

**EKSPRESI METALLOTHIONEIN DENGAN PROSEDUR ELISA PADA
LAMBUNG KERANG JAWA (*Corbicula javanica*) di INSTALASI BUDIDAYA
AIR TAWAR (IBAT) PUNTEN, KOTA BATU DAN UNIT PELAKSANA TEKNIS
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PERIKANAN BUDIDAYA (UPT PTPB)
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**Oleh :
AHMAD AFANDY
NIM. 125080107111016**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

**EKSPRESI METALLOTHIONEIN DENGAN PROSEDUR ELISA PADA
LAMBUNG KERANG JAWA (*Corbicula javanica*) di INSTALASI BUDIDAYA
AIR TAWAR (IBAT) PUNTEN, KOTA BATU DAN UNIT PELAKSANA TEKNIS
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PERIKANAN BUDIDAYA (UPT PTPB)
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
Di Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh :

AHMAD AFANDY

NIM. 125080107111016



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

SKRIPSI

EKSPRESI METALLOTHIONEIN DENGAN PROSEDUR ELISA PADA
LAMBUNG KERANG JAWA (*Corbicula javanica*) di INSTALASI BUDIDAYA
AIR TAWAR (IBAT) PUNTEN, KOTA BATU DAN UNIT PELAKSANA TEKNIS
PENGEMBANGAN TEKONOLOGI PERIKANAN BUDIDAYA (UPT PTPB)
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG

Oleh:

AHMAD AFANDY
NIM. 125080107111016

Telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 26 April 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA, Ph.D
NIP. 19610523 198703 2 003

Tanggal: 19 MAY 2016

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP
NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal: 19 MAY 2016

Dosen Penguji II

Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS
NIP. 19591230 198503 2 002

Tanggal: 19 MAY 2016

Dosen Pembimbing II

Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc
NIP. 197790331 200501 1 003

Tanggal: 19 MAY 2016



Dr. Ir. Arming Widiyeng Ekawati, MS
NIP. 19620605 198603 2 001

Tanggal: 19 MAY 2016

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Afandy

NIM : 125080107111016

Prodi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Skripsi ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 26 April 2016

Ahmad Afandy
125080107111016

UCAPAN TERIMAKASIH

Penyusunan laporan penelitian skripsi ini tidak lepas dari segala bentuk dukungan yang penulis peroleh dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Ar Rahman, Ar Rahim, Al Malik, AL Qudus. Tuhan yang memiliki cinta dan kasih sayang tiada terkira, yang telah mewujudkan segala cita-citadan mimpi hamba-Nya. Segala puji dan syukur kepada-Nya atas segala karunia dan kemudahan yang dilimpahkan. Sholawat dan salam, semoga tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan jalan kebenaran menuju kemuliaan.
2. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan semangat, dorongan, doa dan kasih sayang. Terima kasih atas segala kepercayaan yang diberikan selama ini. Tanpa cinta yang kalian berikan, saya tidak akan menjadi seperti sekarang ini.
3. Keluarga besar (Alm) Al Masyhur yang senantiasa memberikan semangat baru ketika saya sudah diliputi rasa putus asa. Nenek, kakak-kakak khususnya kak Zinuri terima kasih sudah mengantarkan saya sampai sejauh ini dan selalu memberikan semangat, motivasi, dan kritiknya. Paman, bibi dan sepupu-sepupu yang telah sudi meluangkan waktu untuk mendengarkan cerita *ngalor-ngidul* saya.
4. Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi., MP dan Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc atas ketersediaan waktu dan pemikirannya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi saya hingga terselesaikannya laporan skripsi ini.
5. Prof. Ir. Yenny Risjani DEA, Ph.D dan Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS selaku dosen penguji atas segala kritik dan saran yang telah diberikan.

6. Teman-teman seperjuangan penelitian “*Gengs Kerang*” (Rio, Bahrul, Angga, Ana, Mita, Ain, dan Erma) dan “Pak Asus Lovers” (Ali, Radit, Siti Iestari, Evi, Aisyahdan yang lainnya) yang telah bekerja sama dan membantu selama proses penelitian skripsi ini.
7. Teman-teman senasib dan seperjuangan “ARMY 2012” yang selama 4 tahun ini selalu melewati hari-hari bersama. Semoga kita bisa mewujudkan segala cita-cita dan tetap menjalin komunikasi.
8. POHARIN 171 Fam (Nico, Novian, Rio, Feri, Vava, Herli, Nafik bin miun, Jung Haeterimakasih atas semuanya dan maaf telah banyak merepotkan. Semoga segala cita-cita dan keinginan yang belum tercapai dapat segera tercapai. Semoga persahabatan ini tidak lekang dimakan zaman.
9. *Glewo gengs* (Titin, Yuni, Mega Tumbeg, Farida) atas doa, motivasi dan semangat yang diberikan dalam menjalani kerasnya kehidupan ini.
10. Kakak tingkat MSP (Mbak Nuri, Mas Tabik, Mas Tiyan, Mas Ramli, Mbak Sinta, Mbak Via, Mbak Vina) yang menjadi teman diskusi saya atas kritik dan saran serta dukungan yang selalu kalian berikan.
11. Semua pihak yang terlibat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas waktu, dukungan serta doa yang telah diberikan.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan yang telah diberikan oleh pihak-pihak tersebut dengan pahala dan ilmu yang bermanfaat.

Semoga apa yang kita kerjakan dapat menjadi berkah, Amin.

Malang, 26 April 2016

Penulis

RINGKASAN

AHMAD AFANDY.Ekspresi Metallothionein dengan Prosedur ELISA pada Lambung Kerang Jawa (*Corbicula javanica*) di Instalasi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten Kota Batu dan Unit Pelaksana Teknis Pengembangan Teknologi Perikanan Budidaya (UPT PTPB) Kepanjen Kabupaten Malang (di bawah bimbingan **Dr.Asus Maizar S. H., S.Pi, MP dan Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc).**

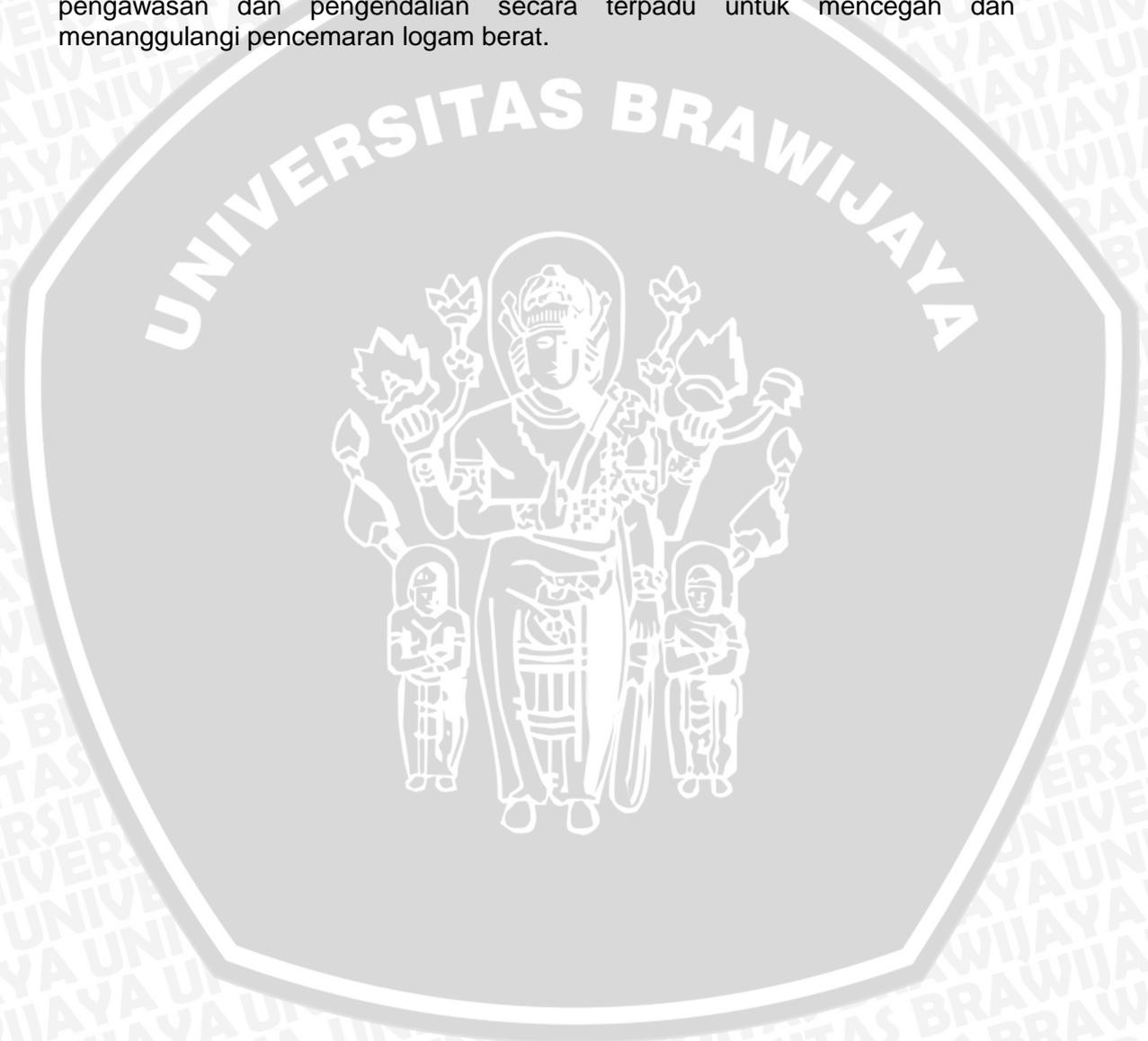
Kerang jawa (*Corbicula javanica*) merupakan salah satu komponen penting dalam ekosistem perairan baik sebagai komponen rantai makanan, maupun sebagai indikator pemantauan kualitas perairan dan juga dimanfaatkan untuk mengatasi pencemaran perairan akibat polutan termasuk logam berat. Aktivitas manusia dalam kegiatan budidaya perikanan seringkali menghasilkan limbah atau bahan pencemar yang dapat membahayakan kehidupan organisme budidaya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran logam berat yang ada di kolam IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen dengan menggunakan kerang jawa (*Corbicula javanica*). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan logam Pb, Cd, Hg di air dan di lambung kerang jawa dan mengetahui kadar Metallothionein (MT) pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) serta mengetahui hubungan Metallothionein dengan logam berat Pb, Cd, dan Hg dari Instalasi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten Kota Batu dan UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015 – Januari 2016 di Instalasi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten Kota Batu dan UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei dengan penjelasan secara deskriptif melalui penentuan yang terdapat 3 stasiun dengan 3 kali pengulangan. Kerang jawa (*Corbicula javanica*) dari ke dua lokasi tersebut kemudian dibedah, diambil lambungnya, dianalisis kadar logam berat (Pb, Cd, dan Hg) di air dan dilambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) menggunakan metode AAS serta analisis Metallothionein menggunakan prosedur ELISA (*Enzym-Linked Immunosorbent Assay*) dan dilakukan pengukuran kualitas air antara lain suhu, pH dan oksigen terlarut (DO).

