

**PENGARUH PERBEDAAN KECEPATAN ARUS AIR TERHADAP  
PERUBAHAN KADAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA LAMBUNG  
KIJING TAIWAN (*Anodonta woodiana*)**

**SKRIPSI**

**MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**OLEH**

**NURMA YULIANA**

**0710810021**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2012**

PENGARUH PERBEDAAN KECEPATAN ARUS AIR TERHADAP  
PERUBAHAN KADAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA LAMBUNG  
KIJING TAIWAN (*Anodonta woodiana*)

Laporan Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Perikanan pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya Malang

Oleh  
NURMA YULIANA  
0710810021

Dosen Penguji I

(Dr. Ir. Moh. Mahmudi, MS)  
NIP. 19600505 198601 1 004  
Tanggal :

Dosen Penguji II

(Dr. Uun Yanuhar, S.Pi,M.Si)  
NIP. 19730404 200212 2 001  
Tanggal :

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

(Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS)  
NIP. 19561203 198503 2 002  
Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Asus Maizar S.H., S.Pi, MP)  
NIP.19720529 200312 1 001  
Tanggal :

Mengetahui,  
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS)  
NIP. 19600322 198601 1 001  
Tanggal :

## RINGKASAN

**Nurma Yuliana.** Skripsi tentang Pengaruh Perbedaan Kecepatan Arus Air Terhadap Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Lambung Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*). (Di bawah bimbingan **Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS** dan **Asus Maizar S.H, SPi, MP**)

---

Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernafasan, pencernaan, dan penetrasi melalui kulit. Absorpsi logam melalui saluran pernafasan biasanya cukup besar, pada hewan air yang masuk melalui insang. Jika hewan air tersebut tahan terhadap kandungan logam yang tinggi, maka logam dapat tertimbun di dalam jaringannya, terutama di hati dan ginjal. Logam juga dapat berikatan dengan protein sehingga disebut metalotionein yang bersifat agak permanen dan mempunyai waktu paruh yang cukup lama.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan kecepatan arus air terhadap perubahan kadar logam berat timbel (Pb) pada lambung Kijing Taiwan (*Anadonta woodiana*) dan untuk mengetahui laju pengurangan kadar logam berat timbel (Pb) pada lambung Kijing setelah diberi perlakuan aliran air. Penelitian ini dilakukan pada bak-bak percobaan yang bertempat di Unit Pengelolaan Budidaya Air Tawar (UPBAT) Punten, Batu selama 3 minggu pada bulan Juni-Juli 2011.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, yaitu melakukan percobaan terhadap 2 faktor yaitu faktor pertama kecepatan arus air 0,54 m/s; 0,43 m/s; 0,11 m/s dan 0 m/s sebagai kontrol dan faktor kedua perbedaan waktu pengamatan (minggu I; minggu II dan minggu III) dengan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Parameter kualitas air yang di ukur meliputi suhu, pH, Oksigen terlarut. Analisa data menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RALF).

Hasil penelitian yang didapat menunjukkan kecepatan arus berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar Pb pada lambung Kijing Taiwan selama 3 minggu. Perlakuan kecepatan arus A (0,54 m/s) mengurangi Pb dari 6,14 ppm menjadi 0,61 ppm atau 90,1%, perlakuan kecepatan arus B (0,43 m/s) mengurangi Pb dari 6,14 ppm menjadi 0,44 ppm atau 92,8%, perlakuan kecepatan arus C (0,11 m/s) mengurangi Pb dari 6,14 ppm menjadi 0,72 ppm atau 88,2%, pada perlakuan kontrol dapat mengurangi Pb dari 6,14 ppm menjadi 0,83 ppm 86,4%. Laju Pengurangan Pb di lambung kijing selama 3 minggu didapatkan hasil bahwa kecepatan arus (0,43 m/s) dengan waktu 1 minggu yang optimal. Penurunan kadar Pb di lambung kijing ini terjadi karena pada perlakuan kijing hanya mendapatkan masukan air bersih yang tidak mengandung kadar Pb serta pakan pelet yang tidak mengandung Pb, sehingga sisa metabolisme yang sebelumnya tergantikan dengan makanan yang baru. Pada kontrol juga mengalami penurunan karena kijing mengalami perendaman air bersih. Hasil Pengukuran kualitas air suhu berkisar antara 21,2<sup>o</sup>C-22,6<sup>o</sup>C, pH 7-8, DO berkisar antara 9-9,4mg/l. Kisaran kualitas air tersebut masih sesuai untuk pertumbuhan kijing.

Perlu adanya penelitian lanjut mengenai penurunan kadar Pb pada hati, ginjal, dan darah Kijing Taiwan dengan waktu satu minggu dengan pengamatan setiap hari untuk mengetahui efektivitas penurunan pb pada organ tersebut.

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, puji syukur yang sedalam dalamnya penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, serta tauladanku Nabi Muhamand SAW sehingga penulis diberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik.

Dalam menyelesaikan laporan ini, penulis mendapat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluargaku : Bapak, Ibu, dan adik-adikku terimakasih untuk dukungan moril dan materil yang tak terhingga, doa yang dipanjatkan di malam hari dan sujud yang berkepanjangan memohon keridhoan Yang Maha Esa sehingga skripsi ini terlewati dengan baik.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS dan Bapak Asus Maizar S.H, S.Pi., MP selaku dosen pembimbing, terimakasih atas kritik dan saran yang bermanfaat dari penyusunan proposal sampai terselesaikannya laporan ini.
3. Bapak Dr. Ir. Moh. Mahmudi, MS dan Ibu Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, MSi selaku dosen penguji, terimakasih atas kritik dan saran yang bermanfaat.
4. Ibu Dewi Nur Setyorini S.Pi Kepala Unit Pengelola Budidaya Air Tawar (UPBAT) Punten yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian di tempat tersebut.
5. Teman-teman MSP'07 serta sahabat-sabahatku atas dukungan dan bantuan selama ini.
6. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penulisan laporan ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan. Untuk itu mohon agar pembaca atau peneliti selanjutnya memahami atas segala keterbatasan dan memberikan kritik saran yang membangun. Semoga laporan skripsi ini bermanfaat bagi agama, bangsa indonesia dan semua orang terutama bagi pihak yang membutuhkan.

Malang, Januari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

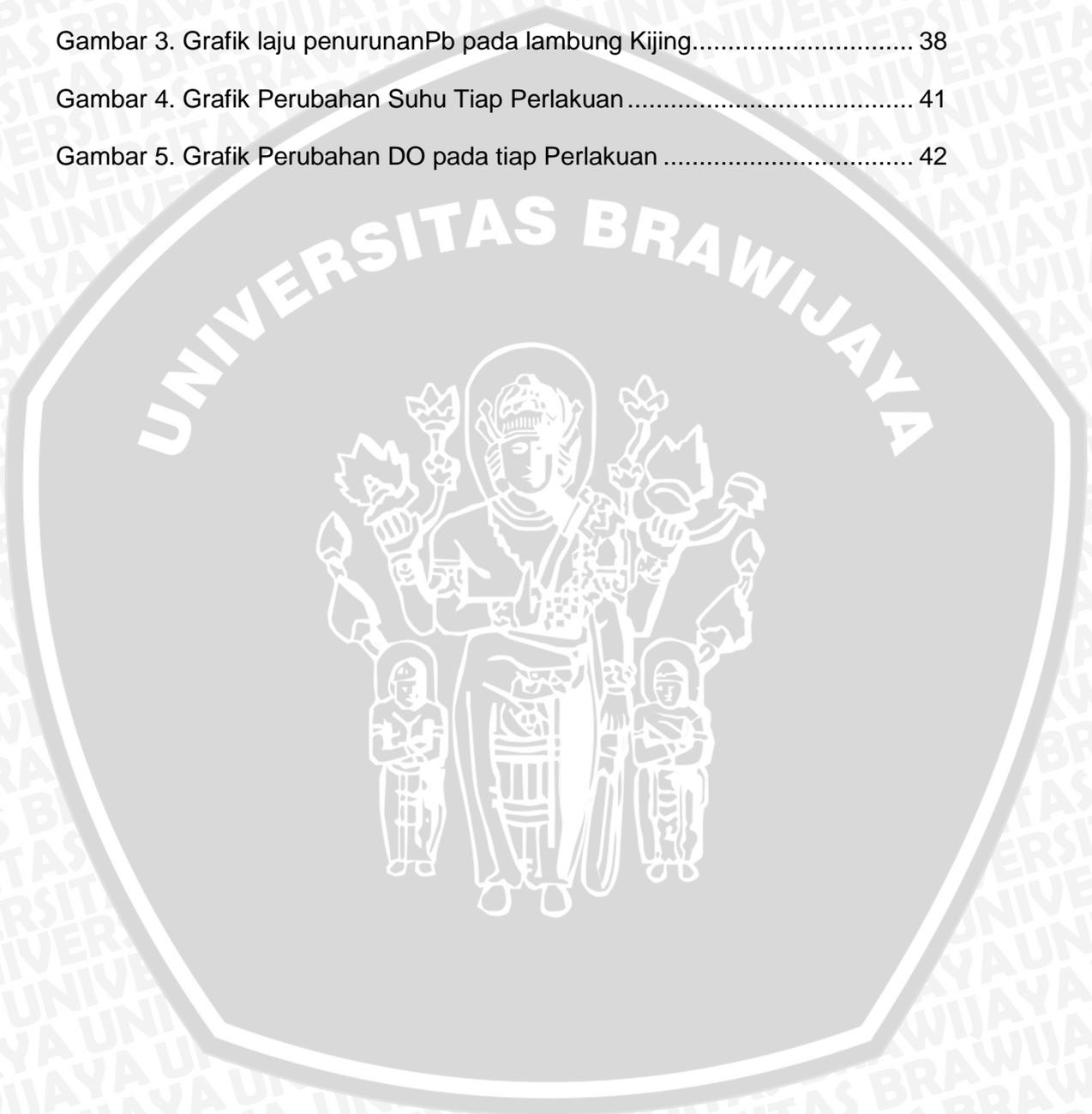
|  |             |
|--|-------------|
| <b>RINGKASAN .....</b>                                   | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                              | <b>iv</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                  | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                               | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                             | <b>ix</b>   |
| <b>1. PENDAHULUAN .....</b>                              | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                 | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                | 3           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                              | 3           |
| 1.4 Kegunaan Penelitian .....                            | 4           |
| 1.5 Hipotesis .....                                      | 4           |
| 1.6 Waktu dan Tempat .....                               | 4           |
| <b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                         | <b>5</b>    |
| 2.1 Logam Berat .....                                    | 5           |
| 2.1.1 Pencemaran Logam Berat .....                       | 5           |
| 2.1.2 Timbal .....                                       | 7           |
| 2.1.3 Proses Biakumulasi Pb Pada Organisme .....         | 9           |
| 2.2 Kijing Taiwan ( <i>Anodonta woodiana</i> ) .....     | 12          |
| 2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi .....                    | 12          |
| 2.2.2 Ekologi dan Anatomi .....                          | 13          |
| 2.2.3 Mekanisme Pencernaan Makanan .....                 | 15          |
| 2.3 Parameter Kualitas Air .....                         | 19          |
| 2.3.1 Suhu .....   | 19          |
| 2.3.2 pH .....   | 19          |
| 2.3.3 Oksigen Terlarut ( <i>Dissolved Oxygen</i> ) ..... | 20          |
| 2.3.4 Kecepatan Arus dan Debit Air .....                 | 20          |
| <b>3. MATERI DAN METODE .....</b>                        | <b>22</b>   |
| 3.1 Materi Penelitian .....                              | 22          |
| 3.2 Alatan dan Bahan Penelitian .....                    | 22          |
| 3.3 Metode Penelitian .....                              | 22          |
| 3.4 Rancangan Penelitian .....                           | 22          |
| 3.5 Analisa Data .....                                   | 25          |
| 3.6 Prosedur Penelitian .....                            | 25          |
| 3.6.1 Tempat Penelitian .....                            | 25          |
| 3.6.2 Pelaksanaan Penelitian .....                       | 25          |
| 3.7 Analisa Logam Pb .....                               | 27          |
| 3.7.1 Analisa Pb di Lambung Kijing .....                 | 27          |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.8 Analisa Parameter Kualitas Air.....   | 28        |
| 3.8.1 Suhu .....  | 28        |
| 3.8.2 pH .....  | 28        |
| 3.8.3 Oksigen Terlarut ( <i>Dissolved Oxigen</i> ) .....                                      | 28        |
| <b>4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>  | <b>30</b> |
| 4.1 Kemampuan Kecepatan Arus Air dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Pada Lambung Kijing ..... | 30        |
| 4.2 Laju Pengurangan Pb pada Lambung Kijing .....   | 36        |
| 4.3 Parameter Kualitas Air .....  | 40        |
| 4.3.1 Suhu .....  | 40        |
| 4.3.2 Oksigen Terlarut.....   | 41        |
| 4.3.3 pH.....   | 42        |
| <b>5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>  | <b>43</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....   | 43        |
| 5.2 Saran .....   | 43        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>   | <b>44</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>   | <b>49</b> |



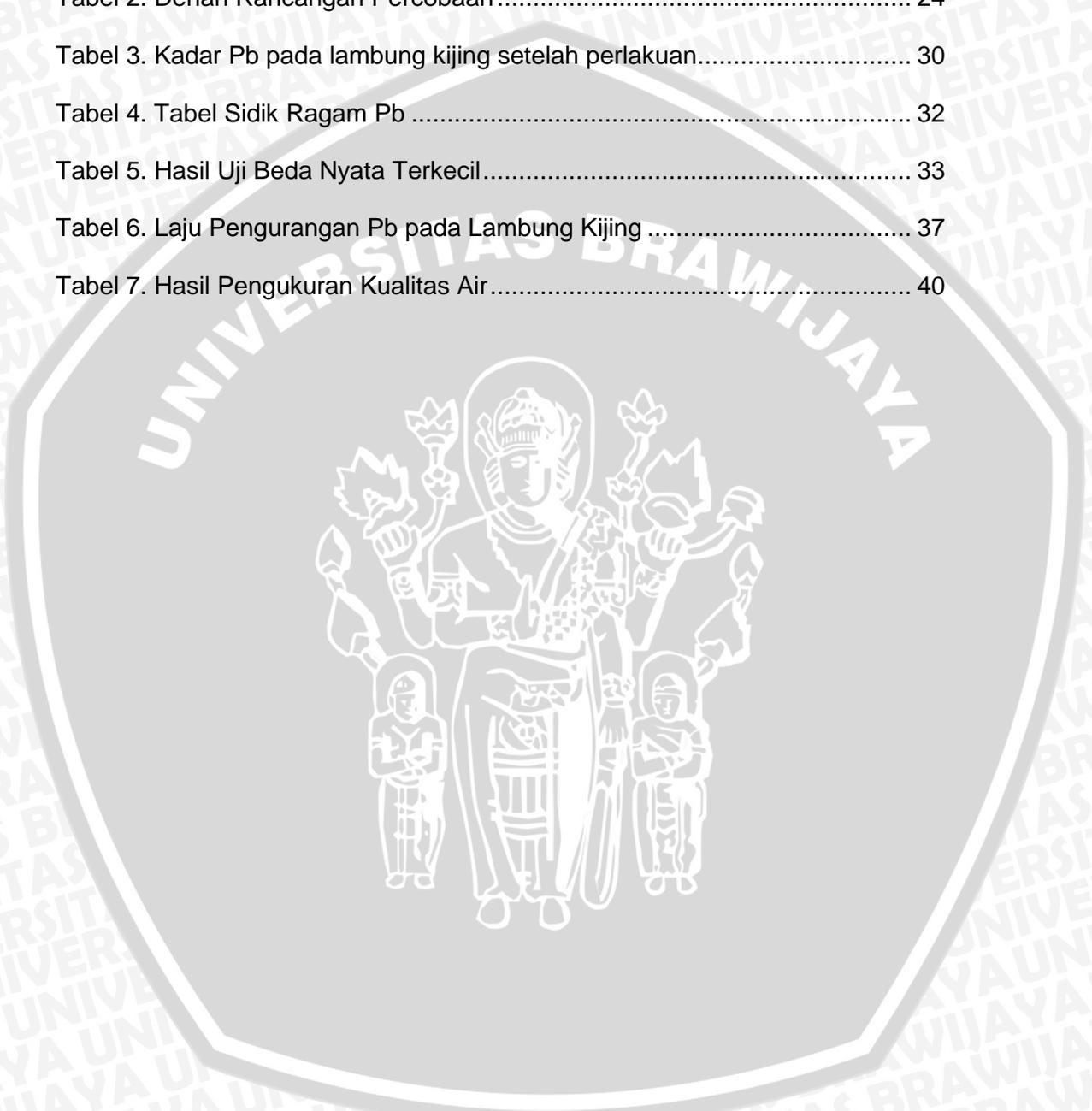
**DAFTAR GAMBAR**

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| Gambar 1. Anatomi Kijing Taiwan.....                       | 14             |
| Gambar 2. Model Mt dalam Mengikat Logam Pb .....           | 35             |
| Gambar 3. Grafik laju penurunanPb pada lambung Kijing..... | 38             |
| Gambar 4. Grafik Perubahan Suhu Tiap Perlakuan .....       | 41             |
| Gambar 5. Grafik Perubahan DO pada tiap Perlakuan .....    | 42             |



