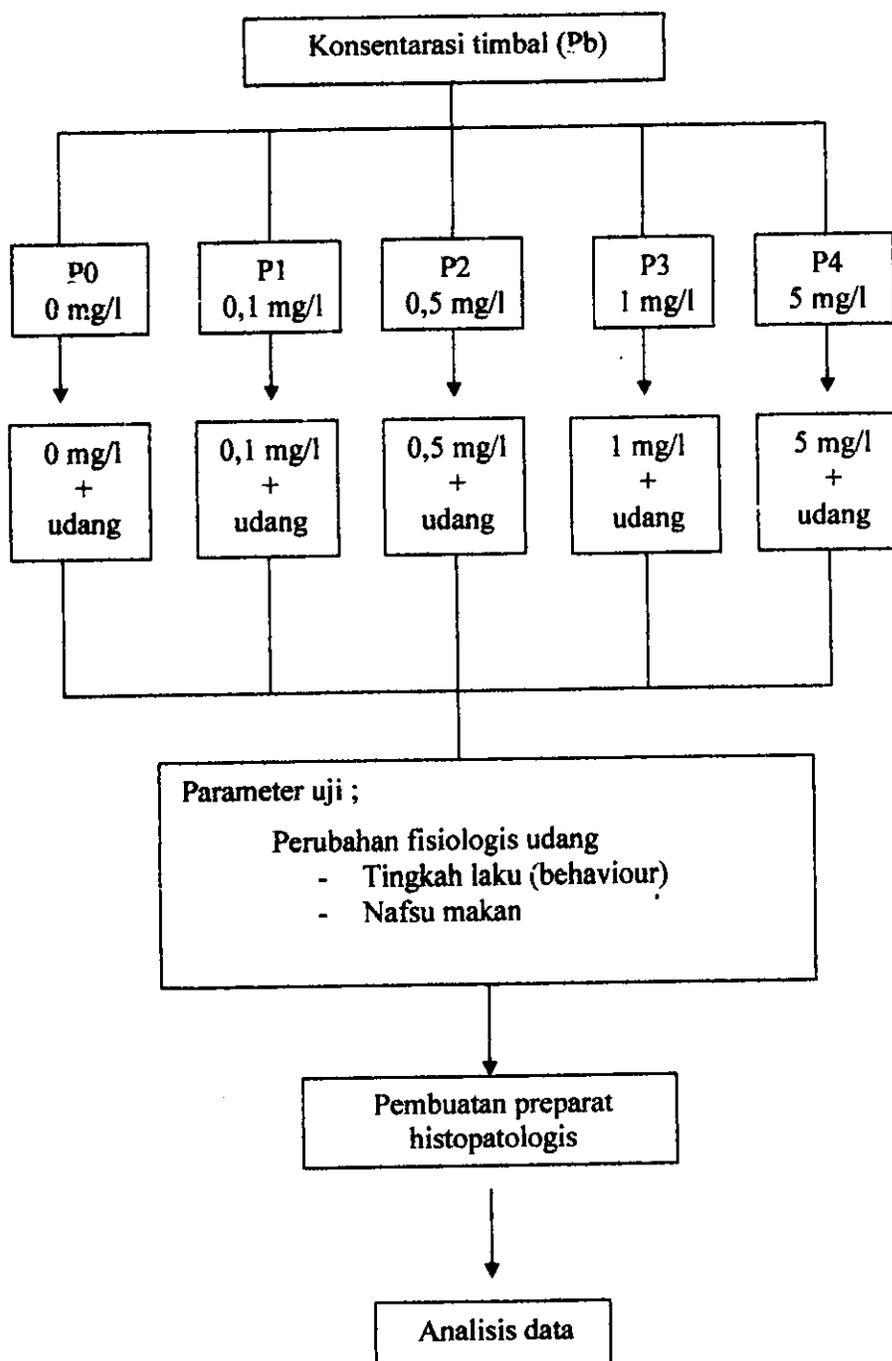
$V_1$  = volume contoh atau larutan yang harus ditambahkan

$V_2$  = volume larutan uji

### C. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan memasukkan larutan timbal (Pb) cair ke media uji yang telah terisi udang sesuai dengan dosis yang telah ditentukan yaitu 0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l dan 0,5 mg/l. Pemaparan timbal (Pb) ini dilakukan selama 10 hari dengan mengontrol kualitas air media coba seperti suhu, salinitas, oksigent terlarut (DO) dan pH di awal serta akhir pemaparan pada waktu pagi dan

sore hari. Setelah 10 hari, pemaparan dihentikan kemudian dipilih udang yang terlihat paling lemah akibat perlakuan untuk dibuat histopatologi organ hepatopankreasnya. Dari setiap bak yang berisi 10 ekor udang diambil satu ekor yang paling lemah. Udang terlihat kehilangan keseimbangan pada saat berenang, lebih banyak diam didasar bak, tidak sensitif terhadap respon dan sering membalikkan badan. Sediaan histopatologi organ hepatopankreas yang telah jadi diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 40. Bagan prosedur kerja dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Prosedur Kerja

#### D. Pembuatan dan Pengamatan Preparat Histologi

Pengambilan organ hepatopankreas pada tiap perlakuan dilakukan setelah penelitian selesai. Setelah itu, organ dimasukkan ke dalam pot salep yang berisi cairan Davitson kemudian dibuat preparat histopatologi. Pembuatan preparat histopatologi ini dilakukan di Laboratorium Patologi Veteriner Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. Prosedur pembuatan preparat histologi adalah sebagai berikut :

##### a. Fiksasi dan Pencucian

Fiksasi dan pencucian menggunakan reagen Davitson yang bertujuan untuk mempertahankan struktur dan komponen sel, mempertahankan sel dan larutan hipotonis dan hipertonis serta meningkatkan afinitas jaringan terhadap pewarnaan.

Udang windu yang telah diseksio diambil organ hepatopankreasnya dan dimasukan dalam Davitson sekurang-kurangnya 24 jam kemudian dilakukan pencucian dengan air mengalir selama 30 detik.

##### b. Dehidrasi dan Clearing

Dehidrasi dan clearing bertujuan untuk menarik air dari jaringan secara bertahap dan mentrasparasikan serta menggantikan larutan alkohol dari jaringan. Reagen yang digunakan adalah Alkohol 70%, 80%, 95%, alkohol absolut I, II dan III, xylol I dan II

Organ hepatopankreas yang telah dicuci dimasukan dalam reagen dengan urutan alkohol 70%, 80%, 90%, 96%, alkohol absolute I, alkohol absolut II, masing-masing 30 menit kemudian dimasukkan ke dalam *clearing agent* yaitu xylol

### c. Infiltrasi

Infiltrasi bertujuan untuk memasukkan paraffin ke dalam jaringan, paraffin akan menembus ruang antar sel dalam sel jaringan supaya lebih tahan terhadap pemotongan.

Cetakan besi yang telah diolesi dengan gliserin supaya paraffin tidak melekat pada besi disiapkan untuk diisi dengan paraffin cair kemudian hepatopankreas dimasukkan dalam cetakan. Tunggu sampai paraffin membeku atau mengeras.