Kandungan rata-rata logam berat (Pb, Cd dan Hg) di air pada semua stasiun penelitian di IBAT Punten, untuk logam berat Pb berkisar 0,0055-0,0073 ppm, Cd berkisar 0,0026-0,0054 ppm, Hg berkisar 0,0029-0,0054 ppm. Sedangkan di UPT PTPB Kepanjen, untuk logam berat Pb berkisar 0,0067-0,0108 ppm, Cd berkisar 0,0007-0,0025 ppm dan Hg berkisar 0,0033-0,0054 ppm. Secara keseluruhan kadar logam berat Pb, Cd masih di bawah ambang batas sedangkan logam berat Hg sudah melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Kandungan rata-rata kadar logam berat yang terakumulasi pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) pada semua stasiun di IBAT Punten, untuk Pb berkisar 0,072-0,122 ppm, Cd berkisar 0,024-0,030 ppm, dan Hg berkisar 0,048-0,093 ppm. Sedangkan di UPT PTPB Kepanjen untuk Pb berkisar 0,075-0,081 ppm, Cd 0,024-0,053 ppm, Hg 0,034-0,054 ppm. Secara keseluruhan kadar logam berat Pb, Cd dan Hg masih di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Rata-rata kadar Metallothionein (MT) pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten pada stasiun 1 berkisar antara 1000-3450 ng/ml, stasiun 2 berkisar antara 1600–3600 ng/ml dan stasiun 3 berkisar antara 1850-3275 ng/ml. Sedangkan di UPT PTPB Kepanjen pada stasiun 1

berkisar 2300-3300 ng/ml, stasiun 2 berkisar 2500-3450 ng/ml, stasiun 3 berkisar 2675-3550 ng/ml. Hasil pengukuran kualitas air suhu berkisar 26-29°C, pH 7-8, DO 5-8,5 ppm.

Hasil analisis regresi korelasi menunjukkan bahwa kadar Metallothionein (MT) pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) memiliki hubungan yang sangat kuat dengan kadar logam berat Pb, Cd, Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*), sehingga akumulasi logam berat merupakan faktor yang mempengaruhi produksi Metallothionein (MT) pada tubuh kerang jawa (*Corbicula javanica*), sehingga disarankan untuk menggunakan Metallothionein (MT) dalam kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebagai biomarker terhadap tingkat pencemaran logam berat khususnya logam berat Pb, Cd dan Hg. Selanjutnya perlu dilakukan pengawasan dan pengendalian secara terpadu untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran logam berat.



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya lah saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“Ekspresi Metallothionein dengan Prosedur ELISA pada Lambung Kerang Jawa (*Corbicula javanica*) di Instalasi Budidaya Air Tawar (IBAT) Puntren Kota Batu dan Unit Pelaksana Teknis Pengembangan Teknologi Perikanan Budidaya (UPT PTPB) Kepanjen Kabupaten Malang”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat bersedia menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dalam penyusunan laporan selanjutnya sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai, Amin.

Malang, 26 April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Kegunaan.....	5
1.5 Tempat dan Waktu	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	6
2.1.1 Biologi Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	6
2.1.2 Klasifikasi dan Morfologi Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	7
2.1.3 Anatomi Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	8
2.1.4 Fisiologi Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	9
2.1.5 Makan dan Kebiasaan Makan Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	10
2.2 Metallothionein (MT).....	12
2.3 Mekanisme Pengikatan Logam Berat Metallothionein	13
2.4 Logam Berat.....	15
2.4.1 Timbal (Pb).....	16
2.4.2 Kadmium (Cd).....	17
2.4.3 Merkuri (Hg)	18
2.5 Hubungan Logam Berat dan Metallothionein.....	20
2.6 Pengamatan Metallothionein dengan metode ELISA.....	21
2.7 Parameter Kualitas Air	21
2.7.1 Suhu	22
2.7.2 pH	22
2.7.3 DO.....	23



3. MATERI DAN METODE	24
3.1 Materi Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.3 Metode Penelitian.....	24
3.4 Prosedur Penelitian	26
3.4.1 Penentuan Stasiun Penelitian	26
3.4.2 Pengambilan Sampel Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>) dan Air	27
3.4.3 Pengukuran Sampel Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	27
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	28
3.5.1 Penelitian Pendahuluan	28
3.5.2 Penelitian Utama	28
3.6 Prosedur Pengujian Sampel.....	29
3.6.1 Prosedur Pengukuran Kadar Logam Berat pada Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>)	29
3.6.2 Prosedur Pengukuran Kadar Logam Berat pada Air	30
3.6.3 Prosedur Pengukuran Kadar Metallothionein pada Lambung Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	31
3.7 Metode Analisis Kualitas Air	34
3.7.1 Parameter Fisika	34
3.7.2 Parameter Kimia.....	35
3.8 Analisis Data	36
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian di IBAT Punten	38
4.1.1 Deskripsi Stasiun Pengamatan	38
4.2 Keadaan Umum Lokasi Penelitian di UPT PTPB Kepanjen.....	40
4.2.1 Deskripsi Stasiun Pengamatan	40
4.3 Sebaran Ukuran Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>)	41
4.4 Analisis Logam Berat	44
4.4.1 Kadar Logam Berat di Air.....	44
4.4.2 Kadar Logam Berat di Lambung Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>) ...	47
4.5 Kadar Metallothionein pada Lambung Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>)	52
4.6 Hubungan Kadar Metallothionein pada Lambung Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>) dengan Kadar Logam Berat (Pb, Cd, Hg) pada Lambung Kerang Jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	56
4.7 Analisis Kualitas Air.....	61
4.7.1 Suhu	61
4.7.2 Derajat Keasaman (pH/ <i>Potensial Hydrogen</i>).....	63
4.7.3 Oksigen Terlarut (DO/ <i>Dissolved Oxygen</i>)	63
5. KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kisaran nilai hasil pengukuran kualitas air di IBAT Punten dan di UPT PTPB Kapanjen.....	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alur rumusan masalah	4
2. Kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	7
3. Morfologi kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	8
4. Skema mekanisme pengikatan logam berat dan Metallothionein.....	14
5. Bagian-bagian sisi cangkang Bivalvia (FAO,1998).....	28
6. Lokasi pengamatan (dari kiri: stasiun 1, stasiun 2, stasiun 3).....	39
7. Lokasi pengamatan (dari kiri: Stasiun 1, Stasiun 2, Stasiun 3).....	41
8. Pengukuran sampel kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	42
9. Grafik rata-rata ukuran sampel kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) di IBAT Punten dan di UPT PTPB Kapanjen	42
10. Grafik kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg di air	45
11. Grafik kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg di lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>)	48
12. Grafik rata-rata kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) di IBAT Punten dan UPT PTPB Kapanjen	53
13. Grafik hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) dengan kadar logam berat Pb (A), Cd (B) dan Hg (C) pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) di IBAT Punten.....	59
14. Grafik hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) dengan kadar logam berat Pb (A), Cd (B) dan Hg (C) pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) di UPT PTPB Kapanjen	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan yang digunakan pada penelitian	73
2. Peta lokasi penelitian	74
3. Sebaran ukuran sampel kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>).....	76
4. Data analisis logam berat di kolam	78
5. Data analisis logam berat pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) ...	78
6. Data kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) .	79
7. Output analisis regresi korelasi model linier sederhana	80
8. Output analisis regresi korelasi model linier berganda	87
9. Grafik hubungan kadar Metallothionein dengan kadar Pb, Cd dan Hg pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>)	89
10. Output uji t antara Metallothionein (MT) pada lambung kerang jawa (<i>Corbicula javanica</i>) di IBAT Punten dengan UPT PTPB Kepanjen	93
11. Dokumentasi kegiatan	94

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerang jawa (*Corbicula javanica*) merupakan salah satu komponen penting dalam ekosistem perairan baik sebagai komponen rantai makanan, maupun sebagai indikator pemantauan kualitas perairan. Kerang jawa (*Corbicula javanica*) memiliki sifat hidup relatif menetap atau tidak berpindah-pindah meskipun kualitas air tidak mengalami perubahan, masa hidup yang cukup lama sehingga memungkinkan untuk merekam kualitas lingkungan disekitarnya, terdiri dari beberapa jenis yang memberikan respon berbeda terhadap kualitas air, dan juga dimanfaatkan untuk mengatasi pencemaran perairan akibat polutan termasuk logam berat sehingga kerang jawa sering digunakan sebagai indikator kualitas perairan (Junaidi, 2010).

Pada Instalasi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten, Kota Batu dan UPT PTPB Kepanjen, Kabupaten Malang terdapat beberapa jenis kerang yakni kijing taiwan dan kerang jawa. Kerang yang paling banyak ditemukan dan tersebar diberbagai kolam yang ada di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen adalah kerang jawa. Sumber air di kolam IBAT Punten berasal dari sungai berantas, sedangkan sumber air di UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang berasal dari sungai Molek dan sumur bor yang sudah terkontaminasi oleh berbagai jenis limbah yakni limbah domestik, kegiatan pemukiman, pertanian, perkebunan, perikanan yang berada disekitar lokasi IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen.

Aktivitas manusia dalam kegiatan budidaya perikanan khususnya di kedua lokasi penelitian seringkali menghasilkan limbah atau bahan pencemar yang dapat membahayakan kehidupan organisme budidaya dan khususnya juga akan dapat mengganggu perkembangan komunitas jenis kerang-kerangan termasuk kerang jawa (*Corbicula javanica*). Semakin bertambahnya aktivitas

manusia di berbagai sektor kehidupan, akan meningkatkan tekanan terhadap lingkungan kolam perairan, sehingga suatu saat dapat melampaui keseimbangan perairan yang mengakibatkan sistem perairan menjadi tercemar (Haryoto, 2004; Wiryawan *et al.*, 1999 *dalam* Amriani, 2011). Jika dalam suatu kolam budidaya tersebut mengalami pencemaran, maka akan berakibat pada hasil panen yang akan mengalami penurunan dan kerugian. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran logam berat yang ada di kolam IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen dengan menggunakan kerang jawa (*Corbicula javanica*).