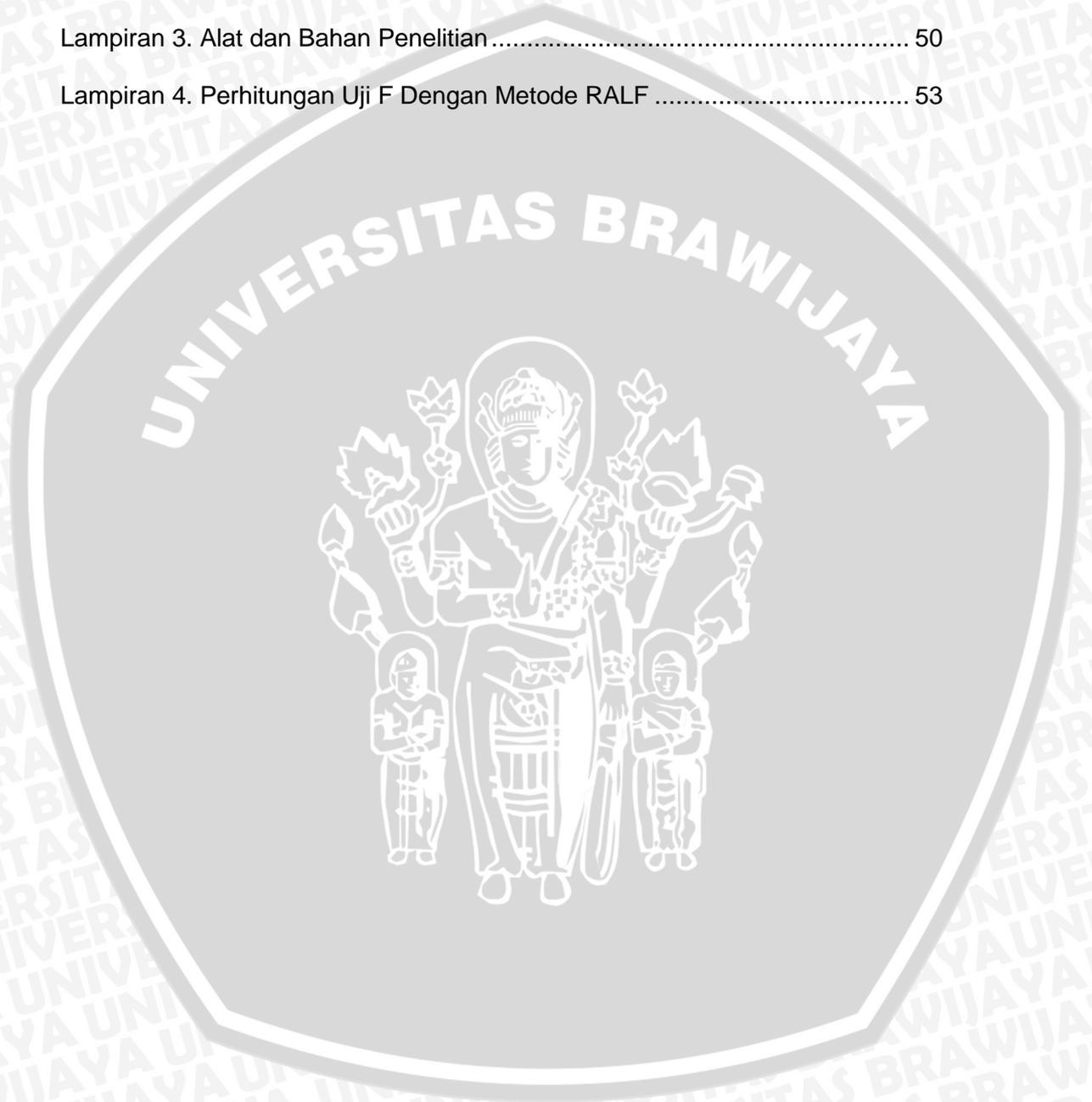
**DAFTAR TABEL**

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| Tabel 1. Skema kadar Pb pada lambung kijing .....            | 24             |
| Tabel 2. Denah Rancangan Percobaan .....                     | 24             |
| Tabel 3. Kadar Pb pada lambung kijing setelah perlakuan..... | 30             |
| Tabel 4. Tabel Sidik Ragam Pb .....                          | 32             |
| Tabel 5. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil.....                  | 33             |
| Tabel 6. Laju Pengurangan Pb pada Lambung Kijing .....       | 37             |
| Tabel 7. Hasil Pengukuran Kualitas Air.....                  | 40             |



## DAFTAR LAMPIRAN

|  | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Peta Kota Batu.....                                | 48      |
| Lampiran 2. Denah Lokasi Kolam Penelitian di UPBAT Punten..... | 49      |
| Lampiran 3. Alat dan Bahan Penelitian.....                     | 50      |
| Lampiran 4. Perhitungan Uji F Dengan Metode RALF.....          | 53      |



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencemaran merupakan perubahan fisika, kimia, biologi yang dapat mengganggu ekosistem perairan. Pencemaran badan air sering dikaitkan dengan logam berat. Perairan yang tercemar logam berat akan berbahaya apabila sampai kepada manusia.

Masuknya logam berat ke badan perairan dapat berasal dari sumber-sumber alamiah berupa pengikisan dari batu mineral di sekitar perairan, partikel-partikel logam dari udara yang ikut masuk bersama air hujan dan dari aktivitas manusia, berupa buangan sisa industri atau rumah tangga. Logam berat merupakan unsur-unsur kimia yang mulai mendapat perhatian khusus sejak ditemukannya *minamata disease* di teluk Minamata, Jepang pada tahun 1959 dan ramai diduga sebagai penyebab pencemaran perairan (Palar,1994). Kolam UPBAT Punten dalam hal ini mendapatkan air dari sungai, yang menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang dibawa aliran sungai. Zat pencemar tersebut berasal dari pestisida dan pupuk anorganik. Setelah dilakukan uji pendahuluan didapatkan hasil kadungan Pb dalam air kolam UPBAT Punten sebesar 0,023 ppm. Sementara, WHO telah menetapkan batas Pb di dalam air sebesar 0,1 mg/l (Fardiaz, 1992). Buwono *et al.*, (2005), berpendapat bahwa konsentrasi Pb sekitar 2750 ppb mulai bersifat letal bagi biota perairan. Kandungan air kolam Punten masih dibawah ambang batas, tetapi dalam kurun waktu yang lama akan terjadi akumulasi pada biota di kolam tersebut, termasuk Kijing.

Penelitian oleh Nuraini tahun 2006 telah dilakukan penurunan logam berat dalam kerang dengan cara kimia yaitu perendaman Kupang awung yang telah mati menggunakan asam asetat 25% dapat menurunkan kadar Pb sebesar

46,57% dengan waktu perendaman 3 jam dengan pembanding aqua dapat menurunkan kadar Pb sebesar 54,74% dengan waktu 3 jam. Untuk mengetahui penurunan logam berat dalam lambung kijing pada penelitian ini dilakukan upaya dengan pemberian aliran air karena kerang dibiarkan hidup. Penggunaan aliran air pada organisme perairan juga telah dilakukan untuk pertumbuhan yang lebih baik pada juvenil kerang seperti yang dikemukakan oleh O'Beirn *et al.*, (1998) dan Henley *et al.*, (2001) dalam McIvor (2004), bahwa sistem aliran air memberikan kelangsungan hidup dan pertumbuhan yang baik pada spesies kerang air tawar. Selain itu, penggunaan air bersih juga dilakukan untuk menurunkan bau tanah pada tubuh ikan patin. Menurut Mukti (2005), proses penurunan bau tanah ini ada beberapa cara, yang biasanya dilakukan oleh pemilik tambak adalah menempatkan ikan tersebut hidup-hidup pada tempat yang airnya terus mengalir. Setelah di uji setelah 5 hari bau lumpur mengalami penurunan dan selama 14 hari bau lumpur dapat hilang.

Organisme yang ditemukan hidup di kolam UPBAT Punten salah satunya adalah moluska dari kelas bivalva yaitu Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*). Kadar logam dalam tubuh kerang dapat diketahui melalui insang, daging, lambung, dan cangkang. Studi pendahuluan kadar Pb dalam lambung kijing menunjukkan jumlah yang sangat tinggi yaitu 6,14 ppm. Adapun batas kadar Pb maksimum pada biota yang boleh dikonsumsi sebesar 2 ppm (Suwirma *et al.*, 1981 dalam Darmono, 2001). Kadar logam berat dalam lambung kijing berhubungan dengan masuknya berbagai zat hara yang diterima, kemudian diteruskan ke mulut dan kerongkongan yang berakhir di lambung sebelum diedarkan ke seluruh tubuhnya. Semakin banyak makanan yang dimakan maka jumlah akumulasi Pb dalam tubuh kerang semakin tinggi. Berdasarkan hal di atas dengan upaya pemberian aliran arus air diduga kandungan logam berat timbel (Pb) di dalam lambung kijing dapat berkurang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Moluska merupakan hewan yang memakan bahan organik serta logam berat yang ada di perairan. Banyaknya toksikan lingkungan yang masuk melalui rantai makanan dan diserap melalui saluran pencernaan hewan, selanjutnya juga akan sampai pada manusia. Proses masuknya logam berat tersebut tidak menimbulkan efek toksik kecuali jika diserap dan diakumulasi oleh tubuh. Lambung merupakan tempat penyerapan berbagai makanan yang telah mengalami seleksi oleh insang serta logam berat yang ikut masuk ke dalamnya. Mengingat efek dari logam berat yang masuk ke dalam tubuh organisme akuatik sangat toksik karena kadar Pb dalam kijing melebihi baku mutu maka perlu upaya untuk mengurangi logam berat timbal timbal. Dalam penelitian ini diamati yaitu lambung kijing taiwan. Berdasarkan uraian di atas rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Adakah pengaruh perbedaan kecepatan arus terhadap perubahan kadar logam berat timbal (Pb) pada lambung kijing taiwan ?
2. Adakah pengurangan kadar logam berat timbal (Pb) pada lambung kijing taiwan yang telah diberi perlakuan perbedaan kecepatan arus ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan kecepatan arus dan waktu terhadap penurunan kadar timbal (Pb) pada lambung kijing taiwan (*Anodonta woodiana*) setelah diberi aliran air selama 3 minggu.
2. Untuk mengetahui pengurangan kadar logam berat timbal pada lambung kijing setelah diberi aliran air selama 3 minggu.

#### 1.4 Kegunaan penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai salah satu upaya untuk mengurangi logam berat Pb pada lambung Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*).

#### 1.5 Hipotesis

$H_0$  : diduga perbedaan kecepatan arus yang dihasilkan tidak berpengaruh terhadap perubahan kadar Pb (timbal) pada lambung kijing taiwan (*Anodonta woodiana*)

$H_1$  : diduga perbedaan kecepatan arus yang dihasilkan berpengaruh terhadap perubahan kadar Pb (timbal) pada lambung kijing taiwan (*Anodonta woodiana*)

#### 1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 minggu pada bulan Juni – Juli 2011 dan bertempat di Laboratorium Basah Unit Pengelola Budidaya Air Tawar (UPBAT) Punten, Desa Sidomulyo, Kota Batu Jawa Timur dan analisa logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Logam Berat

#### 2.1.1 Pencemaran Logam Berat

Pencemaran perairan disebabkan oleh masuknya zat-zat asing ke dalam lingkungan, sebagai akibat dari tindakan manusia, yang merubah sifat-sifat fisik, kimia, dan biologis lingkungannya. Bahan-bahan pencemar tersebut digolongkan ke dalam tiga tipe yaitu: 1) patogenik (menyebabkan penyakit pada manusia), 2) estetik (menyebabkan perubahan lingkungan yang tidak nyaman berdasarkan panca indera) dan ekomorpik (bahan pencemar yang menyebabkan perubahan sifat fisika lingkungan) (Ketchum dalam Maizar, 2011). Golongan logam umumnya memiliki daya hantar dan daya panas yang tinggi. Berdasarkan densitasnya, golongan logam dibagi atas dua golongan, yaitu golongan logam ringan (*light metal*) yang mempunyai densitas  $< 5 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan logam berat (*heavy metal*) mempunyai densitas  $> 5 \text{ g/cm}^3$  (Hutagalung *et al.*, 1997). Karakteristik dari kelompok logam berat adalah memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar, mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida, dan mempunyai pengaruh biokimia yang khas/spesifik pada organisme hidup (Palar, 1994).

Banyak logam berat yang bersifat toksik maupun esensial terlarut dalam air dan mencemari air tawar maupun air laut. Sumber pencemaran ini banyak berasal dari pertambangan, peleburan logam dan jenis industri lainnya. Pencemaran perairan juga dapat berasal dari lahan pertanian yang menggunakan pupuk atau anti hama yang mengandung logam (Darmono, 2001). Logam berat merupakan satu bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik jika dalam jumlah yang besar dan dapat mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan baik aspek ekologis maupun aspek biologis (Dahuri, 1996).

Logam berat yang ada dalam badan perairan akan mengalami proses pengendapan dan terakumulasi dalam sedimen, kemudian terakumulasi dalam tubuh biota yang ada dalam perairan (termasuk kerang). Kerang hidup termasuk bersifat sessil dan dapat digunakan sebagai bioindikator baik melalui insang maupun melalui rantai makanan dan akhirnya akan sampai pada manusia. Fenomena ini dikenal sebagai bioakumulasi atau biomagnifikasi. Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya adalah sifatnya yang tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh organisme hidup di lingkungan (Jones, 2000). Logam berat merupakan toksikan yang mempengaruhi kerja enzim fisiologi tubuh karena menyerang ikatan belerang sehingga enzim bersifat immobil (Saeni, 1989). Pencemaran logam berat dapat menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya: 1) perubahan bau, warna dan rasa air; 2) berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang; 3) berbahaya bagi kesehatan manusia; 4) menyebabkan kerusakan pada ekosistem (Darmono, 1995).

Pencemaran logam berat terjadi karena adanya penggunaan logam tersebut dalam kegiatan manusia secara sengaja maupun tidak sengaja karena membuang limbah yang mengandung logam berat ke lingkungan. Toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (*detoksikasi*) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi (Palar, 1994). Pencemaran logam berat dapat menyebabkan terjadinya perubahan struktur komunitas perairan, jaringan makanan, tingkah laku, efek fisiologi, genetik dan resistensi. Logam berat yang terlarut dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu dapat berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan.

### 2.1.2 Timbal

Logam-logam berat yang terlarut dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan. Salah satu logam berat yang berbahaya adalah timbal (Pb). Timbal dalam keseharian lebih dikenal dengan timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya disebut *plumbum* dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk dalam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2 (Palar, 1994).

Timbal merupakan salah satu unsur logam berat nonesensial yang sangat beracun (toksik) karena dapat menghambat pembentukan hemoglobin dalam darah. Sumber utama timbal ini adalah dari komponen gugus alkil timbal yang digunakan sebagai bahan aditif bensin (Supriharyono, 2002). Menurut Sunu (2001), timbal Pb adalah logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan yang lazim terdapat dalam kandungan endapan sulfat yang bercampur dengan mineral lainnya terutama seng dan tembaga.