### d. Pengirisan dengan mikrotom

Pengirisan bertujuan untuk memotong jaringan setipis mungkin agar mudah dilihat di bawah mikroskop.

Blok paraffin yang telah mengeras diiris dengan mikrotom dengan ketebalan 4 - 7 mikron kemudian masukkan ke dalam air hangat dengan suhu 42 - 45°C sampai jaringan mengembang dengan baik. Olesi *object glass* dengan *egg albumin* kemudian letakan jaringan pada gelas obyek setelah itu keringkan diatas *hot plate*

### e. Pewarnaan

pewarnaan bertujuan untuk memudahkan melihat perubahan pada jaringan. Sediaan hepatopankreas diwarnai dengan metode Harris dengan pewarnaan Hematoxylin Eosin sehingga dapat dilihat dengan jelas bentuk masing-masing selnya.

Jaringan yang telah dikeringkan, di masukan ke dalam Xylol I selama 3 menit kemudian Xylol II selama 1 menit setelah itu masukan berturut-turut kedalam alkohol absolut I, alkohol absolut II, alkohol 96%, 90%, 80%, 70%, dan

air kran selama 1 menit. Masukkan jaringan ke dalam zat warna Harris selama 5-10 menit kemudian dalam air kran selama 5 menit. Setelah itu, celupkan ke dalam alkohol asam sebanyak 3 - 10x celupan, air kran sebanyak 4x celupan, amoniak sebanyak 4x celupan kemudian masukkan kembali dalam air kran selama 10 menit, ke dalam akuades 5 menit. Perlakuan ke dalam alkohol bertingkat dilakukan sekali lagi, masing-masing selama 0,5 menit dan terakhir masukkan ke dalam xylol I dan II masing-masing selama 2 menit kemudian baru dibersihkan dari sisa-sisa pewarnaan.

#### f. Mounting

Suatu penutupan gelas obyek dengan gelas penutup yang sebelumnya telah ditetesi dengan Canada balsam.

#### g. Pemeriksaan mikroskopis

Pemeriksaan dilakukan dengan pembesaran lemah menuju ke pembesaran kuat yaitu 100x dan 400x.

### 4.3.3 Parameter Uji

Parameter utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil pengamatan secara mikroskopis perubahan histologis organ hepatopankreas udang windu .

Pengamatan secara mikroskopis ditujukan untuk mengetahui perubahan histologis organ hepatopankreas yaitu pada keadaan vakuolisasi. Setiap preparat diamati sebanyak lima lapang pandang dan dipilih secara acak. Menurut Daniel (1976) setiap jenis kerusakan dilakukan skoring dengan cara yang sama, yaitu dengan ketentuan :

- Nilai 0 : diberikan jika tidak terjadi kerusakan atau perubahan histologi sama sekali pada satu lapang pandang.
- Nilai +1 : apabila terdapat kerusakan atau perubahan histologi sebesar kurang dari sama dengan 25 % dalam satu lapang pandang.
- Nilai +2 : apabila terdapat kerusakan atau perubahan histologi sebesar kurang dari sama dengan 50 % dalam satu lapang pandang.
- Nilai +3 : apabila dalam satu lapang pandang terdapat kerusakan atau perubahan histologi lebih dari 50 %

#### **4.3.4 Analisis Data**

Data hasil penelitian diperoleh dari hasil skoring perubahan histopatologis hepatopankreas dan dianalisis statistik dengan menggunakan uji Kruskal-Wallis (Saleh, 1986) dan jika terdapat perbedaan nyata dilanjutkan dengan uji Z untuk mengetahui perlakuan yang paling besar pengaruhnya (Daniel, 1979).

**BAB V**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Hasil

Hasil pengamatan hepatopankreas udang windu yang terpapar logam berat timbal (Pb) terbagai menjadi 5 kelompok. Kelompok P0 tanpa perlakuan logam berat timbal (Pb) sebagai kontrol, kelompok tingkat konsentrasi pencemaran ringan (P1) dengan konsentrasi 0,1 mg/l, kelompok tingkat konsentrasi pencemaran sedang (P2) dengan konsentrasi 0,5 mg/l, kelompok tingkat konsentrasi pencemaran berat (P3) dengan konsentrasi 1 mg/l dan kelompok tingkat konsentrasi pencemaran berat sekali (P4) dengan konsentrasi 5 mg/l. Gambaran perubahan histologis pada hepatopankreas udang windu yang terpapar logam berat timbal (Pb) berupa vakuolisasi. Hasil rata-rata skoring dan persentase kejadian vakuolisasi pada hepatopankreas udang windu yang terpapar logam berat timbal (Pb) dapat dilihat pada Tabel 1. Perhitungan hasil skoring, standar deviasi (SD), dan persentase kerusakan tiap perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 1.

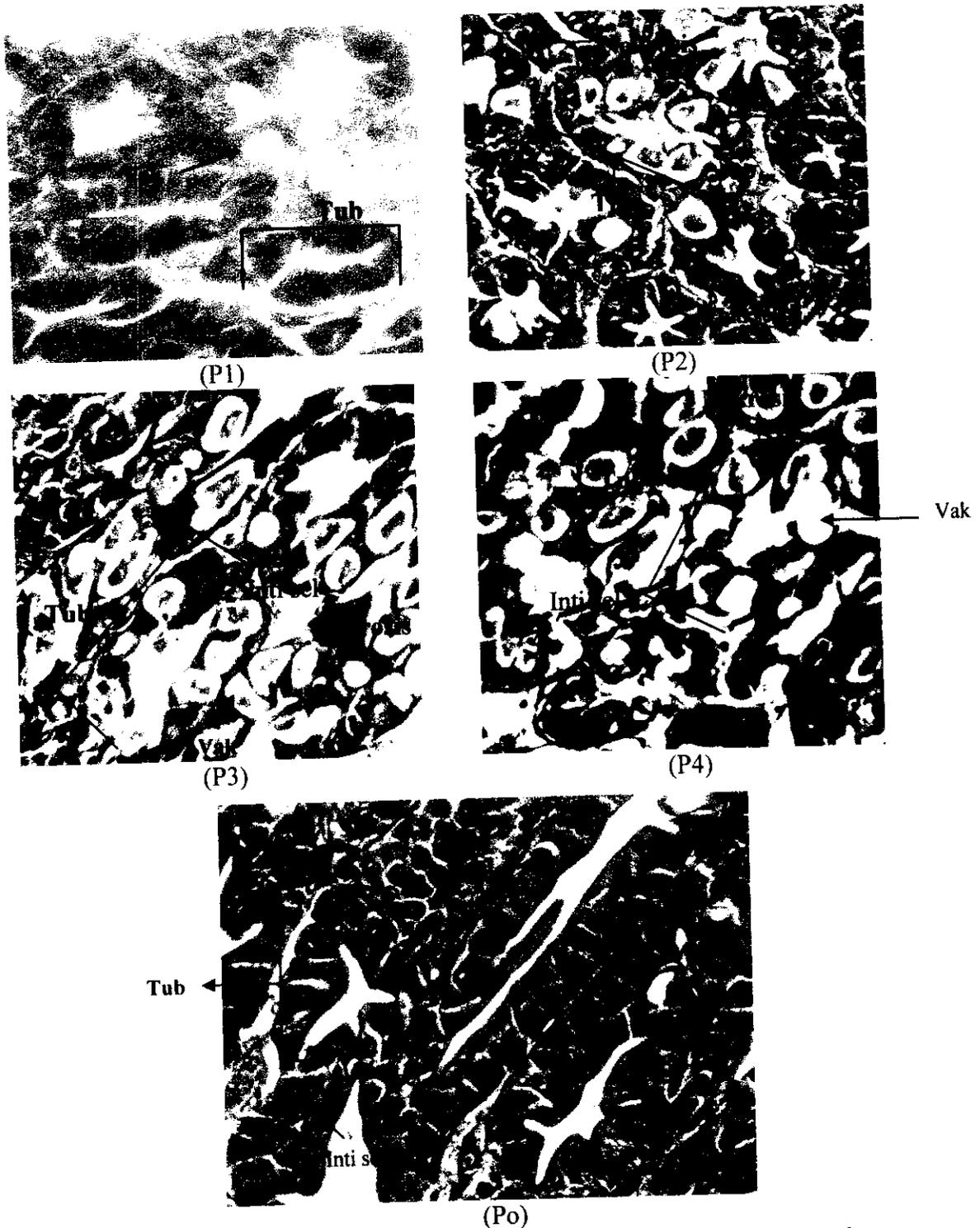
**Tabel 1. Rata-rata skoring dan persentase kejadian vakuolisasi pada hepatopankreas udang windu yang terpapar logam berat timbal (Pb)**