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memonitoring tingkat pencemaran perairan adalah dengan menggunakan bioindikator. Anggota dari Bivalvia (Moluska) merupakan salah satu organisme akuatik yang dapat digunakan sebagai indikator pencemaran logam berat di perairan, hal ini dikarenakan Bivalvia merupakan organisme *filter feeder* yang efektif untuk mengurangi konsentrasi logam berat dan mempunyai toleransi yang besar terhadap pencemaran logam berat.

Menurut Yennie dan Murtini (2005), kerang merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat, karena sifatnya yang *filter feeder*, sehingga biota ini sering digunakan sebagai hewan uji dalam pemantauan tingkat akumulasi logam berat pada organisme di perairan. Carpene *et al.* (2007), menyatakan bahwa Metallothionein yang terdapat dalam kerang jawa dianggap sebagai biomarker yang baik terhadap paparan logam berat. Hal ini bahwa Metallothionein penting terhadap pertahanan detoksifikasi logam non esensial seperti timbal, kadmium dan merkuri. Oleh karena itu diperlukan informasi mengenai hubungan kadar Metallothionein dengan kadar Pb, Cd, Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di kolam IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen. Dengan menganalisis kandungan Metallothionein sebagai biomarker

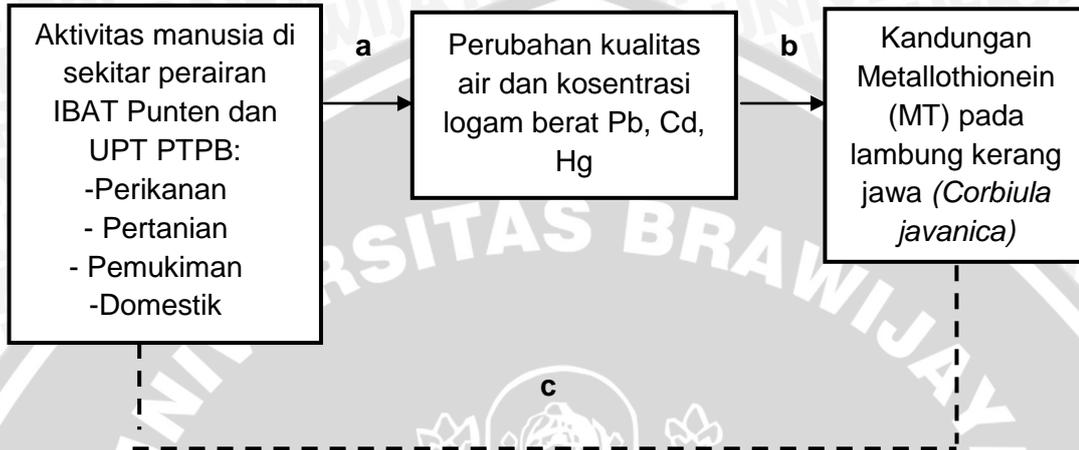
yang terdapat pada tubuh kerang jawa (*Corbicula javanica*), diharapkan dapat digunakan sebagai bahan informasi dalam upaya pengelolaan pada kolam budidaya di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen.

Metallothionein merupakan protein yang sangat peka dan akurat sebagai indikator pencemaran. Hal ini berdasarkan dari fenomena alam dimana logam-logam dapat tersekap di dalam jaringan tubuh organisme yang dimungkinkan karena adanya protein tersebut. Dengan demikian, Metallothionein merupakan protein pengikat logam (*metal-binding protein*) yang berfungsi dan berperan dalam proses pengikatan/penyekapan logam di dalam jaringan setiap makhluk hidup. Metallothionein dapat terinduksi ditemukan di semua golongan makhluk hidup (misalnya mamalia, ikan, moluska/kerang-kerangan, zooplankton dan fitoplankton) dan di berbagai tingkat jaringan/organ (misalnya hati, ginjal, insang, testis, usus, otot, plasma, eritrosit, sel-sel epitelial dan urin). Konsentrasinya dalam jaringan (hati, insang, kelenjar pencernaan) meningkat ketika organisma terkontaminasi pada unsur-unsur logam (Lasut, 2002).

Penelitian ini mengkaji kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebagai organisme yang dapat menandai adanya pencemaran lingkungan karena sifatnya sebagai *filter feeder* sehingga kandungan logam berat yang relatif tinggi dapat ditemukan dalam tubuhnya karena adanya proses akumulasi. Mengingat efek dari logam berat yang masuk ke dalam tubuh organisme akuatik akan berakibat kurang baik apabila dikonsumsi oleh manusia akan menyebabkan keracunan maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan Metallothionein dengan kadar logam berat Pb, Cd dan Hg pada kerang jawa (*Corbicula javanica*) melalui irisan lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang ada di kolam IBAT Punten, Kota Batu dan UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan alur rumusan masalah

Penjelasan mengenai bagan perumusan masalah di atas dapat diuraikan sebagai berikut:

- Aktivitas manusia di sekitar kolam IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen seperti aktivitas perikanan (pemberian pakan, feses dari organisme yang dibudidayakan), rumah tangga yang menghasilkan limbah domestik dan pertanian akan menghasilkan limbah yang jika dibuang ke kolam dapat mempengaruhi konsentrasi logam esensial dan non esensial serta mempengaruhi perubahan faktor fisika dan kimia air.
- Perubahan kualitas air dan konsentrasi logam berat Pb, Cd dan Hg di perairan akan mempengaruhi kandungan Metallothionein (MT) pada tubuh organisme sebagai protein pengikat logam berat.
- Kandungan Metallothionein (MT) dapat dijadikan biomarker pencemaran logam berat yang nantinya dapat dijadikan acuan dalam mengendalikan aktivitas manusia di kolam IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan logam berat Pb, Cd, Hg di air dan di lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dan mengetahui kadar Metallothionein (MT) pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) serta mengetahui hubungan Metallothionein dengan logam berat Pb, Cd, dan Hg dari Instalansi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten Kota Batu dan UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang.

1.4 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkait dari hubungan antara Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dan logam berat Pb, Cd, Hg di kolam IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk pengelolaan dan pemanfaatan kolam, serta dapat mengendalikan aktivitas manusia di sekitar kolam IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen, dan juga sebagai bahan rujukan bagi ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang monitoring lingkungan dengan mengetahui kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebagai biomarker.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Desember 2015 - Januari 2016 di IBAT Punten, Kota Batu dan di UPT PTPB Kepanjen, Kabupaten Malang. Analisis kandungan Metallothionein dilakukan di Laboratorium Fisiologi Fakultas Kedokteran dan analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Sedangkan analisis kualitas air dilakukan secara *insitu*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

2.1.1 Biologi Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Kerang jawa (*Corbicula javanica*) merupakan salah satu moluska air tawar yang tinggal menetap pada substrat dan dipengaruhi oleh kualitas air yang terkait dengan faktor ekologisnya serta relatif lebih banyak mengakumulasi logam berat. Biasanya habitat ada di sungai, danau, kolam dan sawah. Sebaran di Indonesia adalah di Sumatera, Jawa, pulau-pulau kecil sekitar Jawa, Bali, Lombok, Sumbawa, dan Sulawesi. Mayoritas kerang adalah bentik, baik hidup di perairan dangkal (*littoral*) maupun perairan dalam (*deep zone*). Kerang ada yang membenamkan diri di dalam pasir dan lumpur, bersembunyi di balik batu, kayu dan akar tanaman laut, ada yang menempel pada batu dan tonggak kayu (misalnya remis), dan merayap di permukaan habitat (Setyono, 2006).

Jenis kerang-kerangan termasuk pada jenis kerang jawa (*Corbicula javanica*) merupakan bioindikator pencemaran yang efisien untuk menduga pencemaran logam berat, karena merupakan hewan *filter feeder* dan mempunyai toleransi yang besar terhadap tekanan ekologis yang tinggi. Menurut Angell (1986); Galtsoff (1964) dan Byung *et al.*, (1988), kerang jawa (*Corbicula javanica*) termasuk dalam filum Moluska atau golongan binatang lunak dalam bangsa Bivalvia yaitu bercangkang setangkup. Cangkang kerang jawa (*Corbicula javanica*) tidak sama besar karena ada bagian mangkok dan bagian tutup. Kemampuan dalam mengakumulasi logam berat pada kerang jawa (*Corbicula javanica*) dapat digunakan untuk memperoleh gambaran tingkat pencemaran logam berat pada lingkungan dimana kerang jawa (*Corbicula javanica*) hidup (Apriadi, 2005).

2.1.2 Klasifikasi dan Morfologi Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Spesies ini memiliki cangkang yang kuat dan simetris, bentuk cangkang agak bundar. Cangkang luar berwarna kuning kecoklatan. Lebar cangkang dapat mencapai 3-4 cm. Kerang jawa (*Corbicula javanica*) hidup dengan cara membenamkan diri dalam substrat (Gambar 2). Klasifikasi kerang jawa (*Corbicula javanica*) menurut Zipcodezoo (2015), adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Phylum : Mollusca
Class : Bivalvia
Ordo : Veneroida
Family : Corbiculidae
Genus : *Corbicula*
Spesies : *Corbicula javanica*

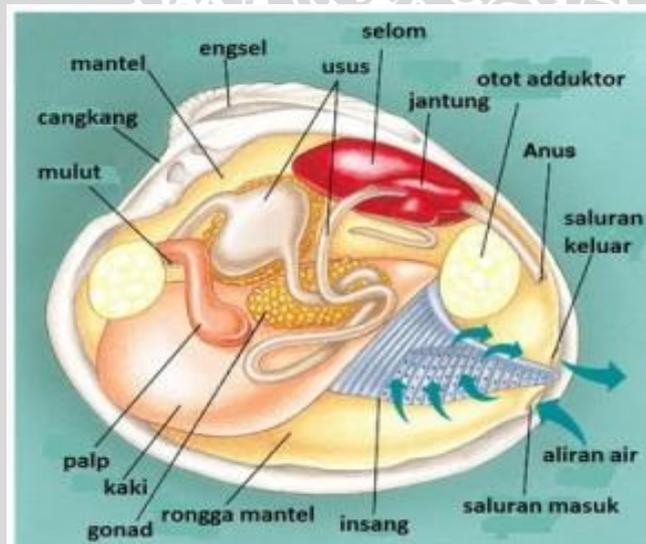


Gambar 2. Kerang jawa (*Corbicula javanica*) (Pigneur et al., 2011)

Secara umum bagian tubuh kerang, khususnya kerang jawa (*Corbicula javanica*) dibagi menjadi lima yaitu (1) kaki (*foot*, *byssus*), (2) kepala (*head*), (3) bagian alat pencernaan dan reproduksi (*visceral mass*), (4) selaput (*mantle*), dan (5) (*shell*) (Gambar 3). Pada bagian kepala kerang terdapat organ syaraf sensorik. Sedangkan, bagian kaki merupakan otot yang mudah berkontraksi, dan bagian ini merupakan bagian utama alat gerak. Warna dan bentuk cangkang

sangat bervariasi, tergantung pada jenis, habitat dan makanannya (Setyono, 2006).