Timbal tidak termasuk dalam unsur nonesensial bagi makhluk hidup, bahkan unsur ini bersifat toksik bagi manusia dan hewan karena dapat terakumulasi pada tulang, sedangkan toksisitas timbal terhadap tumbuhan relatif rendah dibanding dengan unsur renik yang lain. Persenyawaan Pb dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Timbal merupakan logam yang amat beracun yang pada dasarnya tidak dapat dimusnahkan serta tidak terurai menjadi zat lain. Oleh karena itu, apabila timbal yang lepas ke lingkungan akan menjadi ancaman bagi makhluk hidup. Komponen timbal dapat digunakan sebagai pewarna cat karena kelarutannya di dalam air rendah, dapat berfungsi sebagai pelindung terdapat dalam berbagai warna, penggunaan timbal juga pada bensin untuk kendaraan, cat, dan pestisida (Effendi, 2003). Timbal (Pb) mempunyai arti penting dalam

dunia kesehatan karena sifat toksisitasnya. Absorpsi timbal di dalam tubuh sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Akibat dari keracunan timbal akan menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak (Supriyanto *et al.*, 2007).

Sumber Pb dapat berasal dari pembakaran sampah dan minyak. Sifat-sifat timbal sebagai berikut : 1) merupakan logam yang lunak; 2) mempunyai titik lebur yang rendah; 3) merupakan logam yang tahan dari peristiwa pengkaratan; 4) bila dicampur dengan logam yang lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya; 5) merupakan penghantar listrik yang tidak baik (Darmono, 1995). Penggunaan timbal adalah produksi baterai penyimpan untuk mobil, yaitu digunakan timbal metalik dan komponen-komponennya. Penggunaan lainnya adalah untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa, dan solder (Kristanto, 2001 *dalam* Fitriyah, 2007).

Bentuk Pb paling umum dijumpai pada perairan tawar adalah timbal karbonat dan kompleks timbal organik. Logam Pb 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 *dalam* Ratmini, 2009). Menurut Scott (1996), timbal dapat membentuk senyawa timbal (II) dan timbal (IV), dimana kebanyakan senyawa timbal merupakan racun kumulatif. Adapaun senyawa-senyawa timbal tersebut yaitu :

- Timbal (II) nitrat ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) yang merupakan satu-satunya senyawa timbal lazim yang larut.
- Timbal (II) oksida ( $\text{PbO}$ ) yaitu timbal monoksida yang merupakan oksida berwarna kuning, digunakan untuk membuat kaca dan email.

- Timbal (IV) oksida ( $\text{PbO}_2$ ) yaitu oksida yang terbentuk dalam akumulator timbal asam.
- 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  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{PbCl}^+$  (Supriharyono, 2002). Semua bentuk Pb berpengaruh terhadap aktivitas manusia. Walaupun pengaruh toksisitas akut agak jarang dijumpai tetapi pengaruh toksisitas kronis paling sering ditemukan. Timbal di dalam tubuh terutama terikat dalam gugus – SH dalam molekul protein dan hal ini menyebabkan hambatan pada aktivitas kerja enzim. Timbal mengganggu sistem sintesis hemoglobin (Darmono, 2001). Racun Pb biasanya menyerang pada 3 sistem organ tubuh yaitu *hematologis*, *neurologis*, dan *renal* (ginjal), disamping itu racun Pb dapat juga menimbulkan anemia (Epa, 1976 dalam Supriharyono, 2002).

### 2.1.3 Proses Bioakumulasi Pb Pada Organisme

Logam berat menjadi berbahaya disebabkan bioakumulasi. Bioakumulasi berarti peningkatan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup logam sesuai piramida makanan. Akumulasi atau peningkatan konsentrasi logam berat di alam mengakibatkan konsentrasi logam berat di tubuh manusia adalah tertinggi. Jumlah yang terakumulasi setara dengan jumlah logam berat yang tersimpan di dalam tubuh ditambah dengan jumlah yang diambil dari makanan, minuman, atau udara yang terhirup. Jumlah logam berat yang terakumulasi lebih cepat dibandingkan dengan jumlah yang terekskresi dan terdegradasi (Martaningtyas, 2004).

Organisme dalam air sangat dipengaruhi oleh keberadaan logam berat di dalam air, terutama pada konsentrasi yang melebihi batas normal. Organisme air mengambil logam berat dari badan air atau sedimen dan memekatkannya ke dalam tubuh hingga 100-1000 kali lebih besar dari lingkungan. Akumulasi melalui proses ini disebut bioakumulasi. Kemampuan organisme air dalam menyerap (absorpsi) dan mengakumulasi logam berat dapat melalui beberapa cara, yaitu melalui saluran pernapasan (insang), saluran pencernaan dan difusi permukaan kulit (Darmono, 2001).

Logam berat (Hg dan Pb) dalam air kebanyakan berbentuk ion. Logam tersebut diserap oleh kerang secara langsung melalui air yang melewati membran insang atau melalui makanan. Selain melalui insang, logam berat juga masuk melalui kulit (kutikula) dan lapisan mukosa yang selanjutnya diangkut darah dan dapat tertimbun dalam jantung dan ginjal kerang. Semakin besar ukuran biota air, maka akumulasi logam berat semakin meningkat. Toksisitas logam berat dalam kerang yang ditimbulkan dalam jaringan tubuh mengakibatkan keracunan dan kematian bagi biota air yang mengkonsumsinya. Konsentrasi Pb sekitar 2750 ppb mulai bersifat letal bagi biota perairan (Buwono *et al.*, 2005).

Logam berat diserap oleh tubuh hewan perairan kebanyakan dalam bentuk ion. Penyerapan tersebut dalam bentuk ion, dapat masuk kedalam jaringan tubuh organisme air melalui rantai makanan, insang dan difusi melalui permukaan kulit. Akumulasi biologis dapat terjadi melalui absorpsi langsung terhadap logam berat yang terdapat dalam badan air, sehingga organisme air yang hidup dalam perairan tercemar berat oleh logam berat, jaringan tubuhnya akan mengandung kadar logam berat yang tinggi juga (Ratmini, 2009).

Absorpsi melalui saluran pencernaan hanya beberapa persen saja tetapi jumlah logam yang masuk melalui saluran pencernaan biasanya cukup besar walaupun absorpsinya relatif kecil. Dalam tubuh hewan, logam diabsorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Logam dapat tertimbun dalam jaringan terutama di hati dan ginjal. Ion logam yang masuk ke dalam jaringan makhluk hidup bersenyawa dengan bahan kimia jaringan makhluk hidup membentuk senyawa kompleks organik protein disebut metalotionin (Suaniti, 2007). Dikatakan oleh Bryan (1976) dalam Connel dan Miller (2006) dalam Fitriyah bahwa penyerapan dari larutan oleh sebagian besar hewan terjadi dengan difusi pasif, kemungkinan sebagai senyawa logam yang larut melalui tahapan yang disebabkan oleh penyerapan pada permukaan tubuh dan pengikatan oleh unsur pokok tubuh. Beberapa kejadian menunjukkan bahwa makanan dan partikulat merupakan sumber yang lebih penting bagi logam daripada air untuk hewan besar seperti, ikan dan udang. Palar (1994), menjelaskan mekanisme keracunan logam berat terbagi atas dua fase, fase kinetik dan fase dinamik yaitu sebagai berikut:

1. Fase kinetik meliputi proses-proses biologi biasa seperti, penyerapan, penyebaran dalam tubuh, metabolisme dan proses pembuangan atau ekskresi. Adapun fase dinamik meliputi semua reaksi-reaksi biokimia yang terjadi dalam tubuh, berupa katabolisme dan anabolisme yang melibatkan enzim-enzim. Pada fase kinetik, baik toksikan maupun protoksikan akan mengalami proses sinergetik atau sebaliknya proses antagonis. Proses sinergetik merupakan proses terjadinya penggandaan atau peningkatan daya racun yang sangat tinggi. Sedangkan proses antagonis merupakan proses atau peristiwa pengurangan dan bahkan mungkin penghapusan daya racun yang dibina oleh suatu zat atau senyawa. Kedua proses tersebut dapat terjadi dalam tubuh sebagai akibat dari adanya bahan-

bahan lain yang terdapat dalam tubuh, baik yang mana sebagai sistem ataupun sebagai bahan lain yang masuk ke dalam tubuh.

2. Fase dinamik merupakan proses lanjut dari fase kinetik. Pada fase dinamik ini bahanberacun yang tidak bisa dinetralisir oleh tubuh akan bereaksi dengan senyawa-senyawa hasil dari proses biosentesa seperti enzim, asam inti, lemak dan lain-lain. Hasil dari reaksi yang terjadi antara bahan beracun dengan produk biosintesa ini bersifat merusak terhadap proses-proses biomolekul dalam tubuh. Ion-ion logam yang dapat larut dalam lemak itu mampu untuk melakukan penetrasi pada membran sel, sehingga akhirnya ion-ion logam tersebut akan menumpuk di dalam sel dan organ-organ yang lainnya.

Kerang mendapatkan makanan dengan jalan menyaring air masuk ke dalam tubuhnya. Volume air yang dapat disaring oleh kerang adalah 2,5 liter per individu dewasa per jam. Makanan yang masuk bersama air digerakkan, diperas, lalu dicerna dengan bantuan cilia (rambut getar) pada tubuhnya. Cilia mampu bergerak 2-20 kali per detik. Makanan kerang dapat berupa zooplankton, fitoplankton, bakteri, flagellata, protozoa, detritus, alga, dan berbagai zat yang tersuspensi dalam perairan tempat tinggalnya (Hasim, 2003).

## **2.2 Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*)**

### **2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi**

Kerang adalah salah satu hewan lunak (mollusca) kelas bivalva atau Pelecypoda. Secara umum bagian tubuh kerang dibagi menjadi lima, yaitu : kaki (foot byssus), kepala (head, bagian alat pencernaan dan reproduksi (visceral mass), selaput (mantel) dan cangkang (shell). Pada bagian kepala terdapat organ-organ syaraf sensorik dan mulut. Warna dan bentuk cangkang sangat bervariasi tergantung pada jenis, habitat dan makanannya (Setyono, 2006).

Bentuk kerang biasanya simetri bilateral, mempunyai sebuah mantel yang berupa daun telinga atau cuping dan cangkang oleh sederetan otot yang meninggalkan bekas melengkung yang disebut garis mantel. Fungsi dari permukaan luar mantel adalah mensekresi zat organik cangkang dan menimbun kristal-kristal kalsit atau kapur (Romimohtarto, 2001). Cangkang terdiri dari tiga lapisan yaitu :

1. Lapisan luar tipis, hampir berupa kulit dan disebut *periostracum*
2. Lapisan kedua yang tebal terbuat dari kalsium karbonat prismatic
3. Lapisan ketiga disebut nacre terdiri dari *mother of pearl*, dibentuk oleh selaput mantel dalam bentuk lapisan tipis. Lapisan tipis ini akan makin menebal saat kerang bertambah tua.

Klasifikasi Kijing Taiwan menurut zipcodezoo (2010) adalah sebagai berikut :

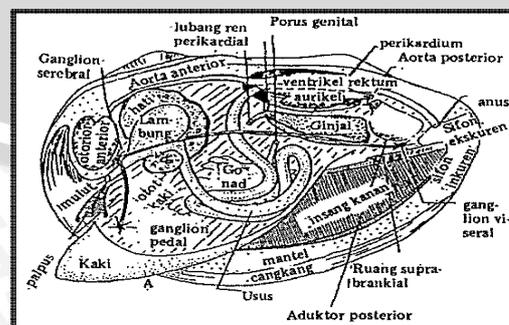
|             |                                |
|-------------|--------------------------------|
| Phylum      | : Mollusca                     |
| Class       | : Bivalvia                     |
| Subclass    | : Metabranchia                 |
| Order       | : Unionida                     |
| Superfamily | : Unionacea                    |
| Family      | : Unionidae                    |
| Genus       | : Anodonta                     |
| Spesies     | : <i>Anodonta woodiana</i> Lea |

### 2.2.2 Ekologi dan Anatomi

Kerang jenis *Anodonta woodiana* berasal dari Taiwan. Karena itu, kerang ini dikenal dengan sebutan kerang atau kijing taiwan. Kerang ini masuk ke Indonesia terbawa saat Indonesia mengimpor ikan mola (*Hypophthalmichthys molitrix*) dari Taiwan sekitar akhir 1960-an hingga awal 1970-an. *Anodonta* di alam dijumpai hidup di kolam, selokan, danau, atau di sungai. Kijing ini paling

senang hidup di dasar perairan yang berlumpur dan tidak terlalu dalam (Hasim, 2003). Hal ini sependapat dengan pernyataan Wijarni (1990), habitat hidup kerang jenis ini berada didasar yang berlumpur atau berpasir, dengan cara mengebor (boring) ke dasar tanah. Umumnya bivalvia merupakan jenis hewan yang mendapatkan makanan dengan cara menyaring atau bersifat *filter feeder* yaitu menyaring makanannya bersama aliran air yang ada di sekitarnya. Sepasang insang digunakan untuk bernafas dan menyaring makan. Lapisan nacre pada kelas ini dapat menghasilkan mutiara. (Dani, 2004).

Anodonta dikenal juga dengan nama kerang air tawar dan mempunyai dua kepingan cangkang yang dihubungkan oleh engsel ligamen yang bersifat elastis. Panjang tubuhnya berkisar antara 5-10 cm. Bentuk dan cirinya adalah simetri bilateral yang terdiri dari dua buah cangkang yang cembung di bagian kanan dan kiri dan berwarna hijau kecoklatan dengan bercak putih. Cangkang menyatu di bagian dorsaldengan adanya ligamen sendi yang terdiri atas konkiolin yang bersifat elastis. Di bagian dorsal terdapat otot aduktor dan posterior, yang berfungsi untuk membuka dan menutup cangkang. Pada posterior terdapat sifon inkuren dan berfungsi sebagai alat pembuangan sisa-sisa metabolisme. Cangkang akan sering membuka apabila di perairan tidak terdapat polutan atau zat pencemar yang dapat membahayakan dirinya (Storer dan Usinger, 1961 dalam Untari, 2001).



**Gambar 1. Anatomi Kerang *Anodonta woodiana* (Sugiri, 1989 dalam Untari, 2001)**

### 2.2.3 Mekanisme Pencernaan Makanan

Saluran pencernaan terdiri atas mulut, esofagus yang pendek, lambung yang dikelilingi kelenjar pencernaan, usus, rektum dan anus. Dalam mengalirkan makanan ke mulut, cilia memegang peranan penting. Sebagai *filter feeder*, sebagian besar kerang menyaring makanannya menggunakan insang yang berlubang-lubang. Makanan utamanya adalah plankton terutama fitoplankton (Suwignyo, 1981). Logam berat dalam air mudah terserap dan tertimbun dalam fitoplankton yang merupakan titik awal dari rantai makanan, selanjutnya melalui rantai makanan sampai ke organisme lainnya (Fardiaz, 1992). Menurut Purves (1977) dalam Tri Wahyuni (2001) menyatakan bahwa fitoplankton menyerap logam berat yang terbesar di perairan melalui adsorpsi, umumnya dalam bentuk anorganik. Sehingga fitoplankton yang hidup pada daerah yang tercemar logam berat besar kemungkinan mengandung logam berat juga. Fitoplankton yang mengandung logam tersebut kemudian di makan oleh kijing secara terus menerus. Di dalam tubuh kijing, logam berat akan mengalami akumulasi.

Plankton yang dibawa oleh arus melalui insang (pernafasan) akan mengalami seleksi lagi. Beberapa jasad yang tidak dikehendaki, misal karena berduri atau bukan makanan, diarahkan ke bagian dari cuping. Zat hara yang diterima diteruskan ke mulut dan ke kerongkongan yang berbulu getar dan berakhir ke lambung. Partikel-partikel yang besar diteruskan ke usus, sedangkan zat hara lainnya dikirim ke kantung atau tabung pencernaan yang mengelilingi perut. Usus memanjang membentuk lingkaran di dalam kelenjar genital, melewati atas jantung, melilit sekeliling otot pengikat, dan berlanjut sebagai rektum. Anus berbentuk corong, yang membuang feses ke luar dari mantel (Romimohtarto, 2001).