Kelompok	Vakuolisasi	
	Rata-rata $\pm$ SD	%
P0 (kontrol)	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>e</sup>	0
P1 (0,1 mg/l)	1,47 $\pm$ 0,16 <sup>d</sup>	48,89
P2 (0,5 mg/l)	2,20 $\pm$ 0,28 <sup>bc</sup>	73,33
P3 (1,0 mg/l)	2,40 $\pm$ 0,28 <sup>ab</sup>	80,00
P4 (5,0 mg/l)	2,47 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	82,22

Keterangan : a,b,c,d dan e superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ( $Z > 0,05$ ).

Tabel 1. menunjukkan bahwa perlakuan kontrol tidak mengalami kerusakan pada hepatopankreas dan berbeda nyata dengan kelompok perlakuan yang lain. Masing-masing perlakuan menunjukkan tingkat kerusakan yang berbeda sesuai dengan tingkat konsentrasi timbal (Pb). Perlakuan P1 menunjukkan bahwa pada hepatopankreas mengalami vakuolisasi dengan volume paling rendah dibandingkan dengan udang yang terpapar pada konsentrasi pencemaran sedang (P2), berat (P3) dan pada konsentrasi pencemaran berat sekali (P4) yaitu  $1,47 \pm 0,16$  dimana persentase kerusakannya 48,89 %. Rata-rata skoring kerusakan yang terjadi pada konsentrasi pencemaran sedang (P2) adalah sebesar  $2,20 \pm 0,28$  dengan persentase kerusakan sebesar 73,33 %. Sedangkan pada konsentrasi pencemaran berat (P3) rata-rata skoring kerusakan yang terjadi sebesar  $2,40 \pm 0,28$  dengan persentase kerusakan sebesar 80,00 %. Kerusakan tertinggi terjadi pada konsentrasi pencemaran berat sekali (P4) dimana terjadi kerusakan dengan rata-rata skoring sebesar  $2,47 \pm 0,19$  dengan persentase 82,22 %.

Perubahan yang mencolok pada hepatopankreas dapat dilihat dari hasil foto mikroskop yang tersaji pada gambar 4. Tubulus hepatopankreas udang windu dengan perlakuan kontrol sama sekali tidak terlihat adanya vakuolisasi yang terjadi. Sedangkan pada tubulus hepatopankreas yang terpapar oleh logam berat timbal (Pb) terlihat jelas terjadinya vakuolisasi, terutama pada paparan logam berat dengan konsentrasi pencemaran berat sekali (P4) yaitu 5 mg/l.



Gambar 4. Tubulus hepatopankreas udang windu yang terpapar logam berat timbal (Pb).

Keterangan : (P1) Tubulus hepatopankreas yang terpapar logam berat timbal (Pb) 0,1 mg/l (10 x 40). (P2) Tubulus hepatopankreas yang terpapar logam berat timbal (Pb) 0,5 mg/l (10 x 40). (P3) Tubulus hepatopankreas yang terpapar logam berat timbal (Pb) 1 mg/l (10 x 40). (P4) Tubulus hepatopankreas yang terpapar logam berat timbal (Pb) 5 mg/l (10 x 40). (P0) Tubulus hepatopankreas kontrol (10 x 40). (tub: tubulus. vak: vakuolisasi).

Pada Gambar 4. terlihat gambaran sel tubulus hepatopankreas dari udang windu tanpa perlakuan logam berat timbal (P0) memperlihatkan bahwa tubulus dalam keadaan yang normal yaitu tidak ditemukan kerusakan. Kerusakan tubulus terlihat jelas pada hepatopankreas yang terpapar logam berat timbal (Pb). Pada perlakuan konsentrasi pencemaran ringan 0,1 mg/l (P1) terlihat bahwa tubulus mulai mengalami vakuolisasi. Kerusakan lebih lanjut terlihat pada perlakuan konsentrasi pencemaran sedang (P2) yaitu 0,5 mg/l. Pada konsentrasi tersebut tubulus hepatopankreas mengalami nekrosis dengan adanya vakuola-vakuola yang semakin bertambah volumenya dan inti sel mulai terdesak ke salah satu sisi. Tubulus semakin rusak karena mengalami peluruhan dengan terlihatnya vakuola-vakuola yang merata pada setiap tubulus, hal ini terlihat pada perlakuan konsentrasi pencemaran berat (P3) yaitu 1 mg/l dan perlakuan pencemaran berat sekali (P4) yaitu 5 mg/l.

Vakuolisasi pada hepatopankreas udang windu menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan dengan nilai Z tabel  $(0,05)$  (Tabel 1) . Uji Z menunjukkan bahwa terjadi peningkatan vakuolisasi hepatopankreas yang signifikan ( $Z_{hit} > Z_{tabel 0,05}$ ) untuk vakuolisasi hepatopankreas terdapat di seluruh perlakuan.