Organisme ini memiliki cangkang berbentuk segitiga lebar, tanpa sudut sama sekali. Pada kerang muda, cangkang equilateral, sedangkan pada kerang dewasa puncak cangkang bergeser ke arah posterior. Terdapat sayap kecil dibagian peralihan dari dorsal ke anterior. Memiliki sisi engsel tipis dan gigi kardinal kecil dengan gigi lateral yang panjang. Kerang jawa (*Corbicula javanica*) memiliki warna epidermis kuning coklat kehijauan dengan nuansa lebih muda di cangkang bagian ventral. Cangkang kerang bagian luar bergaris konsentrik yang kasar dan cukup tinggi berjumlah sekitar 8-11 garis per 1 cm. Sedangkan cangkang bagian dalam biasanya berwarna putih kebiruan dengan memiliki pola ungu pada gigi lateral (Hilman *et al.*, 2009).



Gambar 3. Morfologi kerang jawa (*Corbicula javanica*)

2.1.3 Anatomi Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Menurut Galtsoff (1964), *Corbicula javanica* tergolong dalam Pelecypoda (kerang-kerangan) dan biasa disebut oyster. Salah satu ciri umum dari jenis Bivalvia adalah memiliki 2 buah cangkang berkapur serta mempunyai insang sebagai alat untuk bernafas dan menyerap makanan. Bentuk cangkang kerang

ini dipengaruhi oleh tempat hidupnya. Kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang tinggal pada substrat yang lunak dan berlumpur cenderung berkelompok, ramping atau langsing dengan hiasan garis-garis tubuh. Dilihat dari sistem pencernaannya dimulai dari mulut, kerongkongan, lambung, usus dan akhirnya bemuara pada anus.

Golongan kerang ini memakan hewan-hewan kecil yang terdapat dalam perairan berupa protozoa diatom. Makanan ini dicerna di lambung dengan bantuan getah pencernaan dan hati. Sisa-sisa makanan dikeluarkan melalui anus. Jenis kerang air tawar sel telur yang telah matang akan dikeluarkan dari ovarium. Kemudian masuk ke dalam ruangan *suprabranchial*. Dari tahap ini terjadilah pembuahan oleh sperma yang dilepaskan oleh hewan jantan. Telur yang telah dibuahi berkembang menjadi larva *glochidium*. Larva ini pada beberapa jenis ada yang memiliki alat kait dan ada pula yang tidak. Selanjutnya larva akan keluar dari induknya dan menempel pada ikan sebagai parasit, lalu menjadi kista. Setelah beberapa hari kista tadi akan membuka dan keluarlah Moluska muda. Akhirnya Moluska ini hidup bebas di alam (Hilman, 2009).

2.1.4 Fisiologi Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Fisiologi Bivalvia pada umumnya kaki kerang berbentuk pipih secara lateral dan mengarah ke anterior sebagai adaptasi untuk meliang. Gerak kaki menjulur diatur oleh kombinasi tekanan darah dan otot protractor anterior, dan gerak menarik kaki ke dalam cangkang oleh sepasang otot retraktor anterior dan posterior untuk merayap dalam substrat lumpurdan pasir. Sistem organ pencernaan kerang digunakan untuk menelan dan mencerna makanan serta ekskresi feses. Sistem pencernannya meliputi mulut, kerongkongan, lambung, usus dan berakhir mengalir pada anus. Saluran anus menjadi satu dengan saluran tempat keluarnya air (Tripod, 2010).

Sistem saraf Bivalvia pada dasarnya sederhana, dengan bilateral simetris yang terdiri dari tiga pasang ganglia dan beberapa pasang saraf. Masing-masing ganglia otak berupa dua pasang tali saraf meluas ke bagian posterior. Sedangkan satu pasang lainnya dapat mencapai kembali ke ganglion visceral yang terletak pada permukaan otot adduktor posterior. Sepasang ganglia yang ketiga memperpanjang hingga bagian posterior dan bagian perut ke ganglia pedal di kaki. Ganglia otak akan mengatur anterior otot adduktor dan bagian dari mantel, serta *statocysts* dan *osphradia*. Ganglia pedal berfungsi untuk mengontrol pergerakan kaki. Ganglia visceral mengontrol area yang lebih luas seperti insang, jantung, perikardium, ginjal, saluran pencernaan, gonad, otot adduktor posterior dan sebagian atau seluruh mantel (Gosling, 2003).

Sistem sirkulasi Bivalvia terdiri dari jantung yang terletak di bagian bawah usus dalam rongga perikardium (selaput pembungkus jantung) dan terbagi menjadi dua bagian aurikel (ventral) dan ventrikel (dorsal). Ventrikel tersusun dari aorta anterior yang berfungsi sebagai penyalur darah ke kaki, mantel dan lambung. Darah yang dibawa ke rektum akan dilakukan oleh aorta posterior. Darah yang sudah mengalami oksigenasi di dalam mantel akan kembali menuju jantung. Sedangkan darah yang bersirkulasi di beberapa bagian organ tubuh akan menuju vena yang kemudian diteruskan menuju ginjal. Setelah itu, dari ginjal darah akan dialirkan ke insang dan di dalam insang tersebut terjadi pertukaran oksigen dan karbondioksida yang dibawa oleh darah. Selanjutnya darah akan menuju jantung dan disalurkan kembali pada organ-organ yang membutuhkan (Kastawi, 2005).

2.1.5 Makan dan Kebiasaan Makan Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Menurut Suryono (2006), kerang jawa (*Corbicula javanica*) merupakan hewan *filter feeder* yaitu hewan yang mendapatkan makanan dengan cara

menyaring partikel dari perairan yang masuk dalam tubuhnya. Makanan tersebut masuk ke dalam rongga mulut setelah melalui penyaringan dengan silia yang terdapat pada labial palp sehingga air yang mengandung makanan terbawa masuk ke dalam rongga mantel. Kelangsungan hidup dan pertumbuhan kerang jawa (*Corbicula javanica*) sangat dipengaruhi oleh kelimpahan pakan yang ada.

Menurut Nontji (2002), kerang dalam hidupnya menetap pada substrat sehingga untuk mendapatkan makanannya kerang menggunakan insang yang dilengkapi oleh silia, dimana alat ini berfungsi untuk menarik bahan terlarut dalam air bersamaan dengan masuknya air ke dalam mulutnya. Khususnya untuk jenis-jenis Bivalvia termasuk pada jenis kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang cara makannya dengan sistem menyaring (*filter feeder*), bahan kimia dan bahan beracun (termasuk logam berat) yang terlarut di dalam air akan diserap dan dicerna serta diakumulasikan bersama protein di dalam tubuh. Bahan kimia dan bahan beracun yang sudah terakumulasi di dalam tubuh kerang akan pindah ke manusia (konsumer). Oleh karena itu, kerang untuk dikonsumsi sebaiknya tidak dipelihara dan dipanen dari perairan yang sudah tercemar oleh bahan kimia berbahaya maupun bahan beracun (Setyono, 2006).

Bivalvia biasanya ditemukan menetap pada substrat untuk mendapatkan makanannya dengan cara menggunakan insang yang dilengkapi oleh silia, dimana alat ini berfungsi untuk menarik badan terlarut dalam air bersamaan dengan masuknya air ke dalam mulutnya (Nontji, 2002). Makanan Bivalvia berasal dari semua bahan yang tersuspensi di dalam air sehingga sumber makanannya tidak hanya dari fitoplankton, tetapi juga dari jamur, bakteri, dan zat organik terlarut. Penyerapan makanan oleh Bivalvia terjadi setiap saat dan berlangsung sepanjang hari (Parenrengi *et al.*, 1998).

Menurut Cappenberg (2008), menyatakan yang bukan makanannya akan dikeluarkan oleh Bivalvia dalam bentuk *pseudofeces* yang terbungkus dengan

lendir. Makanan yang dimakan oleh Bivalvia yang terkontaminasi oleh logam berat nantinya akan terakumulasi kedalam tubuh Bivalvia salah satunya yakni pada organ ginjal dan dapat mempengaruhi suatu sistem metabolisme serta fisiologi dari kerang.

2.2 Metallothionein (MT)

Metallothionein (MT) merupakan peptida dengan berat molekul yang rendah dengan konten sistein tinggi. Dalam invertebrata air, Metallothionein berperan penting dalam detoksifikasi logam (Desouky, 2012). Metallothionein sudah banyak digunakan sebagai biomarker tertentu karena potensi Metallothionein mencerminkan keberadaan dari logam berat. Induksi dari Metallothionein meningkat setelah paparan logam berat dalam organisme (Wu dan Chen, 2005). Kerang memiliki kapasitas konsentrasi penyerapan logam berat yang terdapat pada lingkungan perairan. Logam berat yang dihasilkan berkaitan dengan keberadaan detoksifikasi yang efektif yang melibatkan mekanisme perangkap untuk logam berat yang masuk dengan ligan spesifik dalam sitosol. Metallothionein merupakan protein dengan molekul rendah, sistein protein yang tinggi berperan untuk mengikat logam (Couillard *et al.*, 1993).

Struktur Metallothionein menurut Carpena *et al.*, (2007) adalah sebagai berikut:

1. *Thionein*: Asam amino yang memiliki kandungan sistein tinggi, tidak mempunyai asam amino aromatik dan tidak stabil oleh panas. Gugus tiol (-SH) dari kelompok ini merupakan residu sistein yang memungkinkan Metallothionein dapat mengikat logam berat. Protein ini biasanya tidak hanya bergabung dengan satu jenis logam saja, melainkan dapat bergabung dengan beberapa ion logam lainnya antara lain Cu, Zn, Cd atau Hg.

2. *Metallation*: Ketika thionein telah disintesis di ribosom akan terjadi kejenuhan dengan perbedaan metal ion berdasarkan spesifik isoform atau jumlah perbedaan konsentrasi metal yang tersedia. MT-3 mengikat ion Zn dan Cd lebih lemah dari MT-2 tetapi mempunyai kapasitas dan plastisitasnya mengikat logam berat yang lebih tinggi.