Cara kerja pencernaan bivalvia menurut Galtsoff (1964), yang menjelaskan tentang tiram *Crassostrea virginica*. Esophagus berada didekat mulut, berbentuk

seperti corong pipih dorsoventral dan seolah-olah merupakan lambung bagian depan. Dinding lambung bagian luar tertutup semacam pelindung disebut digestive diverticulata yang merupakan jaringan tipis dan kuat. Midgut atau usus terletak setelah lambung, berupa alur panjang berfungsi untuk menerima partikel makanan yang besar yang tidak tercerna oleh lambung. Partikel makanan yang halus dicerna dan diserap dalam lambung sedangkan partikel makanan yang lebih besar dicerna lebih dulu di *crystallin style sac*. Sedangkan partikel yang lebih besar lagi langsung masuk ke usus tanpa dicerna lebih dulu. Menurut beberapa penelitian yang dikumpulkan oleh Galtsoff (1964), dalam lambung tiram terdapat enzim-enzim sebagai berikut :

- Amylase berfungsi mencerna pati menjadi dextrin kemudian menjadi maltose
- Glikogenase berfungsi untuk mencerna glukogen
- Butyrase belum diketahui kegunaannya
- Sucrolastic merupakan enzim yang aktif pada pati, glycogen, sucrose, maltose, rafinose, dan beberapa glucosida
- Lipase terdapat di dalam phagocyte crystalline style sac
- Proteolitic, enzim ini tidak ada dalam usus tetapi ditemukan dalam digestiv diverticula

Storer dan Usinger (1961) dalam Palinussa (2010), menjelaskan mekanisme *filter feeder* sebagai berikut :

1. Air yang mengandung bahan makanan akan masuk ke dalam tubuh kerang melalui sifon ventral yang selanjutnya akan masuk melalui pori-pori insang ke cilia mantelnya. Cilia pada insang akan memilih makanan yang akan masuk ke dalam tubuh kerang. Partikel makanan yang ditolak akan dibungkus oleh lendir yang akan dikeluarkan kembali oleh insang melalui gerakan cilia yang selanjutnya akan dijatuhkan ke dinding mantel, sedangkan partikel terpilih akan dibungkus lendir ke bagian ventral insang menuju labial palps.

2. Labial palps akan memilih kembali bahan makanan dengan menggunakan cilia pada bagian tersebut. Partikel yang ditolak akan didorong ke arah posterior untuk dibuang ke dinding mantel, sedangkan partikel terpilih akan didorong ke arah mulut cilia, selanjutnya makanan tersebut akan melewati oesofagus yang pendek sebelum masuk ke lambung.
3. Di lambung umumnya terjadi pencernaan secara intraseluler, sedangkan pencernaan ekstraseluler terjadi ketika *crystalline style* mengeluarkan enzim dalam proses pencernaan. Dari lambung makanan akan masuk kedalam usus untuk diserap sebagian, sedangkan sisanya akan dialirkan menuju anal papila untuk dikeluarkan melalui anus.

Kijing Taiwan atau kerang air tawar tergolong *filter feeder*, yaitu hewan yang memperoleh makanan dengan cara menyedot air. Air masuk ke dalam mantel melalui cuping bibir terus mengalir menuju insang dan diseleksi. Beberapa jasad yang tidak dikehendaki, diarahkan ke sepanjang parit ke akhir cuping. Di tempat ini mereka jatuh ke dalam rongga mantel dan secara berkala dikeluarkan sebagai kumpulan benda kecil. Zat hara yang diterima diteruskan ke mulut dan ke kerongkongan berbulu getar yang berakhir ke perut. Ini merupakan pabrik pemilahan yang sangat majemuk dimana partikel-partikel dicampur, diisi enzim yang dikeluarkan dari batang gelatin dan disebarkan kembali ke daerah-daerah pemilahan. Partikel-partikel yang besar diteruskan ke usus, sedangkan zat hara lainnya dikirim ke kantung atau tabung pencernaan (*digestive divertikulum*) (Nybaken, 1992).

Proses akumulasi logam berat dalam makhluk hidup digambarkan sebagai berikut: makanan yang menumpuk logam berat seperti timbel, akan dimakan oleh biota perairan, termasuk jenis bivalvia dan akan masuk ke dalam saluran pencernaan. Dari dalam pencernaan (gastrointestinal) melalui dinding akan ke peredaran darah, setelah masuk peredaran darah yang terjadi ada proses

metabolisme dan sebagian bertemu pada beberapa jaringan. Logam timbel dalam darah teroksidasi menjadi  $Pb^{2+}$  yang memiliki toksisitas dan akan menumpuk di hati, karena sifat Pb adalah materi non esensial, kehadirannya di dalam hati tidak dapat dilemahkan oleh enzim, sehingga diteruskan dan terakumulasi di ginjal (Destiany, 2007 dalam Fitriawan *et al.*, 2011)

Logam masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu melalui saluran pernafasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Absorpsi logam melalui saluran pencernaan hanya berapa persen saja tetapi jumlah logam yang masuk melalui saluran pencernaan biasanya cukup besar walaupun absorpsinya relatif kecil. Logam di absorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Di dalam jaringan logam juga berikatan dengan berbagai jenis protein baik enzim maupun protein lain yang disebut metaloenzim (Darmono, 2001).

Mekanisme pengambilan logam berat secara selular pada biota air, seperti yang dijelaskan oleh Luoma (1989) dalam Sudarso *et al.*, (2001), umumnya melibatkan empat proses. Keempat proses tersebut meliputi: difusi dari logam non polar ( $M^0$ ), kompleksasi dari bentuk logam polar dengan protein carier/pembawa, pembentukan *endocytosis* atau *pinocytosis* pada epitel sel membran, dan pencernaan secara intraselular.

Banyaknya toksikan lingkungan masuk melalui rantaimakanan dan diserap melalui saluran pencernaan hewan dan selanjutnya masuk pada manusia. Proses absorpsi tersebut tidak menimbulkan efek toksik kecuali jika diserap oleh tubuh. 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 diserap oleh lambung, pada umumnya akan diserap oleh usus. Sebaliknya untuk basa organik lebih banyak diserap di usus daripada di lambung (Mukono, 2005).

### 2.3 Parameter Kualitas Air Penunjang

Pengukuran kualitas air dalam penelitian ini meliputi : suhu, pH, oksigen terlarut (DO), serta kecepatan arus.

#### 2.3.1 Suhu

Suhu merupakan faktor fisika penting untuk kelangsungan hidup suatu organisme. Kenaikan suhu dapat mempercepat reaksi – reaksi kimiawi. Misalnya, diproses metabolisme akan menaikkan suhu dua kali lipat. Tiap perubahan suhu cenderung untuk mempengaruhi banyak proses kimiawi yang terjadi secara bersamaan pada jaringan tanaman dan binatang serta biota secara keseluruhan (Romimohtarto,2001).

Suhu akan mempengaruhi aktifitas metabolisme organisme, karena itu suhu dijadikan sebagai faktor pembatas. Suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Secara umum kenaikan suhu akan meningkatkan laju pertumbuhan. Suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi jenuh oksigen terlarut, tetapi berbanding lurus dengan laju konsumsi oksigen hewan air dan laju reaksi kimia dalam air (Kordi dan Andi, 2007). Effendi (2003), menambahkan bahwa semakin tinggi suhu dan ketinggian tempat serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil.

#### 2.3.2 Derajat keasaman (pH)

Organisme hidup memiliki kisaran toleransi yang berbeda terhadap pH. pH yang ideal bagi kehidupan makrozoobentos pada umumnya berkisar antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi. pH mempengaruhi perkembangan dan aktivitas organisme air. Pada hewan bentos pH berpengaruh terhadap menurunnya daya stres (Barus, 2002).

Masuknya logam di dalam perairan akan berinteraksi dengan berbagai faktor seperti derajat keasaman (pH) sehingga akan berpengaruh terhadap logam. Kenaikan pH menurunkan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 1994).

### 2.3.3 Oksigen terlarut (DO)

DO merupakan banyaknya oksigen terlarut dalam suatu perairan. Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi bagi sebagian besar organisme air. Kelarutan oksigen di dalam air terutama dipengaruhi oleh suhu. Dengan peningkatan suhu akan menyebabkan konsentrasi akan menurun dan sebaliknya (Barus, 2002).

Tanpa adanya oksigen terlarut, banyak mikroorganisme dalam air tidak dapat hidup karena oksigen terlarut digunakan untuk proses degradasi senyawa organik dalam air. Kelarutan oksigen dalam air tergantung pada temperatur dan tekanan atmosfer (Warlina, 1985 dalam Maizar, 2011). Tebbut (1992) dalam Effendi (2003), berpendapat bahwa kadar oksigen terlarut yang tinggi tidak menimbulkan pengaruh fisiologis.

### 2.3.4 Kecepatan Arus dan Debit Air

Kecepatan arus itu penting, tidak hanya secara langsung tetapi juga secara tidak langsung. Kecepatan arus dapat bervariasi amat besar di tempat yang berbeda dari satu aliran yang sama (membujur atau melintang dari poros arah aliran) dan dari waktu ke waktu. Kecepatan arus ditentukan oleh kemiringan, kekasatan, kedalaman, dan kelebaran dasarnya (Odum, 1993).

Pengelompokkan kecepatan arus menurut Welch (1980) dibagi menjadi 5 yaitu :

1. Kecepatan arus > 100 cm/dt sangat cepat
2. Kecepatan arus 50-100 cm/dt cepat
3. Kecepatan arus 25-50 cm/ dt sedang
4. Kecepatan arus 10-25 cm/ dt lambat
5. Kecepatan arus < 10 cm/ detik sangat lambat

Debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Laju aliran permukaan dikenal juga dengan istilah debit. Besarnya debit ditentukan oleh luas penampang air dan kecepatan alirannya, yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Q = A V \dots\dots\dots i$$

dimana : Q = debit air (m<sup>3</sup>/detik atau m<sup>3</sup>/jam)

A = luas penampang air (m<sup>2</sup>)

V = kecepatan air melalui penampang tersebut (m/detik)

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \dots\dots\dots ii$$

Aliran air dalam sungai mampu menyerap gas oksigen dari udara dalam bentuk oksigen terlarut. Kemampuan penyerapan oksigen oleh air adalah fungsi kecepatan aliran air (V), makin cepat aliran air makin tinggi kadar oksigenterlarut. Sebaliknya kedalaman air memberikan pengaruh yang berlawanan, makin dalam aliran air makin sulit oksigen terserap sehingga oksigen terlarut makin rendah (Irianto *et al.*, 2011).

Penggelontoran adalah pelepasan air dari satu titik yang tinggi dan distribusinya tidak terkontrol. Dalam hal budidaya kualitas air sangat dipengaruhi oleh oksigen yang fungsinya untuk pernapasan ikan. Penanganan air juga dapat dilakukan dengan memberikan aliran air walau debitnya kecil sehingga selalu terjadi pergantian air untuk menjaga kondisi air tetap sehat (Yanuartono *et al.*, 2010).

### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah logam berat timbal dan kerang *Anodonta woodiana*. Pengukuran parameter kualitas air meliputi : suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan kecepatan arus.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 3.

#### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Menurut Nazir (2005), penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek peneliti serta adanya kontrol. Tujuan dari penelitian eksperimental adalah untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk penelitian.

#### 3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap pola Faktorial (RALF). Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial, dengan 2 macam perlakuan. Percobaan faktorial menurut Sulistianingsih (2010), adalah suatu percobaan dimana dalam satu keadaan (unit percobaan) dicobakan secara bersamaan dari beberapa (2 atau lebih) percobaan-percobaan tunggal. Dari percobaan faktorial, selain dapat diketahui pengaruh-pengaruh tunggal faktor yang diujikan, dapat

diketahui pula pengaruh gabungan (interaksi) dari masing-masing faktor yang diujikan. Percobaan faktorial dicirikan dengan perlakuan yang merupakan kombinasi dari semua kemungkinan kombinasi dari taraf-taraf faktor yang dicobakan. Model linier aditif dari rancangan ini secara umum (misal : komposisi perlakuan disusun oleh taraf- taraf faktor A dan faktor B ) adalah sebagai berikut :

$$Y = \mu + \alpha + \beta + (\alpha\beta) + \epsilon$$

Keterangan : Y = nilai pengamatan

$\mu$  = nilai rata-rata harapan

$\alpha$  = pengaruh perlakuan I

$\beta$  = pengaruh perlakuan II

$\alpha\beta$  = pengaruh interaksi faktor I dan II

$\epsilon$  = galat/kesalahan percobaan/acak percobaan

Faktor 1 ( perbedaan kecepatan aliran arus dan debit air )

A : Perlakuan kijing taiwan pada arus 0,54m/s debit air 0,0025 m<sup>3</sup>/s

B : Perlakuan kijing taiwan pada arus 0,43 m/s debit air 0,0009 m<sup>3</sup>/s

C : Perlakuan kijing taiwan pada arus 0,11 m/s debit air 0,0004 m<sup>3</sup>/s

D : Perlakuan kijing taiwan pada arus 0 m/s debit air 0 m<sup>3</sup>/s

Faktor 2 ( waktu pengambilan sampel )

a = minggu pertama

b = minggu kedua

c = minggu ketiga

Sehingga akan didapatkan 12 perlakuan kombinasi yaitu :

Aa = bak dengan arus 0,54 m/s pada minggu pertama

Ab = bak dengan arus 0,54 m/s pada minggu kedua

Ac = bak dengan arus 0,54 m/s pada minggu ketiga

Ba = bak dengan arus 0,43 m/s pada minggu pertama

Bb = bak dengan arus 0,43 m/s pada minggu kedua

Bc = bak dengan arus 0,43 m/s pada minggu ketiga

Ca = bak dengan arus 0,11 m/s pada minggu pertama

Cb = bak dengan arus 0,11 m/s pada minggu kedua

Cc = bak dengan arus 0,11 m/s pada minggu ketiga

Da = bak dengan arus 0 pada minggu pertama

Db = bak dengan arus 0 pada minggu kedua

Dc = bak dengan arus 0 pada minggu ketiga

**Tabel 1. Skema kadar Pb pada lambung kijang**

| Perlakuan            |       | Ulangan |     |     |
|----------------------|-------|---------|-----|-----|
| Kecepatan arus (m/s) | waktu | 1       | 2   | 3   |
| A                    | a     | Aa1     | Aa2 | Aa3 |
|                      | b     | Ab1     | Ab2 | Ab3 |
|                      | c     | Ac1     | Ac2 | Ac3 |
| B                    | a     | Ba1     | Ba2 | Ba3 |
|                      | b     | Bb1     | Bb2 | Bb3 |
|                      | c     | Bc1     | Bc2 | Bc3 |
| C                    | a     | Ca1     | Ca2 | Ca3 |
|                      | b     | Cb1     | Cb2 | Cb3 |
|                      | c     | Cc1     | Cc2 | Cc3 |
| D                    | a     | Da1     | Da2 | Da3 |
|                      | b     | Db1     | Db2 | Db3 |
|                      | c     | Dc1     | Dc2 | Dc3 |

Berikut ini denah penempatan bak percobaan:

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| Ba2 | Aa3 | Dc1 | Aa1 |
| Dc2 | Ac3 | Bb1 | Da2 |
| Ba1 | Ca3 | Ac1 | Ca1 |
| Db3 | Bc3 | Db1 | Cb2 |
| Bb3 | Cc2 | Ab1 | Bb2 |
| Ac2 | Ca2 | Ba3 | Ab3 |
| Da1 | Aa2 | Db2 | Bc2 |
| Cb3 | Bc1 | Cb1 | Dc3 |
| Cc1 | Da3 | Ab2 | Cc3 |

**Tabel 2. Denah Rancangan Percobaan**

Keterangan : A,B,C,D = Perlakuan kecepatan arus

a,b,c = perlakuan waktu

1,2,3 = Ulangan perlakuan

### 3.5 Analisa Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan 3 kali ulangan masing-masing perlakuan. Semua analisa data hasil penelitian dilakukan dengan cara statistik menggunakan analisa keragaman (ANOVA). Jika dari analisa keragaman (sidik ragam) diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) atau berbeda nyata (*highly significant*), maka untuk membandingkan nilai dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT), untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda.