**Tabel 2. Nilai Z tiap perlakuan konsentrasi pada hepatopankreas yang mengalami vakuolisasi**

Perlakuan	Rata-rata (x)	Beda				Uji Z (0,05)
		(x - P <sub>0</sub> )	(x - P <sub>1</sub> )	(x - P <sub>2</sub> )	(x - P <sub>3</sub> )	
P <sub>4</sub>	12,0	10,0*	6,3*	2,0*	1,0	1,7774
P <sub>3</sub>	11,0	9,0*	5,3*	1,0		
P <sub>2</sub>	10,0	8,0*	4,3*			
P <sub>1</sub>	5,7	3,0*				
P <sub>0</sub>	2,0					

Keterangan : \*  $Z_{hit} > Z_{tabel}$

Uji Z yang dilakukan pada tiap perlakuan pada hepatopankreas yang mengalami vakuolisasi akibat paparan logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi yang berbeda menunjukkan persentase vakuolisasi yang semakin besar seiring dengan tingkat konsentrasi logam berat timbal (Pb).

Pada kelompok udang tanpa perlakuan logam berat timbal (P<sub>0</sub>) berdasarkan uji Z memiliki perbedaan yang sangat nyata ( $Z_{hit} > Z_{tabel 0,05}$ ) dengan kelompok perlakuan udang yang tercemar logam berat timbal (Pb) baik tingkat konsentrasi pencemaran ringan (P<sub>1</sub>), sedang (P<sub>2</sub>), berat (P<sub>3</sub>) dan berat sekali (P<sub>4</sub>). Perhitungan uji Z tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1. Pada udang yang diperlakukan pada tingkat konsentrasi pencemaran ringan (P<sub>1</sub>) yaitu 0,1 mg/l diperoleh kerusakan vakuolisasi pada hepatopankreas yang berbeda nyata ( $Z_{hit} > Z_{tabel 0,05}$ ) dengan kelompok perlakuan udang dengan tingkat pencemaran sedang (P<sub>2</sub>), berat (P<sub>3</sub>), dan berat sekali (P<sub>4</sub>). Pada kelompok udang dengan konsentrasi pencemaran sedang (P<sub>2</sub>) yaitu 0,5 mg/l juga diperoleh vakuolisasi pada tubulus hepatopankreas yang berbeda nyata ( $Z_{hit} > Z_{tabel 0,05}$ ) dengan kelompok perlakuan udang dengan tingkat pencemaran berat sekali (P<sub>4</sub>) tetapi tidak berbeda

nyata ( $Z_{hit} < Z_{tabel 0,05}$ ) dengan kelompok perlakuan udang tercemar berat (P3). Sedangkan perlakuan P3 dengan konsentrasi pencemaran berat yaitu 1 mg/l menghasilkan perhitungan yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan konsentrasi berat sekali (P4) ( $Z_{hit} < Z_{tabel 0,05}$ )

Pemantauan kualitas air guna menjaga air tetap baik, maka dilakukan penyiponan setiap tiga hari sekali tanpa dilakukan pergantian air. Pemeriksaan kualitas air dilakukan pada semua media uji pemeliharaan.

**Tabel 3. Data pengukuran kualitas air selama pemaparan**

kelompok	Parameter							
	Suhu (°C)		DO (mg/l)		pH		Salinitas (ppt)	
	awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir
P0	27	27	5,6	5,6	7,7	7,7	20	20
P1	27	27	5,6	5,6	7,7	7,7	20	20
P2	27	27	5,6	5,5	7,7	7,7	20	20
P3	27	27	5,6	5,5	7,7	7,6	20	20
P4	27	27	5,6	5,5	7,7	7,6	20	20

## 5.2 Pembahasan

Organ tubuh udang yang paling rawan terhadap zat-zat kimia dan terserang penyakit adalah hepatopankreas (Rainbow, 1995). Pada udang, hepatopankreas berfungsi sebagai hati yang memiliki fungsi ekskresi, sekresi penyimpanan dan detoksikasi. Organ ini terletak di bawah carapax, di bagian chepalotorax yang merupakan organ penting pada udang (Chanratchakool et.al, 1994).

Organ hepatopankreas dapat mengalami kerusakan karena adanya logam berat timbal (Pb) yang terdapat di lingkungan perairan. Kerusakan ini sering ditunjukkan dengan adanya vakuolisasi di beberapa tempat pada selnya. Vakuolisasi yaitu suatu kerusakan yang terjadi karena adanya penimbunan lemak

yang menimbulkan ruang-ruang kosong pada sitoplasma (Anderson dkk., 1994). Banyaknya lipid yang tertimbun didalam sel begitu besar sehingga inti sel terdesak ke satu sisi dan pada sitoplasma sel banyak terbentuk vakuola besar yang berisi lipid. Jika pengaruh berbahaya pada sebuah sel cukup besar atau berlangsung cukup lama, maka sel akan mencapai suatu titik dimana sel tidak dapat lagi mengkompensasi dan tidak dapat melangsungkan metabolisme. Keadaan semacam ini yang disebut nekrosis atau kematian sel (Douglas, Richard and Allen, 1984).

Umumnya, walaupun perubahan-perubahan lisis yang terjadi dalam jaringan nekrotik dapat melibatkan sitoplasma sel, inti yang paling jelas menunjukkan perubahan-perubahan yang menunjukkan kematian sel. Menurut Douglas, Richard dan Allen (1984), perubahan ini terbagi menjadi 3 tingkatan yaitu piknosis dimana inti sel yang mati itu menyusut, batasnya tidak teratur dan berwarna gelap setelah dilakukan proses pewarnaan dan intinya disebut piknotik. Karioreksis yaitu ditandai dengan terjadinya kerusakan pada inti yang pecah berkeping-keping dengan meninggalkan pecahan-pecahan zat kromatin. Akhirnya, pada beberapa keadaan inti sel yang mati kehilangan kemampuan untuk diwarnai dan menghilang begitu saja sehingga sulit dikenal lagi, proses ini disebut kariolisis.

Gambaran histopatologi hepatopankreas pada hasil pengamatan P0 (0 mg/l) memperlihatkan bahwa tubulus dalam kondisi yang normal. Pemaparan logam berat timbal (Pb) terhadap udang windu dengan konsentrasi pencemaran ringan (P1) yaitu 0.1 mg/l menunjukkan terjadinya perbedaan dibandingkan dengan hasil pengamatan P0 (0 mg/l). Hal ini disebabkan oleh terjadinya vakuolisasi akibat akumulasi konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang terikat pada tubulus.

Peningkatan konsentrasi logam berat timbal (Pb) diiringi peningkatan persentase vakuolisasi, hal ini menunjukkan ketidakmampuan sel untuk melakukan adaptasi terhadap masukan bahan asing yang bersifat toksik (Martaningtyas, 2004).

Pada perlakuan konsentrasi pencemaran sedang (P2) yaitu 0.5 mg/l, vakuolisasi yang terbentuk pada tubulus hepatopankreas berkembang menjadi nekrosis atau kematian sel yang nampak berupa pembesaran vakuola-vakuola yang semakin luas dengan penambahan jumlah tubulus yang lisis. Inti sel bentuknya tidak teratur serta menyerap zat warna lebih banyak atau warnanya menjadi lebih gelap setelah dilakukan proses pewarnaan. Hal ini diasumsikan bahwa sel pada tubulus mengalami piknosis akibat terjadi pengikatan logam berat timbal (Pb) yang berlangsung dengan kadar konsentrasi Pb yang lebih besar sehingga menghambat fungsi hepatopankreas. Hal ini ditunjukkan dengan mulai terjadi penurunan nilai rata-rata kerusakan. Tabel 1. menunjukkan rata-rata persentase kerusakan menurun sampai perlakuan berikutnya.