3. *Dimerization* (dimerisasi): Proses Metallothionein mengikat logam dimana domain-domain β (N-terminal) bertanggung jawab membentuk kondisi anaerobik untuk berikatan dengan logam-dimer. Pada kondisi aerobik, suatu disulfida antar molekul tertentu terbentuk diantara domain α (C-terminal). Kedua bentuk dimer tersebut menunjukkan perbedaan muatan dan membentuk ikatan ionik dengan logam-logam.

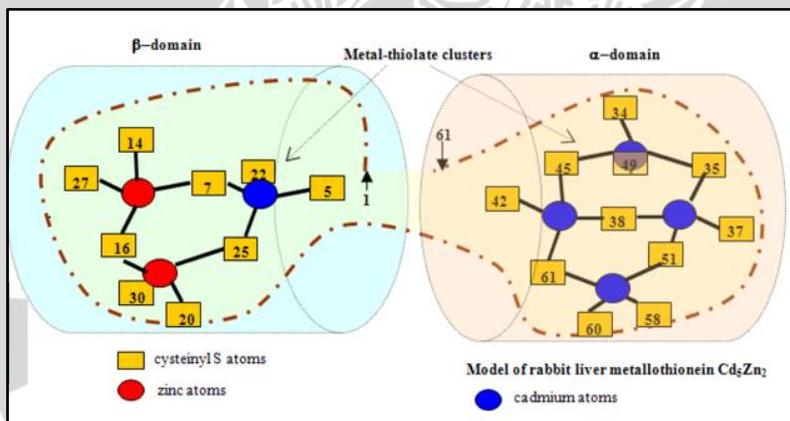
2.3 Mekanisme Pengikatan Logam Berat Metallothionein

Kerang jawa (*Corbicula javanica*) memiliki kapasitas konsentrasi penyerapan logam berat yang terdapat pada lingkungan perairan. Logam berat yang diproduksi berkaitan dengan keberadaan detoksifikasi yang efektif. Dalam hal ini Metallothionein berperan dalam mekanisme pengikatan untuk logam berat yang masuk dengan ligan spesifik dalam sitosol. Metallothionein sendiri merupakan protein dalam molekul rendah dengan memiliki sistein logam yang tinggi serta berperan dalam mengikation logam (Couillard *et al.*, 1993).

Menurut Darmono (2001), proses masuknya logam kedalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa tahapan, yakni melalui saluran pernafasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Dalam tubuh hewan, logam diabsorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam tertinggi biasanya dalam organ detoksifikasi (hati) dan ekskresi (ginjal), kedua jaringan tersebut

biasanya logam juga berikatan dengan berbagai jenis protein enzim maupun protein lain yang disebut dengan metaloenzim (Connel dan Miller, 2006).

Menurut Lasut (2002), Metallothionein merupakan peptida dengan memiliki berat molekul yang rendah, kandungan sistein yang tinggi, bukan termasuk asam amino aromatik dan tidak stabil terhadap panas. Metallothionein didominasi oleh kelompok thiol (sulfhydryl, -SH) dalam jumlah yang besar. Kelompok ini mengikat logam-logam berat sangat kuat, khususnya Hg, Cd, Ag dan Zn. Metallothionein terlibat dalam proses patofisiologi seperti homeostasis ion logam dan detoksifikasi. Pada proses detoksifikasi pentingnya Metallothionein yaitu dimana protein ini dapat berperan sebagai penanda biologis pencemaran logam berat dari lingkungan. Perbandingan antara logam berat dan Metallothionein bisa sangat berguna dan tidak hanya dari aspek toksikologi tetapi juga dari aspek biokimia (Kriskova *et al.*, 2007).



Gambar 4. Skema mekanisme pengikatan logam berat dan Metallothionein (Adam, 2006)

Metallothioneins (MT) terdiri dari protein (polipeptida), protein molekul dan sistein yang tinggi dengan berat molekul 6-10 kDa [1 - 6]. MTs terdiri dari dua domain mengikat (α , β) yang dirakit dari gugus sistein. Kelompok sulfhidril sistein berpartisipasi dalam binding kovalen dengan logam berat dengan mengikat logam-logam berat sangat kuat, khususnya merkuri (Hg), kadmium (Cd), perak (Ag), seng (Zn) dan tin. Residu sulfhydryl dari 'cysteine' mampu mengikat logam,

dimana 1 atom logam tersebut misalnya Cd, Zn, atau Hg. Kemudian bagian terminal dari protein ditandai asa-domain, yang memiliki empat tempat mengikat untuk ion divalen. β -Domain (bagian C-terminal) yang memiliki kemampuan untuk mengikat tiga ion divalen logam berat (Gambar 4). Dalam kasus ion univalen logam berat, MTis mampu mengikat dua belas ion logam (Adam, 2006).

Absorpsi logam berat ke dalam tubuh organisme air dapat melalui insang, kulit dan lapisan mukosa. Secara umum, masuknya logam berat ke dalam jaringan tubuh biota melalui tiga cara, yaitu: 1) Endositosis dimana pengambilan partikel dari permukaan sel dengan membentuk sarana perpindahan oleh membran plasma. Proses ini berperan dalam pengambilan logam berat tidak terlarut. 2) Diserap dari air. 90% kandungan logam dalam jaringan berasal dari penyerapan oleh sel epitel insang. Insang berperan sebagai organ penyerap logam berat dari air. 3) Diserap dari makanan dan sedimen. Penyerapan logam berat yang berasal dari makanan juga dapat melalui lambung (Akbar, 2002). Menurut Wulandari (2010), absorpsi merupakan suatu proses perpindahan racun dari lingkungan ke dalam sirkulasi darah. Absorpsi, distribusi dan ekskresi bahan pencemar tidak dapat terjadi tanpa transport melintasi membran. Proses transportasi dapat berlangsung dengan 2 cara: transport aktif yaitu dengan sistem transport khusus. Dalam hal ini zat terikat pada molekul pengemban dan transport pasif yaitu melalui proses difusi. Proses kerja transport ke tubuh Bivalvia menggunakan transport aktif dan transport pasif.

2.4 Logam Berat

Logam berat merupakan unsur logam dengan berat molekul yang tinggi dan mempunyai daya hantar panas (Hutagalung, 1984). Sanusi (2006) menambahkan bahwa logam berat di perairan terdiri atas logam berat esensial dan non esensial. Logam berat yang sering mencemari lingkungan atau yang

disebut non esensial adalah Pb, Cd, Hg dan As. Selain logam berat non esensial (Hg, Cd, As, dan Pb) terdapat juga logam berat bersifat esensial dimana logam berat ini dibutuhkan dalam pembentukan *haemosianin* dalam darah dan sistem enzimatik, misalnya Cr, Ni, Cu, dan Zn.

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaan terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini masuk ke dalam tubuh organisme hidup (Heryanto, 2004). Semua dari jenis logam berat dapat dikatakan sebagai bahan beracun yang akan meracuni makhluk hidup, contohnya seperti Hg, Pb, Cd dan Cr. Namun meskipun semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan makhluk hidup, sebagian dari logam-logam berat tersebut dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah yang sangat kecil atau sedikit. Apabila kebutuhan logam berat yang sangat kecil tersebut tidak terpenuhi maka akan berakibat fatal pada kelangsungan makhluk hidup tersebut. Meskipun dibutuhkan sangat sedikit hal ini juga berpengaruh terhadap makhluk hidup karena logam-logam tersebut sebagai logam-logam esensial tubuh. Apabila logam-logam esensial yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang banyak atau berlebihan, maka akan berubah menjadi toksik. Sebagai contoh dari logam berat esensial adalah tembaga (Cu), Seng (Zn) dan Nikel (Ni) (Fardiaz, 1992).

2.4.1 Timbal (Pb)

Logam berat timbal berbahaya bagi lingkungan perairan dikarenakan sifatnya sebagai biomagnifikasi, artinya dapat terakumulasi dan singgah di dalam jaringan tubuh organisme dalam kurun waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi (Darmono, 1995). Sudarmaji *et al.*, (2006), menambahkan bahwa logam berat Pb yang mencemari lingkungan berasal dari semua kegiatan industri yang memakai Pb sebagai bahan baku maupun bahan tambahan, sebagai

contoh industri pengecoran, industri bahan bakar, industri kimia yang memakai bahan pewarna. Hasil pembakaran dari bahan tambahan (*additive*) Pb pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi Pb *in organic*. Logam berat Pb yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur oli maka logam berat Pb akan keluar dari knalpot bersama dengan gas buang lainnya.

Menurut Fardiaz (1992), penggunaan Pb yang sangat luas dalam kehidupan dikarenakan Pb mempunyai sifat-sifat dan kegunaan sebagai berikut:

1. Timbal memiliki titik cair rendah sehingga apabila digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana dan tidak mahal.
2. Timbal merupakan logam lunak sehingga mudah diubah menjadi beberapa bentuk.
3. Sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab.

Timbal bersifat toksik pada manusia dan dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Keracunan akut biasanya ditandai dengan rasa terbakar pada mulut, adanya rangsangan pada sistem gastrointestinal yang disertai dengan diare. Sedangkan gejala kronis umumnya ditandai dengan mual, anemia, sakit di sekitar mulut, dan dapat menyebabkan kelumpuhan (Darmono, 2001).

2.4.2 Kadmium (Cd)

Menurut Hutagalung (1984), Kadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Kadmium murni berupa logam berwarna putih kerak dan lunak, namun bentuk ini tidak banyak ditemukan di lingkungan. Rachmawatie (2009), menambahkan kadmium di suatu perairan terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit, bersifat tidak larut dalam perairan, dan mudah terakumulasi di sedimen.

Kadmium merupakan salah satu jenis logam yang memiliki toksisitas tinggi dibandingkan dengan jenis logam berat lainnya, penyeberan yang luas serta memiliki waktu paruh (*biological life*) yang panjang dalam tubuh organisme hidup yaitu sekitar 10-30 tahun karena tidak dapat didegradasi (Lu, 1995).

Menurut Effendi (2003), kadmium bersifat kumulatif dan sangat toksik bagi manusia karena dapat mengakibatkan gangguan fungsi ginjal dan paru-paru, meningkatkan tekanan darah dan mengakibatkan kemandulan pada pria dewasa. Toksisitas kadmium dipengaruhi oleh pH dan keberadaan dari zinc dan timbal dapat meningkatkan toksisitas kadmium. Kadmium akut dapat menyebabkan gejala mual, muntah, diare, anemia, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati (Ragan dan Mast, 1990 *dalam* Sudarmaji *et al.*, 2006).