### 3.6 Prosedur Penelitian

#### 3.6.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Basah UPBAT Punten, Batu. Kijing diletakkan pada bak berukuran 43x30x13,5 cm, selain itu dilakukan juga pengamatan dan pengukuran kualitas air meliputi suhu, pH, DO dan kecepatan arus. Sedangkan analisa kadar Pb pada lambung kijing dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang.

#### 3.6.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

##### 1. Penelitian pendahuluan

Penelitian pendahuluan yaitu pengukuran kadar Pb pada lambung kijing ukuran 9 cm ternyata diperoleh Pb sebesar 6,14 ppm. Penelitian ini menggunakan air sumber yang tidak mengandung Pb. Selanjutnya menyiapkan bak percobaan yang berukuran 43x30x13,5 cm dan mengatur kecepatan arus yang berbeda. Bak pertama adalah tempat air kemudian dihubungkan dengan selang ke bak kedua yaitu tempat sampel kerang. Arus akan keluar dari kran yang dipasang pada bak tempat air menuju bak sampel kerang. Selain itu, pada bak sampel kerang juga dipasang kran air

pembuangan. Air di dalam bak diatur hingga konstan kemudian mengukur kecepatan arusnya dan debit airnya (lampiran 3). Hasil pengukuran arus didapatkan tiga kecepatan arus yang berbeda yaitu 0,54 m/s, 0,43 m/s, 0,11 m/s dan kontrol tanpa pemberian arus.

## 2. Penelitian utama

Penelitian utama ini terdiri dari beberapa tahap yaitu :

### a. Pengambilan kijing taiwan

Kijing taiwan diambil dari kolam ikan di Balai Benih Ikan Punten. Kijing taiwan yang dipilih memiliki kriteria :

1. Kijing taiwan yang masih hidup.
2. Mempunyai ukuran yang tidak berbeda yaitu panjang relatif sama
3. Kijing yang digunakan diambil dari kolam yang sama.

### b. Mengukur parameter utama sebelum perlakuan

Parameter utama yang di analisis sebelum perlakuan meliputi konsentrasi logam Pb dalam lambung kijing

### c. Memasukkan kijing ke dalam bak-bak percobaan

### d. Mengukur parameter utama setelah perlakuan

Lama pemberian aliran air adalah 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu.

Parameter utama yang di analisis meliputi kadar logam Pb pada lambung kijing setelah mendapat perlakuan aliran air pada bak-bak percobaan (A, B, C, dan D) selama waktu yang telah ditentukan. Sedangkan parameter pendukung yang dianalisa meliputi : suhu yang dilakukan pada minggu pertama hingga ketiga, pH dilakukan pada minggu pertama hingga ketiga, oksigen terlarut (DO) yang dilakukan pada minggu hingga ketiga.

### 3.7 Analisa Logam Pb

Penelitian ini analisa pb yang dilakukan adalah pada lambung kijing taiwan setelah perlakuan yang dilakukan pada minggu 1, minggu 2, dan minggu 3.

#### 3.7.1 Analisa Pb di Lambung Kijing Taiwan

Pengukuran kadar Pb dari lambung kijing dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang. Metode analisis kadar Pb pada sampel padat (lambung kijing taiwan) menurut SNI (1990) sebagai berikut:

1. Menimbang masing-masing sampel lambung  $\pm 15$  gr dengan timbangan sartorius untuk mendapatkan berat basah.
2. Mengoven sampel padat pada suhu  $\pm 105$  °C selama 3-5 jam sampai mendapat berat konstan.
3. Menimbang berat konstan dengan timbangan sartorius sebagai berat kering.
4. Memasukkan sampel yang sudah kering ke dalam *beaker glass* 100 ml.
5. Menambahkan HNO<sub>3</sub> dengan perbandingan 1 : 1 (HNO<sub>3</sub> : HCl) sebanyak  $\pm$  10-15 ml.
6. Memanaskan di atas *hot plate* di dalam kamar asam sampai  $\pm 3$  ml.
7. Menyaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml.
8. Mengulang proses penyaringan sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam *beaker glass* tempat sampel.
9. Menganalisis sampel dengan menggunakan mesin *Atomic Absrobtion Spectrophotometer* (AAS) pada panjang gelombang 283,3 nm.
10. Menyiapkan larutan standar dari kelarutan Pb dengan konsentrasi 0; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2; 4 ppm.

11. Menganalisis larutan standar dengan mesin AAS dan mencatat nilai absorbannya kemudian membuat kurva kalibrasinya. Larutan standar ini berfungsi untuk membantu nilai konsentrasi logam Pb pada sampel, karena prinsip kerja mesin AAS hanya menentukan nilai absorbansi dengan sampel.

### 3.8 Analisa Parameter Kualitas Air

Penelitian ini analisa kualitas air pendukung yang dilakukan setiap seminggu dalam waktu tiga minggu meliputi : suhu, pH, DO.

#### 3.8.1 Suhu

Prosedur pengukuran suhu menurut SNI (1990), adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan thermometer Hg ke dalam perairan, dan menunggu beberapa saat sampai air raksa dalam thermometer berhenti pada skala tertentu.
2. Mencatat dalam skala °C.
3. Membaca skala pada saat thermometer masih di dalam air, dan jangan sampai tangan menyentuh bagian air raksa thermometer

#### 3.8.2 pH

Prosedur pengukuran pH perairan menurut Rizky *dkk.*, (2009) adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan kertas pH universal.
2. Memasukkan sebagian kertas universal ke dalam air yang di uji. Dibiarkan beberapa saat dan dibandingkan dengan warna pH pada kotak pH universal.
3. Mencatat nilai pH yang diperoleh.

#### 3.8.3 Oksigen Terlarut

Alat yang digunakan untuk mengukur DO dalam penelitian ini adalah Oxymeter Eutech ECD11001K serial 455098. Prosedur pengukuran DO adalah sebagai berikut:

1. Mengangkat bagian oxymeter yang berupa pen dari bak, bersihkan optik pada ujung pen oxymeter dengan menggunakan aquades dan tissue
2. Memasukkan kembali pen oxymeter pada bak
3. Melihat besarnya DO pada layar oxymeter



#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Kemampuan Kecepatan Arus Air dalam Menurunkan Kadar Timbel (Pb) Pada Lambung Kijing

Pada penelitian pendahuluan penentuan logam Pb pada lambung kerang secara AAS diperoleh untuk nilai pb sebesar 6,14 ppm. Jumlah Pb air di kolam sebesar 0,023 ppm. Penelitian ini akan mengetahui pengaruh kecepatan arus terhadap Pb pada lambung sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran logam berat di dalam lambung kijing. Data hasil Pengukuran Pb dalam lambung kijing dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3. Kadar Pb pada lambung kijing setelah perlakuan**

| Perlakuan I (Arus)  | Perlakuan II (Waktu) | Hari ke-0 (ppm) | Ulangan |         |         | Rata-rata (ppm) |
|---------------------|----------------------|-----------------|---------|---------|---------|-----------------|
|                     |                      |                 | 1 (ppm) | 2 (ppm) | 3 (ppm) |                 |
| <b>A (0,54 m/s)</b> | a (Minggu I)         | 6,14            | 0,74    | 0,84    | 0,59    | 0,72            |
|                     | b (Minggu II)        | 6,14            | 0,64    | 0,69    | 0,44    | 0,59            |
|                     | c (Minggu III)       | 6,14            | 0,57    | 0,54    | 0,40    | 0,50            |
| <b>B(0,43 m/s)</b>  | a (Minggu I)         | 6,14            | 0,49    | 0,47    | 0,50    | 0,49            |
|                     | b (Minggu II)        | 6,14            | 0,49    | 0,44    | 0,41    | 0,45            |
|                     | c (Minggu III)       | 6,14            | 0,40    | 0,42    | 0,38    | 0,40            |
| <b>C (0,11 m/s)</b> | a (Minggu I)         | 6,14            | 0,96    | 0,89    | 0,72    | 0,86            |
|                     | b (Minggu II)        | 6,14            | 0,79    | 0,84    | 0,59    | 0,74            |
|                     | c (Minggu III)       | 6,14            | 0,59    | 0,64    | 0,45    | 0,56            |
| <b>D (0 m/s)</b>    | a (Minggu I)         | 6,14            | 1,34    | 1,48    | 1,24    | 1,35            |
|                     | b (Minggu II)        | 6,14            | 0,42    | 0,42    | 1,01    | 0,61            |
|                     | c (Minggu III)       | 6,14            | 0,37    | 0,35    | 0,87    | 0,59            |

Hasil pengamatan yang dilakukan selama 3 minggu, analisis kadar Pb dalam lambung kijing pada kecepatan arus 0,54 (m/dt) dengan kadar dari 6,14ppm mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,72ppm, selanjutnya pada minggu ke-dua mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,59ppm dan pada minggu ketiga mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,50ppm. Berturut-turut pada kecepatan yang lain juga mengalami penurunan terhadap kadar timbel pada kecepatan arus 0,43 (m/s) pada minggu pertama mengalami

penurunan rata-rata sebesar 0,49ppm, selanjutnya pada minggu kedua mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,45ppm dan pada minggu ketiga mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,40ppm. Kecepatan arus 0,11 (m/s) pada minggu pertama mengalami penurunan rata-rata 0,86ppm, selanjutnya pada minggu kedua mengalami penurunan rata-rata 0,74ppm dan pada minggu ketiga mengalami penurunan rata-rata 0,56ppm. Perlakuan kontrol pada minggu pertama diperoleh nilai penurunan rata-rata sebesar 1,35ppm, pada minggu kedua mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,61ppm dan minggu ketiga mengalami penurunan rata-rata 0,59ppm.

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan penurunan paling signifikan selama 1 minggu pertama, karena pada hari ke-0 kijing langsung di ambil dari kolam yang sebelumnya juga telah diketahui kadar timbel di air dan sedimen juga tinggi. Menurut Hutagalung (1984) dalam Arifin (2005), bahwa logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air. Kijing mencari makanan dengan cara menyaring partikel-partikel baik dari air maupun sedimen karena hidupnya berada di dasar perairan kemudian masuk ke lambung, secara terus menerus telah mengalami akumulasi.

Darmono (1995) dalam Fitriyah (2009), menjelaskan bahwa absorpsi melalui saluran pencernaan hanya beberapa persen saja tetapi jumlah logam yang masuk melalui saluran pencernaan biasanya cukup besar walaupun absorpsinya relatif kecil. Dalam tubuh hewan, logam diabsorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Logam Pb dalam saluran pencernaan dalam bentuk terlarut,

bahan ini diabsorpsi sekitar 1-10% melalui dinding saluran pencernaan. Pada penelitian ini kerang tidak mendapat masukan logam berat Pb sehingga metabolismenya berjalan dengan lancar. Keberadaan air bersih dapat membuang sisa metabolisme kerang sehingga tidak mengendap di dasar dan termakan oleh kerang. Menurut Palar (1994), Organisme perairan khususnya ikan yang mengalami keracunan logam berat akan mengalami gangguan pada proses metabolisme tubuhnya, sehingga mengakibatkan metabolisme tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Selanjutnya melakukan uji F dengan menggunakan uji ragam yang hasilnya pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4. Tabel Sidik Ragam Pb**

| Sidik Keragaman     | Df        | JK              | KT       | Fhit     |    | F 5% | F 1% |
|---------------------|-----------|-----------------|----------|----------|----|------|------|
| kecepatan arus      | 3         | 0,743256        | 0,247752 | 9,791488 | ** | 3    | 4,72 |
| Lama waktu          | 2         | 0,812356        | 0,406178 | 16,0527  | ** | 3,4  | 5,01 |
| arus terhadap Waktu | 6         | 0,634711        | 0,105785 | 4,180774 | ** | 2,51 | 3,67 |
| Acak                | 24        | 0,607267        | 0,025303 |          |    |      |      |
| <b>total</b>        | <b>35</b> | <b>2,797589</b> |          |          |    |      |      |

Keterangan : \*\* = berbeda sangat nyata

Hasil perhitungan tabel di atas menggunakan uji F telah diperoleh nilai F hitung perbedaan kecepatan arus sebesar 9,791488 sehingga memberikan pengaruh berbeda sangat nyata karena nilainya lebih besar dari F tabel 1% dan 5%. Nilai F hitung lama waktu pemberian aliran air juga memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap penurunan kadar Pb. Begitu juga adanya pengaruh interaksi antara kecepatan arus dan waktu terhadap penurunan kadar pb pada lambung kijing. Selanjutnya dilakukan uji BNT untuk mengetahui perlakuan mana saja yang berbeda.

**Tabel 5. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil**

| rata-rata perlakuan perbedaan arus (m/s) | 0,44   | 0,6    | 0,71  | 0,83 | NOTASI |
|--|--------|--------|-------|------|--------|
| 0,44                                     | -      | -      | -     | -    | A      |
| 0,6                                      | 0,16** | -      | -     | -    | B      |
| 0,71                                     | 0,27** | 0,11ns | -     | -    | B      |
| 0,83                                     | 0,39** | 0,23** | 0,12* | -    | C      |

Keterangan : <sup>ns</sup>= tidak berbeda nyata  
 \*= berbeda nyata  
 \*\*=sangat berbeda nyata

Hasil dari tabel uji BNT di atas dapat diketahui bahwa rata-rata penurunan Pb dalam kijing yang paling tinggi pada perlakuan B, A, C, D. Hasil tabel uji BNT didapat nilai selisih perlakuan yang harus dibandingkan dengan nilai BNT 5% dan BNT 1%. Perlakuan kecepatan arus B berbeda sangat nyata dengan perlakuan A,C,D. Akan tetapi perlakuan A dan C memiliki pengaruh yang sama dalam mengurangi Pb

| rata-rata perlakuan lama waktu (minggu ke-) | III (0,66)                | II(0,79) | I (1,14) | NOTASI |
|---|---------------------------|----------|----------|--------|
| III (0,66)                                  |                           |          |          | A      |
| II (0,79)                                   | 0,13ns                    |          |          | A      |
| I (1,14)                                    | 0,48**                    | 0,35**   |          | B      |
| KET   | Ns: Tidak berbeda nyata   |          |          |        |
|   | ** : berbeda sangat nyata |          |          |        |

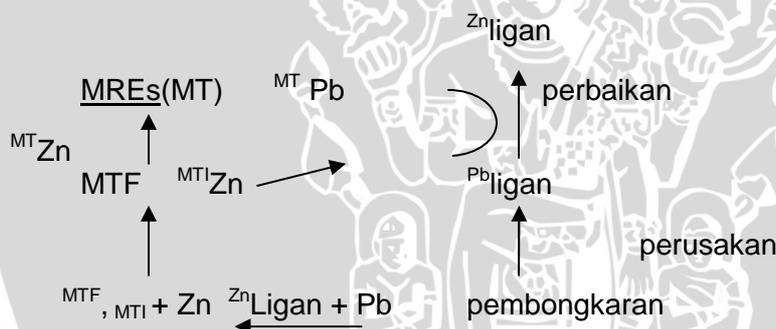
Hasil dari tabel uji BNT di atas dapat diketahui bahwa minggu ke-1 memiliki pengaruh yang sangat nyata terhadap penurunan kadar Pb. Akan tetapi pada minggu ke-2 dan minggu ke-3 memiliki pengaruh yang sama tidak berbeda nyata terhadap penurunan kadar pb. Nilai tersebut dibandingkan dengan nilai BNT 5% dan 1%. Berikut grafik pengaruh interaksi kecepatan arus dan waktu terhadap penurunan kadar pb pada lambung kijing.

Berdasarkan hasil uji statistik didapatkan hasil bahwa penurunan kadar Pb dalam lambung kijing dengan perlakuan kecepatan arus 0,54 m/s; 0,43 m/s; 0,11 m/s; 0 m/s serta waktu pengamatan waktu 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu memang berbeda. Pada penelitian ini pengaruh interaksi dari kecepatan dengan waktu pengamatan selama 3 minggu menunjukkan pengaruh nyata terhadap penurunan Pb dalam lambung kijing. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan kecepatan arus yang dihasilkan dengan lama waktu perlakuan dapat menurunkan kadar Pb dalam lambung kijing.