Nekrosis lebih jelas diperlihatkan oleh hepatopankreas pada pemaparan logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi pencemaran berat (P3) yaitu 1 ppm dan berat sekali (P4) yaitu 5 ppm, dimana pada tubula mengalami peluruhan. Penampakan histologi berupa tubula yang semakin rusak total dengan vakuola-vakuola (ruang-ruang kosong) yang merata pada setiap tubula. Inti sel mulai tidak jelas atau hilang, sehingga sulit dikenal lagi serta warnanya tidak begitu jelas setelah dilakukan proses pewarnaan. Kerusakan sebagaimana yang terjadi tersebut menyebabkan fungsi hepatopankreas yang kompleks menjadi hilang (Heath, 1987). Semakin tinggi kadar pemberian logam berat timbal (Pb) terhadap udang maka semakin besar tingkat kerusakan sel-sel udang (Connel, 1995). Hal ini dapat

ditunjukkan dengan peningkatan persentase tubulus yang mengalami peningkatan pada ke-4 kelompok perlakuan. Kelompok perlakuan P2, P3 dan P4 dibanding dengan kelompok perlakuan P1. Menteri Negara Lingkungan Hidup dalam Wardihana (1995), menjelaskan bahwa kadar logam berat timbal (Pb) yang diperbolehkan dalam perairan untuk budidaya perikanan sebesar 0,1 mg/l. Pada penelitian yang berlangsung selama 10 hari, diperoleh kadar logam berat timbal (Pb) yang dapat mematikan fungsi sel yaitu 0,5 mg/l sedangkan pada kadar 0,1 mg/l mengakibatkan vakuolisasi tetapi belum mengakibatkan kematian sel (nekrosis).

Price and Wilson (1989) mengungkapkan bahwa pada tubulus hepatopankreas seperti pada insang, akan mengalami gangguan pada mitokondria yang berperan menghasilkan energi dalam bentuk ATP yang akan dipergunakan untuk melakukan berbagai fungsi sel akibat pencemaran logam berat timbal (Pb). Logam berat timbal (Pb) masuk ke dalam sel dengan cara melibatkan protein transpor membran yang terdapat pada membran sel. Protein ini terdapat pada semua membran organisme hidup dalam berbagai bentuk dan jenis. Dalam mekanismenya tidak diperlukan bantuan secara khusus untuk mengangkut molekul timbal. Kemampuan melintasi membran hanya tergantung pada perbedaan konsentrasi dan perbedaan muatan listrik molekul-molekul pada kedua sisi membran yang hendak dilalui. Makin besar perbedaannya, makin besar kemampuan berdifusi melalui membran. Kedua perbedaan tersebut dinamakan gradien (perbedaan) elektrokomiawi. Kenyataannya bahwa membran plasma memiliki perbedaan muatan, yaitu sebelah dalam bermuatan negatif dan sebelah luar bermuatan positif. Perbedaan potensial ini akan mempermudah masuknya ion

timbal ( $Pb^{++}$ ). Beberapa protein transpor membentuk saluran yang dapat dilalui oleh bahan-bahan berukuran dan bermuatan sedang secara difusi dengan sederhana. Sebagian protein transpor lainnya mempermudah pengangkutan dengan jalan mengikat bahan yang hendak melintas membran sehingga protein transpor tersebut dinamakan protein pengangkut (Subowo, 1995).

Pada proses metabolisme membutuhkan energi yang terdapat dalam mitokondria. Mitokondria yang ada pada sel tubulus hepatopankreas terdiri dari dua lapisan unit membran yaitu membran luar dan membran dalam. Membran dalam banyak membentuk lipatan yang di dalamnya melekat enzim-enzim oksidatif sel. Rongga dalam mitokondria juga banyak mengandung enzim-enzim terlarut yang penting untuk menyaring energi dari nutrien, enzim-enzim ini bekerja sama dengan enzim oksidatif untuk oksidasi nutrien membentuk karbondioksida dan air. Energi yang dilepas digunakan untuk sintesis zat-zat berenergi tinggi yang dinamakan ATP. ATP kemudian ditranspor ke luar mitokondria dan berdifusi ke seluruh sel untuk melepaskan energinya bilamana diperlukan untuk melakukan fungsi sel (Fujaya, 2004).

Logam berat timbal (Pb) mempunyai kemampuan untuk berikatan dengan sistem enzim di dalam mitokondria yang mengakibatkan aktivitas enzim terhambat (Doull, Klasseen, Andur, 1980). Terhambatnya aktivitas enzim di dalam mitokondria tersebut akan mengganggu pembentukan ATP, bahkan dapat menghentikan pembentukan ATP (Mhite and Rainbow, 1982) sehingga mengganggu proses metabolisme. Gangguan pada proses ini akan menyebabkan penimbunan bahan didalam sel, diantaranya penimbunan lemak vakuolisasi di tubulus hepatopankreas, karena jejas yang mengenai sel begitu besar maka sel

tidak mampu mentolerir peningkatan konsentrasi logam berat timbal (Pb) sehingga mengakibatkan awal nekrosis sel (Darmawan, 1994 dan Price, 1976). Hal ini diperkuat oleh pendapat Andoko (1987), yang menyatakan bahwa gangguan metabolisme pada tingkat sel mengakibatkan peningkatan katabolisme dan pengurangan anabolisme yang diikuti dengan penimbunan bahan antar sel dan air.

Pada Tabel 3. dapat dilihat bahwa kondisi suhu, kadar oksigen terlarut, pH dan salinitas media selama masa pemaparan masih dalam kisaran toleransi udang windu. Hasil penelitian dipengaruhi oleh pemaparan logam berat timbal (Pb) dan bukan karena kualitas air. Kualitas air pada media uji masih dalam kisaran toleransi udang windu. Sesuai dengan pendapat Soegiarto dkk, (1979), Darmono (1991) dan Sumeru dan Ana (1992) mengatakan bahwa kisaran kualitas air yang masih dalam kisaran toleransi udang windu yaitu suhu 20 – 30 °C, bila suhu perairan dibawah 23 °C atau diatas 33°C akan menyebabkan kematian udang windu mencapai 90 %. Derajat keasaman (pH) 6,4 – 9,5 dimana pada pH perairan 6,4 walaupun tidak mengalami kematian pertumbuhan udang windu terhambat, kematian masal terjadi apabila pH dibawah 5, salinitas 2 – 45 ppt tetapi pada salinitas 45 pertumbuhan udang windu agak terhambat, salinitas optimal untuk udang windu berkisar 15 – 25 ppt. Oksigen terlarut (DO) optimum untuk udang windu lebih besar 5 mg/l sedangkan untuk titik kritisnya 3,7 mg/l.