Beberapa penelitian tentang efek paparan logam berat kadmium pada hewan telah banyak dilaporkan, paparan kadmium dalam waktu yang lebih lama akan memicu peningkatan ROS sehingga memicu kematian sel (Gzyl *et al.*, 2009), memicu peroksidasi lipid (Faix *et al.*, 2005), menghambat pengambilan (*uptake*) nutrisi menghambat aktivitas enzim, termasuk sistem antioksidan organisme hidup (John *et al.*, 2009). Faix *et al.* (2005) menyimpulkan bahwa paparan logam berat jenis kadmium menyebabkan perubahan histopatologi dan peroksidasi lipid pada organ liver dan ginjal hewan rodent.

2.4.3 Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) merupakan salah satu dari unsur kimia yang mempunyai nomor atom 80, berat atom 200,61 dan memiliki jari-jari 1,48 Å. Merkuri adalah satu-satunya unsur logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25 °C) dan sangat mudah menguap, membeku pada suhu -38,87 °C dan dapat mendidih pada suhu 356,9 °C (Hutagalung, 1985). Fardiaz (1992), menambahkan bahwa merkuri berbentuk cair keperakan pada suhu kamar. Merkuri membentuk

beberapa persenyawaan baik anorganik, (misalnya: oksida, klorida dan nitrat) maupun organik. Merkuri dapat menjadi senyawa anorganik melalui proses oksidasi dan kembali menjadi unsur Hg melalui proses reduksi. Merkuri anorganik menjadi merkuri organik melalui kerja bakteri anaerobik tertentu dan senyawa ini secara lambat berdegradasi menjadi merkuri anorganik.

Merkuri dan turunannya mempunyai sifat yang sangat beracun, sehingga kehadirannya di lingkungan perairan dapat mengakibatkan kerugian pada manusia karena sifatnya yang mudah larut dan terikat dalam jaringan tubuh organisme air. Pencemaran merkuri di perairan mempunyai pengaruh terhadap ekosistem setempat yang disebabkan oleh sifatnya yang stabil dalam sedimen, kelarutannya yang rendah dalam air dan kemudahannya diserap dan terkumpul dalam jaringan tubuh organisme air, baik melalui proses *bioaccumulation* maupun *biomagnification* yaitu melalui *food chain* (Krystiyanti, 2008).

Menurut Heryando (2008), Secara umum merkuri memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Berwujud cair pada suhu kamar 25°C dan titik beku paling rendah 39°C .
2. Masih berwujud cair pada suhu 396°C dan terjadi pemuaiian secara menyeluruh.
3. Jika dibandingkan dengan logam-logam lain, merkuri merupakan logam yang paling mudah menguap.
4. Tahanan listrik yang dimiliki sangat rendah, sehingga merkuri sebagai logam yang sangat baik untuk menghantarkan listrik.

Menurut Berlin (1983), tingkat keparahan paparan akan menentukan cetusan efek toksisitas subkronik dan toksisitas itu terjadi bila terpapar pada tingkat yang lebih rendah dari pemaparan kronik. Pada tingkatan subkronik ini tanda dan gejala yang terlihat adalah gangguan indera, penyempitan bidang

penglihatan, ketulian dan gangguan motorik. Toksisitas kronik yang pernah terjadi adalah kasus keracunan di Irak, Minamata dan Niigata Jepang.

2.5 Hubungan Logam Berat dan Metallothionein

Organisme mensintesis Metallothionein sebagai pertahanan terhadap logam beracun yang terdapat pada lingkungan alami. Pada beberapa organisme air yang ditemukan sebagian besar telah terkontaminasi oleh logam, dimana konsentrasi logam ditunjukkan untuk mensintesis Metallothionein, fungsi Metallothionein adalah sebagai penguraian radikal bebas, sebagai konsentrasi protein, dan sebagai tempat penyimpanan sistein (Couillard *et al.*, 1993).

Menurut Roesijadi (1994), Metallothionein memiliki berat molekul yang rendah, mempunyai kandungan protein dan polipeptida yang kehadirannya dipengaruhi oleh induksi logam dan berfungsi sebagai metabolisme dan detoksifikasi logam. Metallothionein mengikat logam esensial maupun non esensial, sehingga Metallothionein dapat berperan dalam perlindungan organisme dalam toksisitas logam. Protein ini mengikat logam beracun seperti Cd dan Zn dimana Metallothionein berfungsi sebagai reseptor Cd sedangkan Zn sebagai mekanisme untuk memulihkan struktur fungsional.

Keberadaan Metallothionein memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai pembersih radikal bebas yang terdapat pada tubuh organisme dan juga sebagai detoksifikasi logam untuk mencapai keadaan homeostatis. Hal ini menunjukkan bahwa Metallothionein berperan dalam detoksifikasi logam non-esensial seperti kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) sehingga Metallothionein dapat dijadikan sebagai biomarker yang berguna untuk mendeteksi adanya kontaminasi logam berat di lingkungan (Carpene *et al.*, 2007).

Daya toksisitas logam berat dalam perairan terhadap biota yang ada di dalamnya dipengaruhi oleh keberadaan dari logam-logam lain, karakteristik dari

logam, serta pengaruh lingkungan dan kemampuan organisme dalam menyesuaikan terhadap logam-logam yang bersifat toksis. Selain kandungan logam berat, ukuran kerang juga dapat mempengaruhi sintesis Metallothionein (Lu, 1995 *dalam* Fernanda, 2012). Amiard *et al.*, (2006) menambahkan bahwa faktor usia, ukuran, jenis kelamin, tingkat kematangan gonad dan perbedaan spesies dapat mempengaruhi produksi Metallothionein.

2.6 Pengamatan Metallothionein dengan metode ELISA

ELISA merupakan tes yang pada umumnya dilakukan dalam berbagai bentuk pada tipe antigen dan reagen yang digunakan pada saat melakukan tes. Teknik tes ELISA hanya dapat mendeteksi antibodi spesifik genus dan tidak dapat digunakan untuk mengidentifikasi serogrup atau serovar. Prinsip dari ELISA secara umum adalah antibodi yang terdapat didalam serum dimasukkan kedalam antigen yang sudah difiksasi pada penyangga padat, kemudian dilakukan inkubasi selama waktu tertentu dan dicuci untuk menghilangkan antibodi yang berlebihan. Selanjutnya ditambahkan antibodi anti-spesies yang dikonjugasi dengan enzim (Setiawan, 2007).

Menurut Ryvolova *et al.*, (2011), ELISA adalah metode yang biasanya sering digunakan untuk mendeteksi protein target berdasarkan antigen dan antibodi spesifik. Kemudian ditambahkan konjugasi antibodi dengan enzim tertentu untuk memvisualisasikan interaksi antigen-antibodi dengan substrat enzim dan pengukuran terhadap kode yang dihasilkan. Metode ELISA telah diterapkan dalam penentuan Metallothionein pada sejumlah sampel termasuk sel hepatitis, sel sertoli tikus yang terpapar kadmium dan urin anak-anak yang berada di lingkungan tercemar.

2.7 Parameter Kualitas Air

Adapun parameter kualitas air yang diukur dalam penelitian ini meliputi

suhu, pH dan DO.

2.7.1 Suhu

Suhu berpengaruh langsung terhadap tumbuhan dan hewan, Hutabarat dan Evans (1984) mengemukakan bahwa suhu merupakan *controlling factor* (faktor pengendali) bagi proses respirasi dan metabolisme biota akuatik yang berlanjut terhadap pertumbuhan dan proses fisiologi serta siklus reproduksinya. Setiap spesies menyesuaikan diri dengan suhu tertentu, tapi variasi suhu yang tiba-tiba dan terlalu kuat akan merugikan bagi kehidupan kerang jawa (*Corbicula javanica*).

Suhu air yang lebih dingin akan meningkatkan adsorpsi logam berat ke partikulat untuk mengendap di dasar. Sementara saat suhu air naik, senyawa logam berat akan melarut di air karena penurunan laju adsorpsi ke dalam partikulat. Logam berat yang memiliki kelarutan yang kecil akan ditemukan di permukaan air selanjutnya dengan perpindahan dan waktu tertentu akan mengendap hingga ke dasar perairan, artinya logam tersebut hanya akan berada di dekat permukaan air dalam waktu yang sesaat saja untuk kemudian mengendap lagi. Hal ini ditentukan antara lain oleh massa jenis air, viskositas (kekentalan) air, suhu air, (Arifin, 2009 *dalam* Darmono, 1995). Dan (2000) *dalam* Suaiti (2007) menambahkan suhu yang baik untuk pertumbuhan kerang air tawar adalah perairan yang memiliki suhu antara 15 °C – 25 °C.

2.7.2 pH

Menurut Hardjojo dan Djokosetiyanto (2005) *dalam* Irawan, *et al.*, (2009), pH merupakan suatu pernyataan dari konsentrasi ion hidrogen (H⁺) di dalam air, besarannya dinyatakan dalam minus logaritma dari konsentrasi ion H. besaran pH berkisar antara 0-14, nilai pH kurang dari 7 menunjukkan keadaan lingkungan

bersifat masam, sedangkan nilai diatas 7 menunjukkan keadaan lingkungan bersifat basa, untuk pH 7 disebut sebagai netral.

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang seiring dengan meningkatnya pH. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH maka semakin tinggi alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas (Effendi, 2003).

2.7.3 DO

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) menyatakan besarnya kandungan oksigen yang terlarut dalam suatu perairan. Konsentrasinya dipengaruhi oleh suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Konsentrasinya juga berfluktuasi secara harian dan musiman tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk perairan (Effendi, 2003).

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk bernafas, bertahan hidup, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara dan hasil dari proses fotosintesis. Kecepatan difusi oksigen dari udara tergantung dari beberapa faktor, seperti kekeruhan air, suhu, salinitas, dan pergerakan massa air (Salmin, 2005).

Menurut Connel dan Miller (2006), penyebab utama berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air disebabkan karena adanya zat pencemar yang dapat mengkonsumsi oksigen. Zat pencemar tersebut terutama terdiri dari bahan-bahan organik dan non organik yang berasal dari berbagai sumber, seperti sampah organik, bahan-bahan buangan industri dan rumah tangga. Sebagian

besar zat pencemar yang menyebabkan oksigen terlarut berkurang adalah limbah organik.