Pada penelitian ini kecepatan arus ternyata berpengaruh terhadap penurunan kadar Pb pada lambung kijing. Selama waktu tiga minggu telah terjadi penurunan kadar Pb, tetapi tidak semua Pb dapat keluar dari jaringan kerang karena telah mengalami akumulasi. Penurunan Pb di lambung kijing diduga saat perlakuan kerang mendapatkan makanan dari pelet yang tidak mengandung Pb serta air bersih dari sumber dengan jumlah plankton sangat sedikit dan jumlah Pb hampir dikatakan tidak ada. Makanan yang berada di lambung sebelum perlakuan dikeluarkan berupa feses dan digantikan makanan yang baru. Seluruh hasil pencernaan bahan ini akan di absorpsi ke dalam hati, sehingga hati merupakan organ pertama yang berhubungan dan melakukan metabolisme terhadap racun yang terserap dalam saluran pencernaan (Arifin *et al.*, 2005).

Proses pengikatan dan penurunan logam Pb pada lambung kijing berlangsung secara intraseluler. Logam Pb diabsorpsi oleh tubuh kijing kemudian disimpan dalam darah dan ginjal, sebagian terakumulasi dan yang lain dieksresikan melalui lendir dan feses. Di dalam tubuh kerang logam berat mempunyai afinitas terhadap sulfur dan enzim dengan membentuk ikatan dengan group sulfur dalam enzim. Protein ( $-CO_2H$ ), asam karboksilat dan group amino ( $-NH_2$ ) mudah membentuk ikatan dengan logam berat, misalnya dengan ion Cd, Co, Pb, Hg. Sulfur, protein dan group amino mempunyai atom S, N dan O

yang memiliki pasangan elektron bebas yang sangat disukai oleh logam berat yang bermuatan positif sehingga terbentuk ikatan kovalen koordinasi. Logam berat akan berikatan dengan membran sel sehingga menghalangi proses transport yang melalui dinding sel (Yulianti, 2007). Enzim adalah katalisator protein (zat yang mempercepat reaksi biokimia dalam sistem biologis). Pada umumnya semua reaksi biokimia dikatalisasi oleh enzim. Ion logam yang masuk ke dalam jaringan tubuh bersenyawa dengan bahan kimia di dalam jaringan makhluk hidup yang membentuk senyawa kompleks organik protein disebut metalotionin (Suaniti, 2007). Metallothionein merupakan protein pengikat logam (metal-binding protein) yang berfungsi dan berperan dalam proses pengikatan ataupun penyekapan logam di dalam jaringan setiap makhluk hidup. Berikut ini merupakan reaksi kimia Mt beraksi dengan logam Pb pada tubuh bivalvia.



**Gambar 4. Model pasangan Mt yang menginduksi dan memperbaiki ligan target dalam pengikatan logam. (MT, metallothionein; MRE, metal regulatory element; MTF, metal transcription factor; MTI, metal transcription inhibitor) (Roesijadi, 1996 dalam Amiard et al., 2006).**

Pemberian aliran air bersih ini diduga dapat melarutkan protein dalam tubuh kerang. Murray (1999) dalam Nuraini et al., (2006), berpendapat bahwa penggunaan aqua sebagai pelarut mampu menurunkan kadar protein, karena aqua mampu melarutkan dan memodifikasi sifat-sifat biomolekul seperti asam nukleat, protein serta karbohidrat melalui pembentukan ikatan hidrogen dengan gugus fungsional yang bersifat polar. Proses penurunan konsentrasi logam berat menurut Suaniti (2007), disebabkan karena lepasnya ikatan kompleks logam

protein, sehingga ion-ion logam tersebut keluar dari dalam lambung kerang. Ion logam secara alamiah terdapat di dalam tubuh dan hampir semuanya berikatan dengan protein. Selain itu, dinyatakan pula oleh Aditya (2001), bahwa air merupakan zat pelarut yang penting untuk makhluk hidup sehingga mampu melarutkan dan mengeluarkan sampah-sampah dan racun dari dalam tubuh. Riyanto (2008), juga menambahkan bahwa air mampu membersihkan sistem pencernaan, serta menghilangkan racun dan sisa-sisa makanan yang menempel di usus.

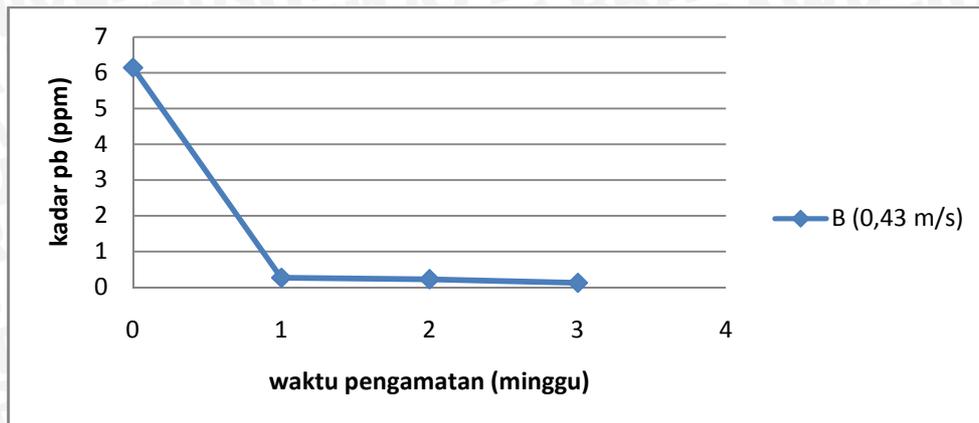
#### **4.2 Laju Pengurangan Pb pada Lambung Kijing**

Pada minggu ketiga kadar timbel dalam lambung kijing semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan arus dapat mengurangi kadar timbel dalam lambung kijing. Hasil pengamatan yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 5. Laju pengurangan Pb selama 3 minggu paling tinggi perlakuan B dengan arus 0,43 m/s yaitu sebesar 5,73ppm. Kecepatan arus 0,43 m/s memberikan penurunan kecepatan arus paling baik daripada kecepatan arus 0,54 m/s dan 0,11 m/s. Kontrol juga terlihat mengalami penurunan tetapi paling sedikit, hal ini dikarenakan logam Pb dalam lambung kijing hanya mengalami perendaman tanpa pergantian air bersih secara terus menerus sehingga logam berat Pb ikut termakan oleh kijing bersama lendir yang ada di bak.

Tabel 6. Laju Pengurangan Pb pada lambung Kijing

| Perlakuan I (Arus)  | Perlakuan II (Waktu) | Rata-rata (ppm) | Laju Pengurangan Mingguan (ppm) | Rata-rata Laju Pengurangan (ppm) |
|---------------------|----------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>A (5,3 m/s)</b>  | <b>Hari ke-0</b>     | 6,14            |                                 | 1,41                             |
|                     | a (Minggu 1)         | 0,72            | 5,42                            |                                  |
|                     | b (Minggu 2)         | 0,59            | 0,13                            |                                  |
|                     | c (Minggu 3)         | 0,50            | 0,09                            |                                  |
|                     | <b>Total</b>         |                 | 5,64                            |                                  |
| <b>B(4,3 m/s)</b>   | <b>Hari ke-0</b>     | 6,14            |                                 | 1,43                             |
|                     | a (Minggu 1)         | 0,49            | 5,65                            |                                  |
|                     | b (Minggu 2)         | 0,45            | 0,04                            |                                  |
|                     | c (Minggu 3)         | 0,40            | 0,05                            |                                  |
|                     | <b>Total</b>         |                 | 5,73                            |                                  |
| <b>C (0,11 m/s)</b> | <b>Hari ke-0</b>     | 6,14            |                                 | 1,39                             |
|                     | a (Minggu 1)         | 0,86            | 5,28                            |                                  |
|                     | b (Minggu 2)         | 0,74            | 0,12                            |                                  |
|                     | c (Minggu 3)         | 0,56            | 0,18                            |                                  |
|                     | <b>Total</b>         |                 | 5,58                            |                                  |
| <b>D (0 m/s)</b>    | <b>Hari ke- 0</b>    | <b>6,14</b>     |                                 | 1,38                             |
|                     | a (Minggu 1)         | 1,35            | 4,79                            |                                  |
|                     | b (Minggu 2)         | 0,61            | 0,74                            |                                  |
|                     | c (Minggu 3)         | 0,59            | 0,02                            |                                  |
|                     | <b>Total</b>         |                 | 5,55                            |                                  |

Laju pengurangan ditunjukkan pada tabel 5, perlakuan A terjadi laju pengurangan mingguan Pb pada minggu pertama sebesar 5,14 ppm, pada minggu kedua sebesar 0,13 ppm, pada minggu ketiga laju pengurangan sebesar 0,09ppm. Perlakuan B terjadi laju pengurangan sebesar 5,65 ppm pada minggu pertama, laju pengurangan pada minggu kedua sebesar 0,04 ppm, pada minggu ketiga laju pengurangan sebesar 0,05 ppm. Perlakuan C terjadi laju pengurangan pada minggu pertama sebesar 5,28 ppm, pada minggu kedua laju pengurangan sebesar 0,12 ppm, minggu ketiga laju pengurangan sebesar 0,18ppm. Perlakuan D terjadi laju pengurangan sebesar 4,79ppm pada minggu pertama, pada minggu kedua laju pengurangan sebesar 0,74 ppm, pada minggu ketiga sebesar 0,02ppm.



**Gambar 5. Grafik laju penurunan kadar pb pada kecepatan arus 0,43 m/s**

Pada penelitian ini menunjukkan kecepatan arus 0,43 m/s paling baik dalam menurunkan kadar Pb terendah 0,40 ppm sampai minggu ketiga. Minggu 0 ke minggu 1 menurunkan 92 %; minggu 1 ke minggu 2 menurunkan 8,1 %; dan minggu 2 ke minggu ke 3 menurunkan 11 %. Dapat diketahui bahwa pengurangan kadar Pb pada hari ke-0 sampai minggu I paling tinggi yaitu sebesar karena kijing beradaptasi dengan lingkungan yang sebelumnya berada di kolam dengan substrat dan makanan dengan plankton yang banyak, kemudian diberi perlakuan dengan penggelontoran air bersih serta pakan berupa pelet yang tidak mengandung Pb. Logam berat di lambung kijing keluar bersama dengan feses serta digantikan dengan makanan baru. Sedangkan pada minggu 2 dan minggu 3 logam berat yang ada di lambung kijing hanya sedikit karena sudah banyak berkurang melalui proses metabolisme dari makanan dan pergantian air. Kecepatan arus lebih tinggi atau lebih rendah akan mengganggu proses fisiologis kijing. Bivalvia merupakan jenis hewan yang mendapatkan makanan dengan cara menyaring atau bersifat *filter feeder* yaitu menyaring makanannya bersama aliran air yang ada di sekitarnya (Dani, 2004). Adanya pencemaran oleh logam berat akan mempengaruhi aktifitas bukaan cangkang. Menurut Hartono (1999), adanya logam berat Pb menyebabkan menurunkan aktifitas buka tutup cangkang kijing.

Berikut ini adalah jalannya mekanisme *filter feeder* yang dilakukan kijing menurut Storer dan Usinger (1961) dalam Palinussa (2010), air yang mengandung bahan makanan akan masuk ke dalam tubuh kijing melalui sifon ventral yang selanjutnya akan masuk melalui pori-pori insang ke cilia mantelnya. Cilia pada insang akan memilih makanan yang akan sampai dalam lambung kijing. Partikel makanan yang ditolak akan dibungkus oleh lendir yang akan disekresikan kembali oleh insang melalui gerakan cilia yang selanjutnya akan dijatuhkan ke dinding mantel, sedangkan partikel terpilih akan dibungkus lendir ke bagian ventral insang menuju labial palps. Labial palps akan memilih kembali bahan makanan dengan menggunakan cilia pada bagian tersebut. Partikel yang ditolak akan didorong ke arah posterior untuk dibuang ke dinding mantel, sedangkan partikel terpilih akan didorong ke arah mulut cilia, selanjutnya makanan tersebut akan melewati oesofagus yang pendek sebelum masuk ke lambung.

Sistem aliran air dengan cara penggelontoran akan merangsang kijing taiwan yang tercemar Pb ini untuk memperoleh makanan. Partikel-partikel makanan yang tidak lolos seleksi akan dikeluarkan bersama lendir yang membungkus partikel makanan tersebut dan membawa kadar Pb yang belum terakumulasi pada lambung dan membawa kadar logam Pb yang ada dalam lambung. Sedangkan Pb yang masih tertinggal dalam lambung kijing akan sulit terurai karena melekat kuat dalam jaringan tersebut. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Asikin (1982), yang menyatakan bahwa logam Pb yang masih tertinggal dalam jaringan tubuh kerang setelah perlakuan reduksi diduga karena adanya interaksi logam Pb dan Cu yang terikat secara kuat dengan gugus sulfidril dari asam amino yang tidak dapat diputus ikatannya karena bersifat stabil.

### 4.3 Parameter Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dilakukan pada semua bak pada waktu minggu pertama, minggu kedua dan minggu ketiga. Kualitas air yang diukur meliputi: suhu, DO, pH. Parameter tersebut mempunyai pengaruh terhadap kehidupan kijing saat mendapat perlakuan dengan aliran air. Data Hasil Pengukuran kualitas air dapat dilihat pada tabel 6.

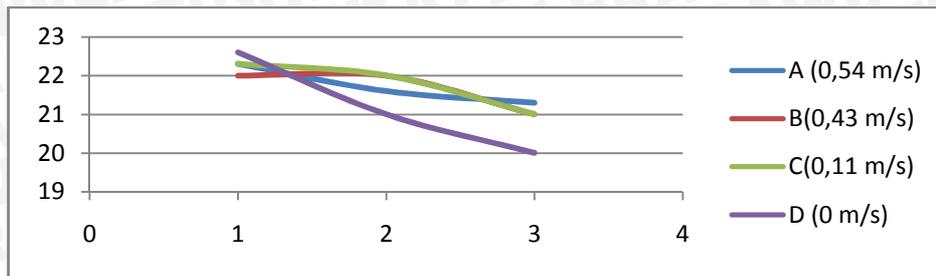
**Tabel 7. Hasil pengukuran kualitas air**

| Parameter Kualitas Air | Hasil Pengukuran |               |               |      |               |               |               |     |               |               |               |     |
|------------------------|------------------|---------------|---------------|------|---------------|---------------|---------------|-----|---------------|---------------|---------------|-----|
|                        | Minggu 1         |               |               |      | Minggu 2      |               |               |     | Minggu 3      |               |               |     |
|                        | A                | B             | C             | D    | A             | B             | C             | D   | A             | B             | C             | D   |
| Kecepatan Arus         | (0,54<br>m/s)    | (0,43<br>m/s) | (0,11<br>m/s) | (0)  | (0,54<br>m/s) | (0,43<br>m/s) | (0,11<br>m/s) | (0) | (0,54<br>m/s) | (0,43<br>m/s) | (0,11<br>m/s) | (0) |
| Suhu (°)               | 22,3             | 22            | 22,3          | 22,6 | 21,6          | 22            | 22            | 21  | 21,3          | 21            | 21            | 20  |
| DO(mg/L)               | 9,3              | 9             | 9,2           | 9,2  | 9,4           | 9,2           | 9,2           | 9,3 | 9,3           | 9,1           | 9,1           | 9,4 |
| pH                     | 7,3              | 7             | 7,3           | 8    | 7             | 7             | 7             | 8   | 7             | 7             | 7             | 8   |

#### 4.3.1 Suhu

Suhu merupakan parameter fisika yang mempengaruhi aktivitas biologi organisme air. Suhu optimal beberapa jenis moluska adalah 20 °C dan apabila melampaui batas tersebut akan mengakibatkan berkurangnya aktivitas kehidupannya (Clark, 1986 dalam Wijayanti, 2007). Secara umum kondisi yang baik untuk pertumbuhan kerang mutiara air tawar adalah temperatur antara 15 – 25°C (Dan *et al*, 2000 dalam Rachman *et al.*, 2007).

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai suhu pada kecepatan 0,54 m/s 21,3 °C - 22,3 °C, kecepatan 0,43 m/s 21 °C -22 °C, kecepatan 0,11 21 °C – 22,3 °C m/s dan kontrol (0 m/s) 20 °C – 22,6 °C. Hasil pengukuran ini masih mendukung kehidupan kijing di dalam air. Menurut Hamzah dan Nababan (2009), namun saat suhu sepanjang tahun stabil dengan lingkungan yang ideal, maka pertumbuhan kerang akan stabil pula.