## **BAB VI**

# **KESIMPULAN DAN SARAN**

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

- a. Organ hepatopankreas udang windu yang terpapar logam berat timbal (Pb) mengalami perubahan gambaran histopatologis, yaitu berupa vakuolisasi
- b. Tingkat paparan logam berat timbal (Pb) yang berbeda pada tiap perlakuan memberikan gambaran histologis yang berbeda, paparan dengan konsentrasi pencemaran berat sekali yaitu 5,0 mg/l menghasilkan vakuolisasi yang paling parah hingga mengakibatkan nekrosis.
- c. Nekrosis mulai terjadi pada konsentrasi pencemaran sedang yaitu 0,5 mg/l.

### 6.2 Saran

Perlu adanya ketentuan yang pasti mengenai batas konsentrasi logam timbal di dalam perairan untuk budidaya ikan.

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan S. S. Santika. 1984. Metode Penelitian Air, Surabaya. hal 288-289.
- Anderson, S., Price and L. M. Wilson. 1994. Patofisiologi, Edisi ke-2, Bagian II, Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta.
- Andoko. 1987. Patologi, Dasar EGC. Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta. Hal. 1-28
- Chanratchakool, P., J. F. Turnbull and C. Limsuwan. 1994. Health Management in Shrimp Pond. Health Research Institut, Bangkok, Thailand. p. 50-53.
- Connel, D.W. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Universitas Indonesia. Jakarta. hal: 343-373.
- Daniel, W. 1989. Statistik Non Parametrik Terapan. Terjemahan: Alex Tri Kuntjo.PT. Gramedia Jakarta. Hal 272-276.
- Darmono. 1991. Budidaya Udang *Penaeus*, Edisi ke-2, Kanisius, Jakarta, 18 hal.
- \_\_\_\_\_. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 45 hal.
- \_\_\_\_\_. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 30 hal.
- DiMauro S, Schon E.A. Mitochondrial Respiratory-Chain Diseases. N Eng J Med. 2003 ; 348 : 2658-68. <http://www.nejm.org>
- Douglass, E.K., Richard, L.W. and Allen, C.E. 1984. Bailey's textbook of Microscopic Anatomy, 5<sup>th</sup> ed., William and Wilkins, Baltimore, London, p. 191.
- Doull, Klasseen, Andur. 1980. Toxicologi the Basic Science of Poisons. Second Edition. Macmillan Publishing Co., Inc., New York, p 28-29.
- Ferdiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Cetakan II, Kanisius, Jakarta. 62 hal.
- Fujaya, Y. 2004. Fisiologi Ikan, Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. 179 hal.
- Garno, Y. S. (2004). Biomanipulasi, Paradigma Baru dalam Pengendalian Limbah Organik Budidaya Perikanan di waduk dan Tambak. J. Tek. Ling. P3TL-BPPT, 3(3): 187-194.

- Heath, A.G. 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRC Press In. Boca Raton Florida
- Hutagalung, P. H. 1991. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantaunnya. LIPI. Jakarta. Hal 1-10.
- Kusumastanto, T. 2004. Penanganan Pencemaran Teluk Jakarta. Cakrawala, Jakarta.
- Manik, R dan K. Mintardjo. 1990. Dalam : Pedoman Pembenuhan Udang Penacid. Direktorat Jenderal Perikanan. Departemen Pertanian. Jakarta. Hal. 117-124.
- Martaningtyas, D. 2004. Bahaya Cemar Logam Berat. Institut Teknologi Bandung, Bandung. 5 hal.
- Mitra Bahari. 2005. Kunci Keberhasilan Berbudidaya. Buletin Mitra Bahari, 10 (1) : hal 107.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta. 81 hal.
- Price, S. A and Wilson, L. M. 1989. Patofisiologi. Edisi 2, bagian I. Terjemahan: Adji Dharma. EGC. Jakarta. hal: 20-23.
- Putra, J. A. 2005. Penanggulangan Pencemaran Logam Berat pada Perairan dengan Pendekatan Konsep Bioremoval. Karya Tulis Ilmiah. Universitas Lampung. 24 hal.
- Putri, S. 2005. Pengaruh Logam Timbal (Pb) terhadap Laju Konsumsi Oksigen Udang Galah (*Macrobracium rosenbergii*). Skripsi. Fakultas Biologi. Institut Teknologi Surabaya. 56 hal.
- Rainbow, P. S. 1995. Physiology, Physicochemistry and Metal Uptake-A Crustacean Perspective. Marine Pollution Buletin, 31 : 55-59.
- Rano, G. M., and Petrocelli, S. R. 1981. Fundamental of Aquatic Toxicology Method and Applications. Hemisphere Publ. Co., USA. p : 283.
- Saleh, S. 1986. Statistika Non Parametrik. Edisi I. BPFE. Yogyakarta. Hal 27-37.
- Soegiarto, A., Toro, V. dan Kinarti, A. 1979. Udang, Proyek Penelitian Potensi Sumberdaya Ekonomi Lembaga Oseanologi Nasional – LIPI. Jakarta. 244 hal.

- Stoker, S. , dan S. L. Sieger. 1979. *Environmental Chemistry Air and Water Polution*. Edisi Kedua. Brington, Inggris. 105 hal.
- Subowo, 1995. *Biologi Sel*. Cetakan Pertama. Angkasa. Bandung. 285 hal.
- Sumeru. U. S dan S. Ana. 1992. *Pakan Udang Windu*. Kanisius. Yokyakarta. 94 hal.
- Suryotomo H. 2001. *Hepatopankreas Bagian Tubuh Paling Vital pada Udang*. Buletin Mitra Bahari, 6 (I) : hal 120.
- Sutaman. 1993. *Petunjuk Praktis Pembenihan Udang Windu Skala Rumah Tangga*. Kanisius. Yokyakarta. 86 hal.
- Suyanto, S.R dan A. Mudjiman. 2001. *Budidaya Udang Windu*. Penebar Swadaya. Depok. 207 hal.
- Tricahyo, E. 1995. *Biologi dan Kultur Udang Windu (Penaeus monodon Fab.)*. Bangil. 95 hal.
- Volesky, B.1990. *Kategori Kimia Logam*. <http://chem.-is-try.or.id>. 4 hal.
- Vouk, V. 1986. *Kategori Kimia Logam*. <http://chem.-is-try.or.id>. 4 hal.
- Wardihana, W. A. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset. Yogyakarta. 75 hal.