3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini adalah kandungan logam berat Pb, Cd, Hg di air dan di lambungkerang jawa (*Corbicula javanica*) serta kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*). Selain itu dilakukan pengukuran kualitas air antara lain suhu, pH, DO (*Dissolved Oxygen*) pada media tempat hidup kerang jawa (*Corbicula javanica*).

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada berbagai prosedur diantaranya: pengukuran kualitas air, pembedahan dan pengambilan lambungkerang jawa (*Corbicula javanica*), pengukuran kadar logam berat Pb, Cd, Hg serta pengujian kadar Metallothionein pada kerang jawa (*Corbicula javanica*). Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada lampiran 1.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei dengan penjelasan secara deskriptif dengan menggambarkan keadaan lokasi penelitian secara nyata sesuai dengan keadaan di lapang dan dibuktikan melalui analisa data. Menurut Mubyarto dan Suratno (1981), metode survei adalah kegiatan penelitian semacam pengamatan atau observasi secara pasif dalam pengumpulan data. Survei merupakan satu cara utama dalam pengumpulan data apabila data sekunder dianggap belum cukup lengkap untuk

menjawab suatu pertanyaan. Dalam metode ini pengambilan data dilakukan tidak hanya terbatas pada pengumpulan dan penyusunan data, tetapi meliputi analisis dan pembahasan tentang data tersebut. Metode ini bertujuan untuk memberikan gambaran secara umum, sistematis, aktual dan valid mengenai fakta dan sifat-sifat populasi daerah tersebut.

Menurut Sasmaya (2011), metode survei deskriptif adalah metode yang digunakan untuk memperoleh data yang ada saat penelitian dilakukan dan bertujuan untuk menjelaskan pembahasan dari permasalahan dalam penelitian. Adapun sumber data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: data primer dan data sekunder.

a. Data primer

Data Primer didefinisikan sebagai data penelitian yang dikumpulkan langsung dari sumber asli (pertama) oleh peneliti di lapangan tanpa melalui perantara (Mulyanto, 2008). Dalam pengumpulan data primer dapat dilakukan dengan 2 teknik yaitu teknik pengamatan (observasi) dan teknik komunikasi. Teknik pengamatan dilakukan langsung terhadap gejala yang diamati dan dicatat hasil seperlunya, sedangkan teknik komunikasi dilakukan dengan mengadakan kontak langsung dengan responden (wawancara langsung dan/atau wawancara tertulis) (Mubyarto dan Suratno, 1981). Data primer yang diambil dalam penelitian ini meliputi parameter utama kualitas perairan yang diukur meliputi suhu, pH, dan Oksigen terlarut (DO), kandungan logam berat Pb, Cd, dan Hg serta kadar Metallothionein pada kerang jawa (*Corbicula javanica*).

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung atau dari sumber kedua (Marzuki, 1983). Data sekunder biasanya diperlukan untuk mendukung data primer. Data sekunder pada penelitian skripsi ini didapat dari

jurnal penelitian, laporan penelitian, buku, internet, serta semua kepustakaan yang menunjang penelitian ini.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penentuan Stasiun Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui survei lokasi terlebih dahulu yakni di Instalasi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten, Kota Batu dan di UPT PTPB Kepanjen, Kabupaten Malang yang ditinjau dari kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg. Penentuan stasiun ini didasarkan pada kolam yang berbeda sumber airnya dan lokasi dari kolam tersebut. Berdasarkan pertimbangan tersebut dan hasil pengamatan di lapang, maka di IBAT Punten Kota Batu, stasiun (1) merupakan kolam semi beton dan digunakan sebagai kolam induk. Kolam ini terletak di atas dan sumber airnya berasal dari parit kecil yang dialirkan ke kolam yang airnya berasal dari sumber Brantas sebelum masuk ke area IBAT Punten Kota Batu dan melewati area pemukiman warga sekitar. Stasiun (2) merupakan kolam tradisional (kolam benih) dan terletak di tengah yang airnya melalui parit kecil yang sumber aliran airnya berasal dari kolam yang berada di atasnya, sedangkan stasiun (3) merupakan kolam semi beton yang terletak paling bawah. Kolam ini berdekatan dengan kolam pengendapan yang berada di pintu keluar air.

Sedangkan penentuan stasiun di UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang, stasiun (1) merupakan kolam semi beton yang lokasinya berdekatan dengan kantor para pegawai di UPT PTPB Kepanjen, stasiun (2) merupakan kolam semi beton, lokasinya berdekatan dengan budidaya cacing dan stasiun (3) merupakan kolam semi beton yang lokasinya berdekatan dengan kegiatan pertanian. Dalam penentuan lokasi stasiun tersebut, didasarkan pada aktivitas antropogenik (perikanan budidaya, pertanian dan pemukiman) dan sumber pencemaran yang berbeda. Penentuan masing-masing stasiun tersebut

tujuannya adalah untuk mengetahui kondisi dari tiap stasiun yang diduga memiliki sumber pencemar yang sama sehingga dapat menunjang tujuan dari penelitian ini. Untuk denah lokasi lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 2.

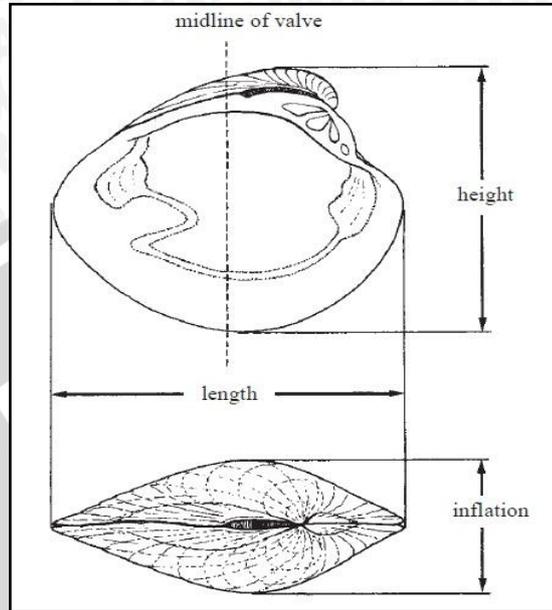
Perbedaan tempat hidup ini diduga mempengaruhi masuknya logam berat ke dalam tubuh kerang jawa (*Corbicula javanica*). Setiap lokasi pengambilan sampel terpilih memiliki aktivitas manusia yang berbeda. Dari perbedaan ini diharapkan akan dapat membandingkan dan mendapatkan informasi yang lebih beragam mengenai cemaran logam berat Pb, Cd, dan Hg dalam tubuh kerang jawa (*Corbicula javanica*) dan hubungannya terhadap kadar Metallothionein pada kerang jawa (*Corbicula javanica*).

3.4.2 Pengambilan Sampel Kerang Jawa (*Corbicula javanica*) dan Air

Pengambilan sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang hidup didasar kolam yang tertutupi lumpur dan batuan maka cukup dengan mengambil organisme dengan menggunakan tangan, kemudian dimasukkan ke dalam *coolbox*. Diambil sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) dari ke dua lokasi sebanyak 3 kali pengulangan dari 3 stasiun. Sampel air diambil secara langsung dan ditempatkan pada botol mineral 600 ml, air sampel yang diambil adalah air pada permukaan. Air sampel dimasukkan ke dalam *coolbox* untuk kemudian dianalisis di laboratorium.

3.4.3 Pengukuran Sampel Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) diukur panjang, lebar dan tinggi cangkangnya dengan menggunakan jangka sorong untuk mengetahui ukuran kerang jawa (*Corbicula javanica*). Kemudian dicatat hasilnya. FAO (1998) berpendapat bahwa bagian dari sisi-sisi cangkang kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang dapat dijadikan acuan untuk mengukur panjang, lebar dan tinggi kerang jawa (*Corbicula javanica*) (Gambar 5).



Gambar 5. Bagian-bagian sisi cangkang Bivalvia (FAO,1998)

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian yang dilakukan di 2 lokasi ini terdiri dari penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

3.5.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan di IBAT Punten, Kota Batu dan di UPT PTPB Kapanjen Kabupaten Malang adalah mengukur kadar Pb, Cd, Hg pada air dan tubuh kerang jawa (*Corbicula javanica*).

3.5.2 Penelitian Utama

Penelitian utama ini terdiri melalui beberapa tahapan yakni

- a. Pengambilan sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*)

Sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) diambil dari kolam di IBAT Punten, Kota Batu dan di UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang yang dipilih memiliki kriteria:

1. Sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) masih hidup
2. Memiliki ukuran yang tidak berbeda yakni panjangnya sekitar 3-4 cm. kerang yang digunakan dari 6 stasiun (3 stasiun di IBAT Punten, Kota Batu dan 3 stasiun di UPT PTPB Kepanjen, Kabupaten Malang) dengan asumsi kadar Pb, Cd, dan Hg yang diperoleh dari 6 stasiun tersebut berbeda.
3. Kerang jawa (*Corbicula javanica*) dibersihkan dari lumpur.

3.6 Prosedur Pengujian Sampel

3.6.1 Prosedur Pengukuran Kadar Logam Berat pada Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Pengukuran kadar logam berat pada kerang jawa (*Corbicula javanica*) dilakukan dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) yang dilakukan di laboratorium Kimia Analitik, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang.:

- Menimbang sampel kering sebanyak 2 gram kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass*.
- Menambahkan HNO₃ pekat sebanyak 30 ml dan didiamkan 1 malam untuk permulaan dekomposisi.
- Memanaskan sampel selama 2 jam dan dijaga agar tidak sampai meluap.
- Menambahkan HNO₃ pekat sebanyak 10 ml kedalam *beaker glass* dan dipanaskan lagi selama 2 jam.
- Menambahkan HNO₃ pekat lagi sebanyak 10 ml dan dipanaskan lagi selama 3 jam atau sampai diperoleh larutan jernih kekuning-kuningan

(pemanasan dianjurkan sampai sisa HNO_3 menguap kemudian didinginkan).

- Memindahkan larutan ke dalam labu ukur 50 ml dan ditambahkan pelarut akuades sampai tanda batas.
- Mengukur sampel menggunakan AAS dengan memakai lampu katoda yang sesuai dengan logam yang akan diuji dan mencatat absorbansinya.