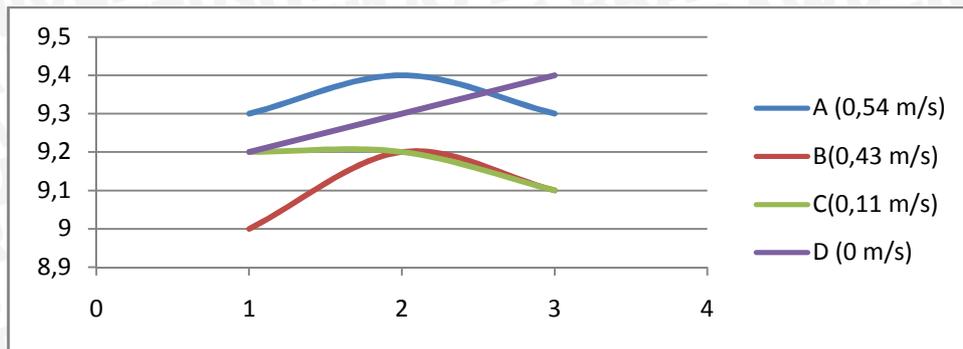
**Gambar6. Grafik Perubahan Suhu pada tiap Perlakuan**

#### 4.3.2 Oksigen terlarut (DO)

Disolved Oxygen merupakan faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama dibutuhkan untuk proses respirasi bagi organisme air. Menurut Suin (2002), menyatakan bahwa suhu memiliki peranan yang sangat besar terhadap kelarutan oksigen dalam air, apabila temperatur air naik maka kelarutan oksigen dalam air akan menurun.

Gambar 7 menunjukkan perbedaan oksigen terlarut tidak terlalu signifikan pada setiap bak relatif sama. Menurut McNeely *et al.*, (1979) dalam Effendi (2003), menyatakan bahwa di perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/L pada suhu 0°C dan 8 mg/L pada suhu 25°C. Kadar oksigen terlarut diperairan alami biasanya kurang dari 10 mg/L. Sesuai dengan pernyataan Uhlmann (1977) dalam Sudaryanti dan Marsoedi (1995), organisme didalam perairan tidak dapat bertahan hidup apabila kandungan oksigen terlarut kurang dari 4 mg/L. Kehidupan air dapat bertahan jika ada oksigen terlarut minimum sebanyak 5 mg/L serta selebihnya tergantung pada ketahanan organisme, adanya pencemaran, temperatur (Sastrawijaya, 1991).

Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk pernafasan biota air tergantung ukuran, suhu dan tingkat aktivitas dan batas minimumnya adalah 3 ppm atau 3 mg/l. Kandungan oksigen di dalam air yang dianggap optimal bagi biota air adalah 4-10 ppm, tergantung dari jenisnya (Kordi dan Andi, 2007).



Gambar 7. Grafik Perubahan DO Tiap Perlakuan

#### 4.3.3 pH

Derajat keasaman atau kebasaaan (pH) selama pengukuran berkisar antara 7-8. Nilai pH ini masih baik bagi kehidupan kijing. Menurut Pennak (1978) bahwa pH yang mendukung kehidupan mollusca berkisar antara 5,7 – 8,4, sedangkan Marrison *dalam* Hart dan Fuller (1974), bivalvia hidup pada batas kisaran pH 5,8 - 8,3. Nilai pH < 5 dan > 9 menciptakan kondisi yang tidak menguntungkan bagi kebanyakan organisme makrobenthos (Hynes, 1978). Effendi (2003) menyatakan bahwa sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5.

Menurut Sutrisno (1987) *dalam* Hutauruk (2009), menyatakan bahwa pH optimum untuk spesies makrozoobenthos berkisar 6,0-8,0. Sedangkan Barus (2004), menyatakan nilai ideal pH bagi kehidupan organisme air pada umumnya terdapat antara 7-8,5. Kondisi perairan yang sangat basa akan membahayakan organisme karena akan mengganggu metabolisme dan respirasi, disamping itu nilai pH yang asam akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam berat terutama ion aluminium. Organisme perairan mempunyai kemampuan berbeda dalam mentoleransi pH perairan. Kematian lebih sering diakibatkan karena pH yang rendah daripada pH yang tinggi Pescod(1973) *dalam* Wijayanti (2007).

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

- Perbedaan kecepatan arus air dan lama waktu pengamatan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap penurunan kadar Pb pada lambung kijing. Adanya variasi waktu perlakuan menunjukkan semakin lama waktu pemberian arus air, kadar Pb dalam lambung kijing semakin kecil.
- Perlakuan yang paling banyak menurunkan kadar Pb dalam lambung kijing adalah pada kecepatan arus 0,43 m/s selama 1 minggu dengan penurunan sebesar 92 %.

### 5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penurunan kadar Pb pada hati, ginjal, dan darah Kijing Taiwan dengan waktu satu minggu dengan pengamatan setiap hari untuk mengetahui efektivitas penurunan pb pada organ tersebut. Diharapkan pada penelitian selanjutnya pembuatan kecepatan arus menunjukkan nilai dengan skala yang sama agar memudahkan menganalisis data.

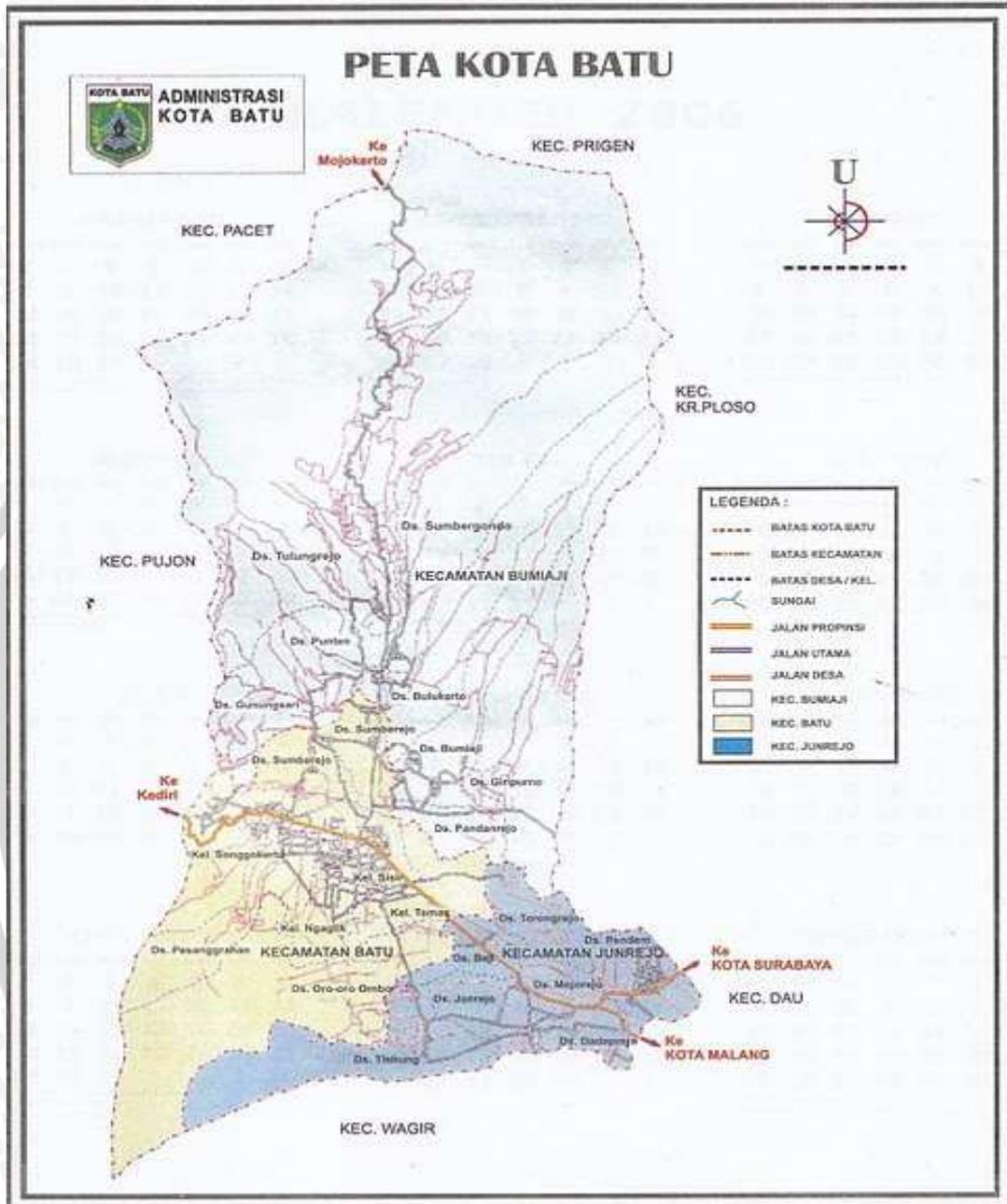
## DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, 2001. **Manfaat Air Bersih**. <http://benjaya.blogspot.com/2011/01/manfaat-air-bersih.html>. Diakses pada 12 agustus 2011
- Amiard J,C. C. Amiard-Triquet , S. Barka, J. Pellerin, P.S. Rainbow. 2006. **Metallothioneins in aquatic invertebrates: Their role in metal detoxification and their use as biomarkers**. Jurnal Aquatic Toxicology 76 (2006) 160–202
- Arifin. 2009. **MengenalLogamBerat**. <http://smk3ae.wordpress.com.2009-02-02-mengenal-logam-berat-heavymetal>. Diakses tanggal 27 Juli 2011
- Asikin. 1982.**Kerang Hijau**. PT. Penebar Swadaya
- Barus, T. A. 2002. **Pengantar Limnologi**. Jurusan Biologi FMIPA USU. Medan.
- Boyd, C. E. 1982. **Water Quality In Pond for Aquaculture**. Auburn University. Auburn Alabama
- Buwono, I. D., Lusi, L dan Henhen, H.2005. **Upaya Penurunan Kandungan Logam Hg (Merkuri) dan Pb (Timbal) pada Kerang Hijau (*Mytilus viridis* Linn.) dengan Konsentrasi dan Waktu Perendaman Na<sub>2</sub>CaEDTA yang Berbeda**. Fakultas Perikanan Universitas Padjajaran. Bandung(tidak diterbitkan)
- Dahuri, R. 1996. **Keanekaragaman Hayati Laut**. Aset pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Gramedia Pusaka Utama
- Dani, Abdul Rachman. 2004. **Diktat Avertebrata Air**. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Darmono. 1995.**Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup**, UI Press Jakarta
- . 2001.**Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam**. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Kanisius. Yogyakarta
- Fardiaz, Srikandi. 1992. **Polusi Air Dan Udara**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Fitriawan, F. Sunarto. Sutarno. 2011. **Microanatomy alteration of gills and kidneys in freshwater mussel (*Anodonta woodiana*) due to cadmium exposure**. Jurnal Vol. 3, No. 1, Pp.: 28-35
- Fitriyah, K.R. 2007. **Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri(Hg) Dan Timbal (Pb) Pada Air Laut, Sedimen Dan Kerang Bulu (*Anadara Antiquata*) Di Perairan Pantai Lekok Pasuruan**. Skripsi

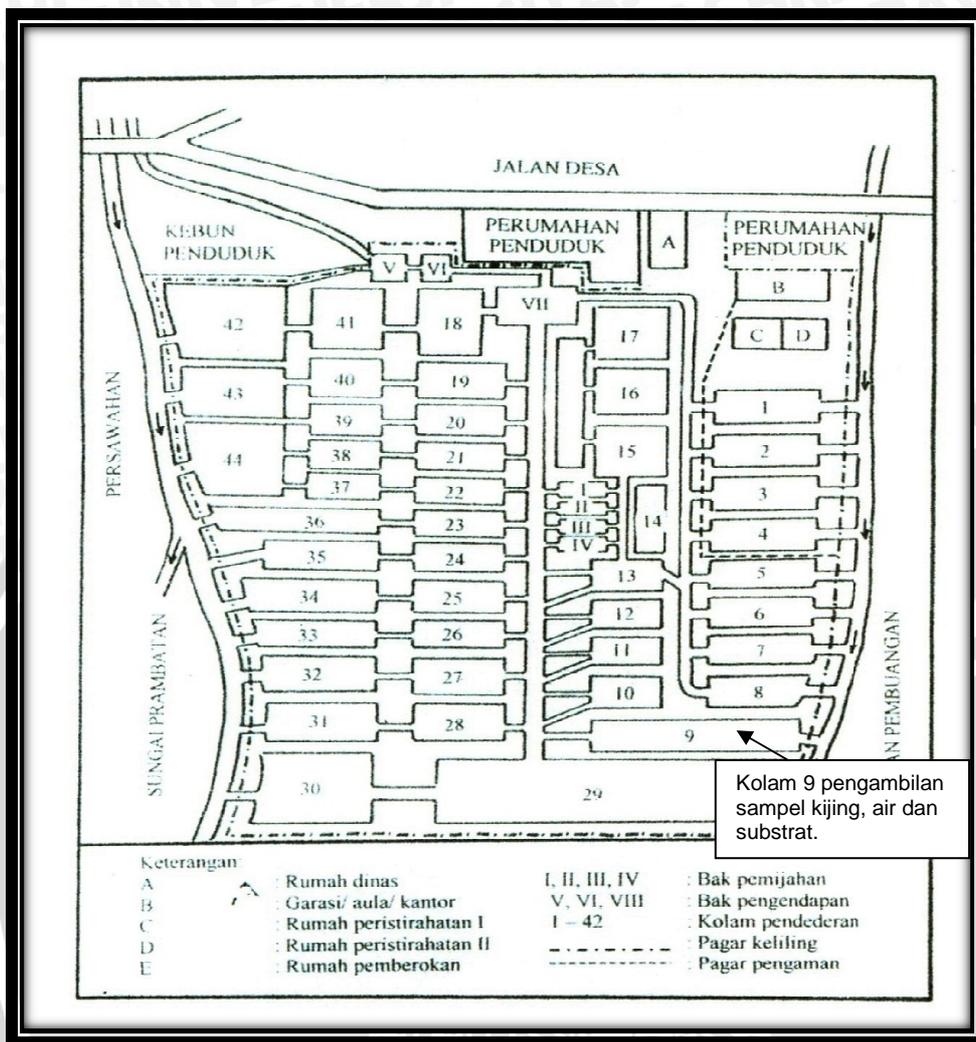
- Galtsoff, P. S. 1964. **The American Oyster (*Crassostrea virginica*)**. Fishery Bulletin of The Fish and Wildlife Service. Vol.64 :489 p.
- Hamzah dan B. Nababan. 2009. **Studi Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Anakan Kerang Mutiara (*Pinctada maxima*) pada ke dalam Berbeda di Teluk Kapontori, Pulau Buton**. E- jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. Vol. 1, No.2. Hal 22-32.
- Hart, C. W. Jr. and Fuller, S. 1974. **Pollutan Ecology of Freshwater Invertebrates**. Academic Press New York.
- Hartono, T. 1999. **Pola Aktivitas Cangkang Kijing Taiwan Sebagai Alat Pemantau Pencemaran Perairan Oleh Dua Logam Berat**. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Hasim, Dr, DEA. 2003. **Kerang Sebagai Biofilter Logam Berat**.<http://www.kompas.com/kompascetak.htm>. Jakarta 23 Juli 2008.
- Hutagalung, H.P., Permana, D.S. dan Riyono, S.H. 1997.**Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku2**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI, Jakarta. 182 pp.
- Hutauruk, Erni L. 2009. Skripsi : Studi **Keanekaragaman Echinodermata Di Kawasan Perairan Pulau Rubiah, Nangroe Aceh Darussalam**. Universitas Sumatera Utara
- Irianto, E. W dan B. Machbub. 2011. **Fenomena Hubungan Debit Air Dan Kadar ZatPencemar Dalam Air Sungai (Studi Kasus: SubDps Citarum Hulu )**.
- Jones. 2000. **Environmental Science**. New York Mc Graw Hill
- Kordi K, M gufron H dan Andi Baso Tancung. 2007. **Pengelolaan Kualitas Perairan dalam BudidayaPerairan**. Rineka Cipta. Jakarta
- Kristanto. 2002. **Ekologi Industri**. Andi. Yogyakarta
- Maizar, A.S.H. 2011. **Pencemaran Lingkungan(Sumber, Dampak, dan Upaya Penanggulangannya)**. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UB. Malang
- Martaningtyas, D. 2004. **Bahaya Cemar Logam Berat**. Jakarta. [www.pikiranrakyat.com](http://www.pikiranrakyat.com). Diakses pada 23 Januari 2010
- Mclvor, A.I. 2004. **Freshwater Mussels as Biofilters**. Dep't of Zoology University of Cambridge. England.
- Mukono. 2005. **Toksikologi Lingkungan**. Surabaya: Airlangga University Press