LAMPIRAN

## LAMPIRAN

**Lampiran 1. Hasil skoring preparat histologis hepatopankreas (*vacuolisasi*) udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) yang terpapar logam berat timbal (Pb)**

Tingkat pencemaran	Sampel	LAPANG PANDANG					Rata-rata
		I	II	III	IV	V	
Normal (0 mg/l)	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0
Ringan (0,1 mg/l)	1	1	2	2	2	2	1,6
	2	2	2	1	1	1	1,4
	3	1	2	1	2	1	1,4
Sedang (0,5 mg/l)	1	2	2	3	3	2	2,4
	2	2	2	2	3	3	2,4
	3	1	2	2	2	2	1,8
Berat (1 mg/l)	1	3	2	2	3	1	2,2
	2	1	3	3	2	2	2,2
	3	3	2	3	3	3	2,8
Berat sekali (5 mg/l)	1	2	3	1	2	3	2,2
	2	3	2	2	2	3	2,6
	3	2	2	3	3	3	2,6

**Lampiran 1 (lanjutan)**  
**Ranking data skoring histologis vacuolisasi hepatopankreas udang windu**  
**(*Penaeus monodon* Fab.) yang terpapar logam berat timbal (Pb)**

Sampel udang	Tingkat Pencemaran									
	Po		P1		P2		P3		P4	
	NS	R	NS	R	NS	R	NS	R	NS	R
1	0	2	1,6	6	2,4	11,5	2,2	9	2,2	9
2	0	2	1,4	5,5	2,4	11,5	2,2	9	2,6	13,5
3	0	2	1,4	5,5	1,8	7	2,8	15	2,6	13,5
<b>Jumlah</b>	<b>6</b>		<b>17</b>		<b>30</b>		<b>33</b>		<b>36</b>	
<b>Rata2</b>	<b>2</b>		<b>5,7</b>		<b>10</b>		<b>11</b>		<b>12</b>	
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>36</b>		<b>289</b>		<b>900</b>		<b>1089</b>		<b>1296</b>	

Keterangan : NS = Nilai Skor  
 R = Rank

Nilai Skor (0,0) mempunyai rank : 2

Nilai Skor (1,4) mempunyai rank : 5,5

Nilai Skor (1,6) mempunyai rank : 6

Nilai Skor (1,8) mempunyai rank : 7

Nilai Skor (2,2) mempunyai rank : 9

Nilai Skor (2,4) mempunyai rank : 11,5

Nilai Skor (2,6) mempunyai rank : 13,5

Nilai Skor (2,8) mempunyai rank : 15

Kemudian menghitung H hitung dengan rumus :

$$H \text{ hit} = \frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

Keterangan : N =  $\sum n_j$ , jumlah kasus seluruh cuplikan tergabung

$n_j$  = banyaknya kasus dalam cuplikan ke-jjumlah ulangan

$R_j$  = jumlah rank dari cuplikan (lajur) ke-j

Maka :

$$H_{\text{hit}} = \frac{12}{15(15+1)} \times \frac{\{(6)^2 + (17)^2 + (30)^2 + (33)^2 + (36)^2\}}{3} \cdot (15+1)$$

$$= 12,17$$

Karena dalam data terdapat angka kembar maka harus diberikan koreksi terhadap hasil  $H$  hitung agar didapat hasil yang lebih besar.

Rumus yang digunakan adalah :

$$H_{\text{hit terkoreksi}} = \frac{H_{\text{hit}}}{1 - \frac{T}{N^3 - N}}$$

Dari rumus diatas barga  $H$  hit dan nilai  $N$  telah diketahui, hanya  $T$  saja yang perlu dicari. Nilai  $T$  diperoleh dengan rumus :

$$T_i = t^3 - t \quad \text{dimana } t = \text{banyaknya angka kembar}$$

Maka diperoleh :

$$T(0,0) = 3^3 - 3 = 24$$

$$T(1,4) = 2^3 - 2 = 6$$

$$T(1,6) = 1^2 - 1 = 0$$

$$T(1,8) = 1^3 - 3 = 0$$

$$T(2,2) = 3^3 - 3 = 24$$

$$T(2,4) = 2^3 - 2 = 6$$

$$T(2,6) = 2^3 - 2 = 6$$

$$T(2,8) = 1^3 - 1 = 0$$

$$\sum T_i = 84$$

$$\begin{aligned} H \text{ hit terkoreksi} &= \frac{12,17}{1 - \frac{84}{15^3 - 15}} \\ &= 12,48 \end{aligned}$$

Dengan diketahui harga  $H$  hit terkoreksi = 12,48 dan derajat bebas 4 maka kita dapat menentukan tabel  $X^2$ . Tabel  $X^2$  0,05 (4) = 9,49. karena  $H$  hit >  $H$  tabel  $X^2$  0,05 (4) maka berbeda nyata.

## Lampiran 2. Uji Z 5 %

$$\text{Rumus : } (R_i - R_j) > Z \sqrt{K \frac{N(N^2 - 1) - (t^3 - t)}{6N(n-1)}}$$

Keterangan :

R = Nilai rata-rata peringkat dalam satu kelompok perlakuan

K = Banyak perlakuan

N = Banyak sampel

T = Banyaknya angka kembar dalam satu nilai skor

Untuk tingkat kesalahan sebesar  $\alpha = 0,05$  dengan  $K = 4$  maka :

$$\begin{aligned} \frac{\alpha}{K(k-1)} &= \frac{0,05}{5(5-1)} = 0,0025 \\ &= 0,488 \sqrt{\frac{5\{15(15^2 - 1) - (84)\}}{6.15(15-1)}} \\ &= 1,7774 \end{aligned}$$

Tabel Z

Perlakuan	Rata-rata (x)	Beda				Uji Z (0,05)
		(x - P <sub>0</sub> )	(x - P <sub>1</sub> )	(x - P <sub>2</sub> )	(x - P <sub>3</sub> )	
P <sub>4</sub>	12,0 <sup>a</sup>	10*	6,3*	2,0*	1,0	1,7774
P <sub>3</sub>	11,0 <sup>ab</sup>	9,0*	5,3*	1,0		
P <sub>2</sub>	10,0 <sup>bc</sup>	8,0*	4,3*			
P <sub>1</sub>	5,7 <sup>d</sup>	3,0*				
P <sub>0</sub>	1,0 <sup>e</sup>					

Keterangan :

- P<sub>4</sub> : udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi pencemaran timbal (Pb) 5 mg/l (berat sekali).  
 P<sub>3</sub> : udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi pencemaran timbal (Pb) 1 mg/l (berat).  
 P<sub>2</sub> : udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi pencemaran timbal (Pb) 0,5 mg/l (sedang).  
 P<sub>1</sub> : udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi pencemaran timbal (Pb) 0,1 mg/l (ringan).  
 P<sub>0</sub> : udang windu diberi perlakuan dengan konsentrasi timbal (Pb) 0 mg/l (kontrol).  
 (x) : nilai rata-rata skoring

**Lampiran 3. Penghitungan standar deviasi (SD) dan persentase kerusakan histologis hepatopankreas udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) yang terpapar logam berat timbal (Pb)**

Perlakuan	Nilai skoring	$(X_1 - X)$	$(X_1 - X)^2$	SD
P0	0	0	0	
X = 0	0	0	0	
	0	0	0	
Jumlah			$0/3 = 0$	$\sqrt{0} = 0$
P1	1,6	0,13	0,0690	
X = 1,47	1,4	0,07	0,0049	
	1,4	0,07	0, 0049	
Jumlah			$0,0788/3 =$ 0,026	$\sqrt{0,026} = 0,16$
P2	2,4	0,2	0,04	
X = 2,2	2,4	0,2	0,04	
	1,8	0,4	0,16	
Jumlah			$0,24/3 = 0,08$	$\sqrt{0,08} = 0,28$
P3	2,2	0,2	0,04	
X = 2,4	2,2	0,2	0,04	
	2,8	0,4	0,16	
Jumlah			$0,24/3 = 0,08$	$\sqrt{0,08} = 0,28$
P4	2,2	0,27	0,0729	
X = 2,47	2,6	0,13	0,0169	
	2,6	0,13	0,0169	
Jumlah			$0,1067/3 =$ 0,036	$\sqrt{0,036} = 0,19$