- Mukti, R.W.2005. **Teknologi Pemberokan untuk Menghilangkan Bau Lumpur pada Ikan Patin Pangasius Sp.** <http://repository.ipb.ac.id/handle/1234567/14095>. Diakses pada 12 Agustus 2011
- Nazir, M. 2005. **Metode Penelitian**. Ghalia Indonesia. Jakarta Timur
- Nuraini, A dan L. Sulistyorini. 2006. **Perbandingan Penurunan Kadar pb pada Kupang Awung (*Mytilus viridis*) dengan menggunakan Asam Asetat 25% dan Aqua**. Jurnal vol.2,no.2 Januari 2006.
- Nybaken. 1992. **Biologi Laut Edisi 2**. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Odum, E. P. 1971. **Dasar-dasar Ekologi**. Diterjemahkan oleh Samingan, T dan B. Srigandono. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Palar, H. 1994. **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Rineka Cipta. Jakarta
- Palinussa, E, M. 2010. **Pemanfaatan kijing taiwan (*Anodonta woodiana*, Lea) Sebagai Biofilter pada Sistem Budidaya Ikan Mas**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pennak, R.W. 1978. **Frees water Invertebrates of the United States, 2nd edition**. John Wilev and Sons. New York. 322 hal.
- Ratmini, N. A. 2009. **Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), dan Kadmium (Cd) pada Daging Ikan Sapu-sapu (*Hyposarcus pardalis*) Di Sungai Ciliwung Stasiun Srengseng, Condet Dan Manggarai**. Jurnal vol. 2 no. 1. IISN 1978-9513
- Riyanto, A. 2008. **Manfaat Air Bersih**. <http://www.kamusilmiah.com/kesehatan/manfaat-air-dalam-kehidupan/>.diakses tanggal 12 Januari 2012
- Romimohtarto, K dan S, Juwana.2001. **Biologi Laut Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut**. Djambatan. Jakarta.
- Sastrawijaya, A. T. 1991. **Pencemaran Lingkungan**. Rineka Cipta. Jakarta
- Saeni, M.S. 1989. **Kimia Lingkungan**. Depdikbud Dikti PAU Ilmu Hayat. Bogor
- Scott, W. A. H. 1996. **Kamus Saku Kimia**. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Setyono. 2006. **Karakteristik Biologi Dan Produk Kekerancon Laut**. *Oseana*, Volume XXXI, Nomor 1, ISSN 0216-187
- SNI. 1990. **Bidang pekerjaan Umum mengenai Kualitas Air**. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta

- Suaniti, N.M. 2008. **Pengaruh EDTA dalam Penentuan Kandungan Timbal dan Tembaga Pada Kerang Hijau (*mytilus viridis*)**. Jurnal vol. 2 no.1 2007
- Sulistianingsih, R, D. 2010. **Analisis Varian Rancangan Faktorial Dua Faktor**. Jurusan Matematika. Fakultas Matematika Dan Pengetahuan Alam. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sunu, P. 2001. **Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO14014**. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta
- Supriharyono, M. S. 2002. **Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang**. Djambatan. Jakarta. Hlm:24-25
- Supriyanto *et al.* 2007. **Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu, dan Cd Pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektometri Nyala Serapan Atom (Ssa)**. Disampaikan pada Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 21-22 November 2007
- Suwignyo P, Basmi J, Batu DTF, Affandi R. 1981. **Studi Biologi Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana* Lea)**. Bogor: Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.
- Untari. 2001. **Pola Pergerakan Kijing Taiwan Sebagai Bioindikator Pencemaran Kadmium pada Air Taiwar**. Skripsi diakses 15 februari 2010
- Wahyuni, E. T. 2001. **Studi Tentang Pencemaran Logam Berat Pbdngan Bioindikator Kupang Putih (*corbula faba H*) di Muara**. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
- Wijarni, 1990. **Diktat Kuliah avertebrata Air II**. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Yulianti, Eny. 2007. **Kimia Lingkungan**. Malang: UIN Press



Lampiran 2. Denah Lokasi Kolam Penelitian di UPBAT Punten



Gambar Kolam No 9



### Lampiran 3. Alat dan Bahan Penelitian dan Rancangan Alat Penelitian

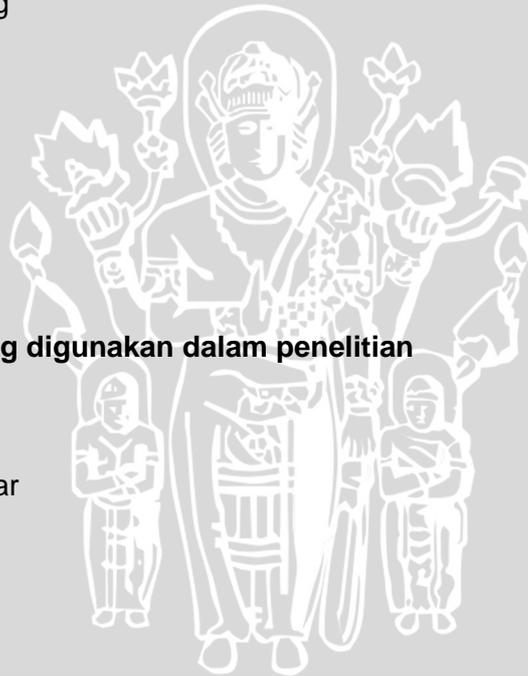
#### Alat dan Bahan Penelitian

##### 1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

- Bak plastic ukuran 43x30x13,5 cm
- Tandon air 160 liter
- Tandon air cadangan
- Selang air
- pH *paper*
- Oxymeter Eutech ECD11001K serial 455098
- Termometer Hg
- Botol film
- Tali raffia
- Pipakecil
- Kran air

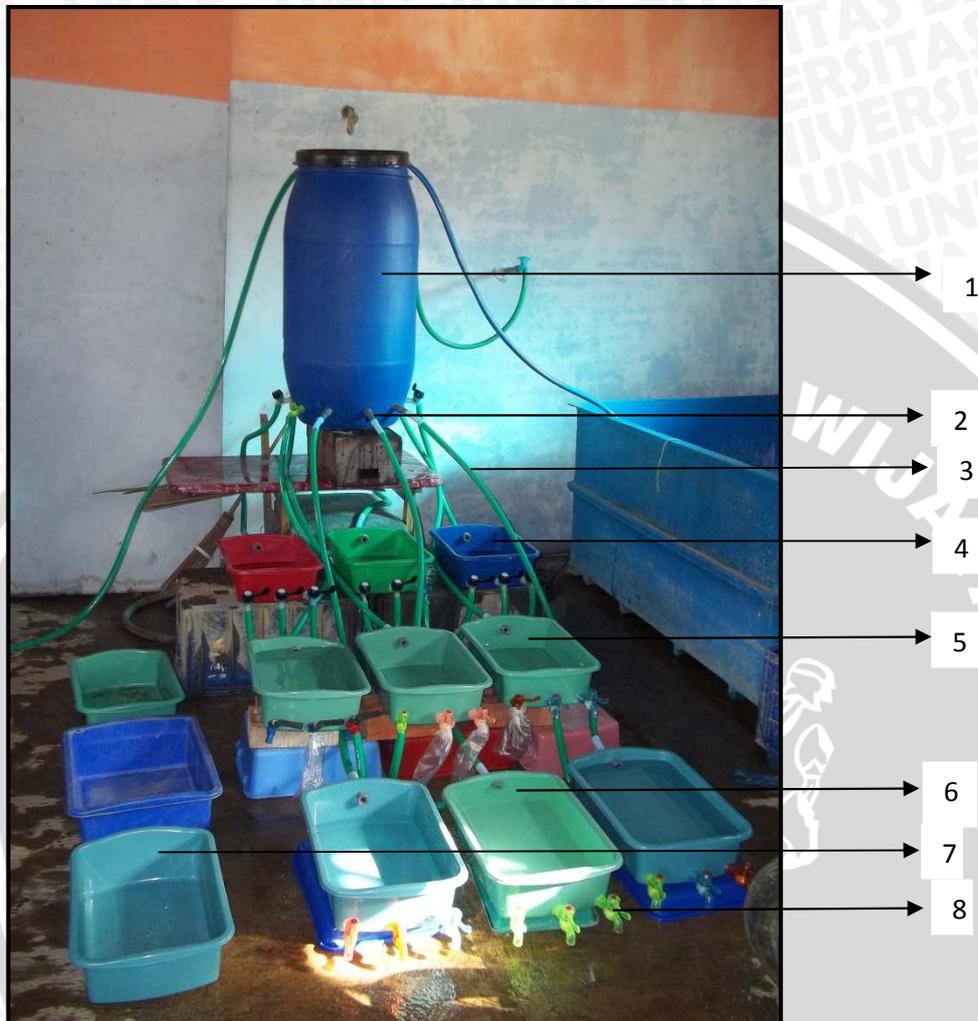
##### 2. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

- Air bersih
- Kerang air tawar
- Pellet



### Rancangan Alat Penelitian

- 1 set alat penelitian



Keterangan :

- 5. Tandon air 160 liter
- 6. Pipa kecil
- 7. Selang air
- 8. Bak percobaan 1

- 1. Bak percobaan 2
- 2. Bak percobaan 3
- 3. Bak percobaan 4
- 4. Keran air

- Tandon air Cadangan



WIJAYA



**Lampiran 4. Perhitungan uji F dengan metode RALF**

Data untuk kadar pb pada lambung

| Perlakuan            |                | Perlakuan bak percobaan |         |         | Total | Rata-rata (ppm) |
|----------------------|----------------|-------------------------|---------|---------|-------|-----------------|
| Kecepatan arus (m/s) | Waktu (minggu) | 1 (ppm)                 | 2 (ppm) | 3 (ppm) |       |                 |
| <b>A (0,54)</b>      | 1              | 0,74                    | 0,84    | 0,59    | 2,17  | 0,72            |
|                      | 2              | 0,64                    | 0,69    | 0,44    | 1,77  | 0,59            |
|                      | 3              | 0,57                    | 0,54    | 0,40    | 1,51  | 0,50            |
| <b>B (0,43)</b>      | 1              | 0,49                    | 0,47    | 0,50    | 1,46  | 0,49            |
|                      | 2              | 0,49                    | 0,44    | 0,41    | 1,34  | 0,45            |
|                      | 3              | 0,40                    | 0,42    | 0,38    | 1,20  | 0,40            |
| <b>C (0,11)</b>      | 1              | 0,96                    | 0,89    | 0,72    | 2,57  | 0,86            |
|                      | 2              | 0,79                    | 0,84    | 0,59    | 2,22  | 0,74            |
|                      | 3              | 0,59                    | 0,64    | 0,45    | 1,68  | 0,56            |
| <b>D (0)</b>         | 1              | 1,34                    | 1,48    | 1,24    | 4,06  | 1,35            |
|                      | 2              | 0,42                    | 0,42    | 1,01    | 1,85  | 0,61            |
|                      | 3              | 0,37                    | 0,35    | 0,87    | 1,59  | 0,59            |

Total interaksi faktor kecepatan arus dan waktu

| kecepatan arus (m/s) | Waktu (minggu) |      |      | Rata-rata | Total   |
|----------------------|----------------|------|------|-----------|---------|
|                      | 1              | 2    | 3    |           |         |
| A (0,54)             | 2,17           | 1,77 | 1,51 | 5,45      | 0,60556 |
| B (0,43)             | 1,46           | 1,34 | 1,2  | 4         | 0,44444 |
| C (0,11)             | 2,57           | 2,22 | 1,68 | 6,47      | 0,71889 |
| D (kontrol)          | 4,06           | 1,85 | 1,59 | 7,5       | 0,83333 |
| Total                | 10,26          | 7,18 | 5,98 | 23,42     |         |
| Rata-rata            | 1,14           | 0,79 | 0,66 |           |         |

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{y^2}{n} \\ &= \frac{23,42^2}{36} \\ &= 15,236 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= \sum Y_{ijk}^2 - \text{FK} = (0,74)^2 + (0,84)^2 + (0,59)^2 + \dots + (0,87)^2 - 15,236 \\ &= 2,797 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKA (Kecepatan arus)} &= \sum_j \frac{y_{.j}^2}{br} - \text{FK} \\ &= \frac{2,17^2 + 1,77^2 \dots + 1,59^2}{3 \times 3} - 15,236 \\ &= 0,743 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK B (Lama waktu)} &= \sum_i \frac{y_{i.}^2}{ar} - \text{FK} \\ &= \frac{3,53^2 + 3,68^2 \dots + 2,1^2}{3 \times 4} - 15,236 \\ &= 0,812 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK AB} &= \sum_{i,j} \frac{y_{ij}^2}{r} - \text{FK} - \text{JKA} - \text{JK B} \\ &= \frac{(4,71)^2 + (3,13)^2 + \dots + (9,07)^2}{3} - 0,743 - 0,812 \\ &= 0,635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK acak} &= \text{JK total} - \text{JKA} - \text{JK B} - \text{JK AB} \\ &= 2,797 - 0,734 - 0,812 - 0,635 \\ &= 0,607 \end{aligned}$$

Tabel Sidik Ragam Kadar Pb di lambung Kijing

| Sidik Keragaman     | Df | JK       | KT       | Fhit     |    | F 5% | F 1% |
|---------------------|----|----------|----------|----------|----|------|------|
| kecepatan arus      | 3  | 0,743256 | 0,247752 | 9,791488 | ** | 3    | 4,72 |
| Lama waktu          | 2  | 0,812356 | 0,406178 | 16,0527  | ** | 3,4  | 5,01 |
| arus terhadap Waktu | 6  | 0,634711 | 0,105785 | 4,180774 | ** | 2,51 | 3,67 |
| Acak                | 24 | 0,607267 | 0,025303 |          |    |      |      |
| Total               | 35 | 2,79759  |          |          |    |      |      |

**Uji BNT**

Faktor A (kecepatan arus)

$$SED = \sqrt{\frac{2KTA}{ra}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0,0253}{3 \times 4}}$$

$$= 0,06$$

BNT 5 % = 0,06 x 2,06  
= 0,1236

BNT 1 % = 0,06 x 2,797  
= 0,1678

| rata-rata perlakuan perbedaan arus | B(0,44) | A(0,6)             | C(0,71) | D(0,83) | NOTASI |
|------------------------------------|---------|--------------------|---------|---------|--------|
| B(0,44)                            |         |                    |         |         | A      |
| A(0,6)                             | 0,16**  |                    |         |         | B      |
| C(0,71)                            | 0,27**  | 0,11 <sup>ns</sup> |         |         | B      |
| D(0,83)                            | 0,39**  | 0,23**             | 0,12*   |         | C      |

ket <sup>ns</sup> =Tidak berbeda nyata  
\* = Berbeda nyata  
\*\* =berbeda sangat nyata

**Faktor B (waktu perlakuan)**

$$SED = \sqrt{\frac{2KTA}{ra}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0,0253}{3 \times 3}}$$

$$= 0,075$$

BNT 5 % = 0,075x2,06  
= 0,154

BNT 1 % = 0,075 x 2,797  
= 0,26

| rata-rata perlakuan lama waktu (minggu ke-) | III (0,66)         | II(0,79) | I (1,14) | NOTASI |
|---|--------------------|----------|----------|--------|
| III (0,66)                                  |                    |          |          | A      |
| II (0,79)                                   | <sup>ns</sup> 0,13 |          |          | A      |
| I(1,14)                                     | **0,48             | **0,35   |          | B      |

KET <sup>ns</sup> =Tidak berbeda nyata  
\*\* =berbeda sangat nyata