Keterangan : NS = Nilai skoring

X = Rata-rata skoring tiap perlakuan

$X_1$  = Nilai skoring rata-rata tiap ulangan tiap perlakuan

#### Lampiran 4. Persentase (%) kerusakan Histologis

Kerusakan total (100 %) = U x (n) LP x skor maksimal

Dimana : U = banyaknya ulangan

(n) LP = banyaknya ulangan lapangan pandang

skor maks = 3

Maka, kerusakan total =  $3 \times 5 \times 3 = 45$

Rata-rata kerusakan =  $45/5 = 9$

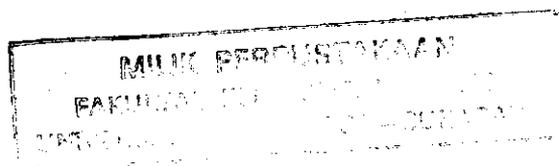
$$P_0 = \frac{0}{9} \times 100 \% = 0$$

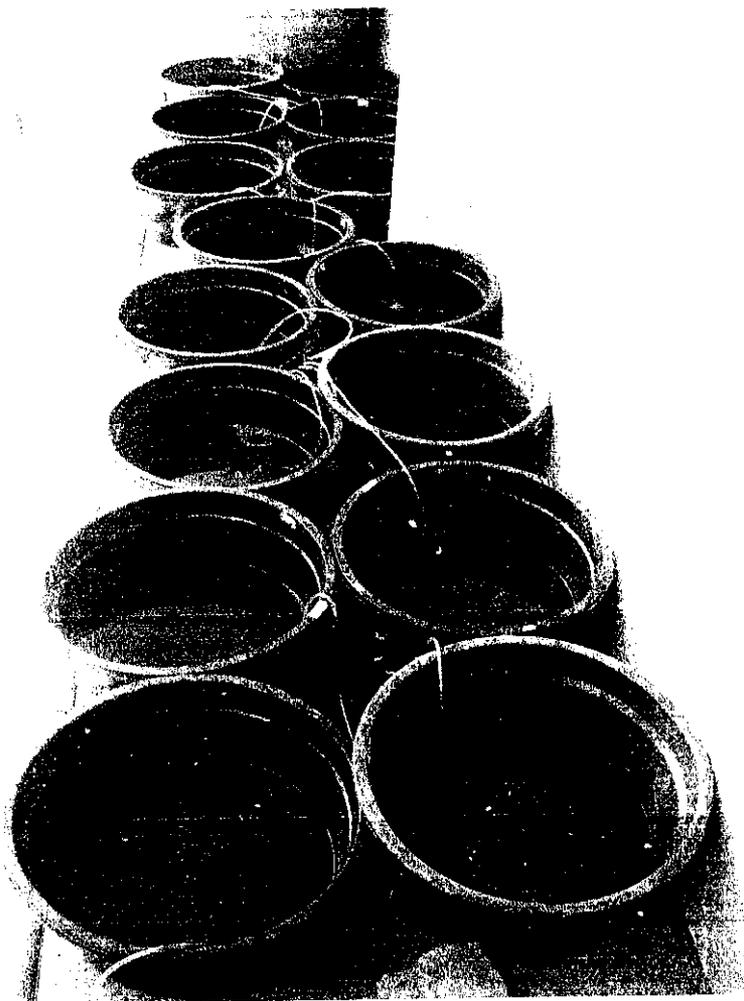
$$P_1 = \frac{4,4}{9} \times 100 \% = 48,89$$

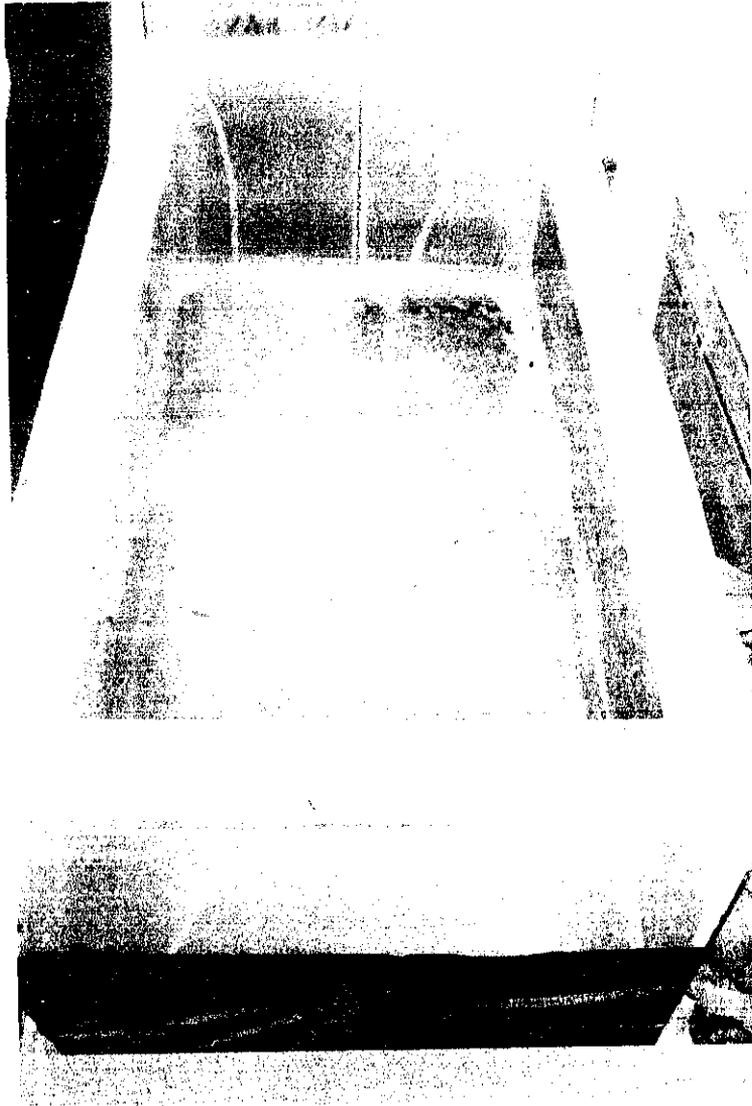
$$P_2 = \frac{6,6}{9} \times 100 \% = 73,33$$

$$P_3 = \frac{7,2}{9} \times 100 \% = 80,00$$

$$P_4 = \frac{7,4}{9} \times 100 \% = 82,22$$



**Lampiran 5. Wadah pemeliharaan****Gambar 1. Bak Perlakuan**



Gambar 2. Aquarium Penampungan dan Pemeliharaan stok