3.6.2 Prosedur Pengukuran Kadar Logam Berat pada Air

Pengukuran logam berat air sampel dilakukan dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) yang dilakukan di laboratorium Kimia Analitik, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang. Pengukuran sampel (dalam bentuk cairan) dilakukan dengan menggunakan lampu katoda, metode yang biasa digunakan di laboratorium tersebut adalah sebagai berikut :

- Mengambil air sampel dengan pipet volume 50ml kemudian dimasukkan erlenmeyer (100 ml).
- Menambahkan aquaregia sebanyak 5 ml kemudian dipanaskan di atas *hot plate* sampai kering lalu didinginkan.
- Menambahkan HNO_3 2,5 N sebanyak 10 ml kemudian dipanaskan hingga mendidih.
- Mendinginkan sampel. Kemudian menyaring sebanyak 50 ml ke dalam labu ukur dan menambahkan aquadest sampai tanda batas, dihomogenkan.
- Mengukur sampel menggunakan AAS dengan memakai lampu katoda yang sesuai dengan logam yang akan diuji dan mencatat absorbansinya. (Misal : jika ingin menentukan kadar logam Pb maka menggunakan lampu

Pb, begitu juga dengan logam lainnya menggunakan lampu yang sesuai) hingga didapatkan hasil.

3.6.3 Prosedur Pengukuran Kadar Metallothionein pada Lambung Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Menurut Linde and Garcia (2006), tahapan yang dilakukan untuk menentukan kadar Metallothionein secara kuantitatif adalah sebagai berikut :

1. Tahap Pengambilan Sampel

- Mengambil Sampel organ lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebanyak 0,5 gram dan dicuci dengan PBS sebanyak tiga kali.
- Memasukkan sampel ke dalam kantong plastik dengan diberi es batu (maksimum 4 jam untuk proses homogenasi)
- Bila sampel akan dihomogenasikan lebih dari 4 jam maka sampel harus segera dibekukan pada suhu -20°C .

2. Tahap Homogenasi

- Menggerus jaringan dalam mortal yang sudah didinginkan dan menambahkan 3 ml buffer homogenisasi (0,5 M sukrosa, 20 mM Tris-HCL buffer, pH 8,6, mengandung 0,01 % β -mercaptoethanol) dalam plastik atau tabung kaca.
- Menghomogenisasikan jaringan dengan menggunakan homogenizer jaringan.
- Menambahkan kedalam homogenate dengan Aliquot (larutan induk) (3 ml).

- Sebagai kontrol, jumlah yang diketahui dari standar Metallothionein untuk mengkalibrasi hasil sampel yang diperoleh. Aliquot dapat disimpan pada suhu -20°C .
- Percobaan dapat berhenti di langkah ini.

3. Tahap Ekstraksi

- Mensentrifugasi homogenate di $30.000 \times g$ selama 20 menit untuk mendapatkan supernatant yang mengandung Metallothionein.
- Menambahkan 1,05 ml etanol absolute dingin (-20°C) dan 80 ml kloroform per 1 ml supernatan yang dihasilkan.
- Mensentrifugasi sampel dingin (pada $0-4^{\circ}\text{C}$) pada $6000 \times g$ selama 10 menit.
- Menambahkan 3 ml etanol dingin pada supernatant yang dihasilkan dan disimpan pada suhu -20°C selama 1 jam .
- Langkah analisis bisa berhenti saat ini.

4. Tahap Pemurnian dan Kuantifikasi Metallothionein

- Mensentrifugasi supernatant pada $6000 \times g$ selama 10 menit.
- Pellet yang dihasilkan, dicuci dengan etanol: kloroform: buffer homogenisasi (87 : 1 : 12)
- Mensentrifugasi lagi pada $6000 \times g$ selama 10 menit
- Mengeringkan di bawah aliran gas nitrogen untuk menyelesaikan penguapan
- Resuspended pellet kering dalam 300 ml dari 5 mM Tris-HCL, 1 mM EDTA, pH 7
- Mensuspensikan fraksi Metallothionein menjadi 4,2 ml dengan konsentrasi 0,43 mM dengan penambahan 5,5 dithiobis (asam nitrobenzoic) dalam buffer fosfat 0,2 M, pH 8

- Mendinginkan selama 30 menit pada suhu kamar untuk mengurangi konsentrasi sulfhidril.

5. Tahap Estimasi dengan Metode ELISA (Suwarno *et al.*, 2010)

- Pembuatan denah plate ELISA dan coating buffer. Denah dibuat berdasarkan kode sampel. Coating buffer dibuat fresh.
- Coating antigen dengan kadar antigen yang digunakan adalah (1 : 40) diencerkan dengan coating buffer dan diinkubasi dengan suhu 4 °C semalam.
- Keesokan harinya plate dicuci menggunakan larutan PBS Tween 0,2 % sebanyak 100 µl dan diulang 6 kali.
- Menambahkan 100 µl antibodi primer anti MTT (1 : 400) dalam assay buffer.
- Menginkubasi plate Elisa pada suhu ruang selama 2 jam sambil dishaker dengan shaker Elisa plate.
- Pencucian dengan PBS Tween 0,2% sebanyak 200 µl dan diulang 6 kali.
- Menambahkan 100 µl antibodi sekunder IgG biotin anti rabbit (1 : 800) dalam assay buffer lalu inkubasi pada suhu ruang selama 1 jam sambil dishaker.
- Mencuci dengan PBS Tween 0,2% dan diulang 6 kali.
- Menambahkan 100 µl larutan SAHRP (1 : 800) dalam assay buffer lalu inkubasi pada suhu ruang selama 1 jam sambil dishaker.
- Mencuci dengan PBS Tween 0,2% sebanyak 200 µl dan diulang 6 kali.
- Menambahkan 100 µl masing-masing lubang substrat sure blue TMB microwell lalu inkubasi 20–30 menit pada ruang gelap. Jika terjadi reaksi antara antigen dengan antibodi maka akan berubah menjadi biru

- Menambahkan 100 µl HCL 1 N sebagai stop reaksi. Pada tahap ini larutan warna biru berubah menjadi kuning.
- Membaca dengan ELISA reader dengan panjang gelombang 450 nm. Hasil absorbansi dikonversi dengan kurva standart dan diketahui nilai Metallothionein.

3.7 Metode Analisis Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur pada penelitian ini meliputi parameter fisika yakni suhuan parameter kimia meliputi pH dan oksigen terlarut (DO). Tujuan dari analisis kualitas air yaitu untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan sebagai tempat hidup kerang jawa (*Corbicula javanica*).

3.7.1 Parameter Fisika

➤ Suhu

Prosedur pengukuran suhu menggunakan Thermometer Hg. Menurut Kiwol (2008), pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan Thermometer Hg. Adapun prosedur pengukurannya adalah :

- Memasukkan Thermometer Hg ke dalam perairan.
- Menunggu 3 sampai 5 menit.
- Saat pengukuran Thermometer bagian atas ditutup saat pengukuran untuk menghindari pengaruh sinar matahari secara langsung.
- Tubuh diusahakan tidak menyentuh Thermometer karena suhu tubuh dapat mempengaruhi suhu pada Thermometer.
- Mengangkat Thermometer dan melihat secara teliti berapa nilai suhu perairan
- Mencatat angka yang tertera pada skala tersebut dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$).

3.7.2 Parameter Kimia

➤ pH (*Potential of Hydrogen*)

Menurut Hariyadi *et al.* (1992), prosedur analisis derajat keasaman (pH) pada perairan adalah sebagai berikut:

- Memasukkan pH paper ke dalam air sekitar 5 menit.
- Mengangkat pH paper diangkat ke atas dan dikibas-kibaskan hingga setengah kering.
- Mencocokkan perubahan warna pH paper pada kotak standar.

➤ Oksigen Terlarut (DO)

Prosedur pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan menggunakan metode Winkler. Menurut Suprpto (2011), adapun prosedur pengukuran DO adalah sebagai berikut:

- Mengukur dan mencatat volume botol DO yang akan digunakan $\pm 250 - 300$ mL
- Memasukkan botol DO ke dalam air yang akan diukur oksigennya secara perlahan-lahan dengan posisi miring dan diusahakan jangan sampai ada gelembung udara yang masuk ke dalam botol DO
- Menutup botol DO di dalam air dan pastikan tidak ada gelembung udara masuk ke dalam botol DO
- Menambahkan $MnSO_4$ 2 ml, NaOH + KI 2 ml lalu bolak-balikkan botol DO sampai homogen
- Menunggu selama kurang lebih 30 menit sampai terbentuk endapan coklat
- Membuang air yang bening di atas endapan, setelah itu tambahkan 1-2 ml H_2SO_4 dan kocok sampai endapan coklat tersebut larut
- Menambahkan 3-4 tetes amylum, diaduk dan dititrasi dengan Na-thiosulfat 0,025 N sampai jernih

- Mencatat volume titran
- Mengukur kadar oksigen yang terlarut dengan rumus sebagai berikut :

$$DO = \frac{v \text{ titran} \times N \text{ titran} \times 8 \times 1000}{V. \text{ botol DO} - 4}$$

Keterangan :

v : ml larutan Natrium Thiosulfat untuk titrasi

N : Normalitas larutan Natrium thiosulfat

V : Volume botol DO

3.8 Analisis Data

Data yang didapat dari penelitian ini menggunakan analisa deskriptif yaitu dengan menampilkan data dalam bentuk tabel, gambar dan grafik dari beberapa tahap penelitian, sehingga menghasilkan suatu informasi untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat di IBAT Punten Kota Batu dan UPBAT Kepanjen Malang. Analisis pada penelitian ini menggunakan analisa data regresi korelasi dengan menggunakan model regresi linier sederhana pada aplikasi SPSS 16.0 yaitu analisa yang mampu menjelaskan pola hubungan antara dua variabel atau lebih yang terdiri atas variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y), sedangkan koefisien korelasi menunjukkan arah hubungan antara variabel X dan Y. Kadar logam berat Pb, Cd dan Hg yang merupakan variabel bebas (X), dengan kadar Metallothionein (MT) pada tubuh kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang merupakan variabel terikat (Y). Hal ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara kadar logam berat Pb, Cd dan Hg dengan kandungan Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang diambil dari kolam budidaya di IBAT (Instalansi Budidaya Air Tawar) Punten, Kota Batu dan di UPBAT (Unit Pengelolaan Budidaya Air Tawar) Kepanjen, Kabupaten Malang.

Menurut Purba *et al.*, (2014) uji regresi bertujuan untuk mengetahui hubungan pengaruh antara satu variabel terhadap variabel lain. Variabel yang dipengaruhi disebut variabel tergantung atau dependen sedangkan variabel yang mempengaruhi disebut variabel bebas atau variabel independen. Setelah itu, ditentukan kategori tingkat hubungan variabel pada interval korelasi menurut Walpole (1995), adalah sebagai berikut :

0.00 – 0.199 = Sangat Rendah

0.20 – 0.399 = Rendah

0.40 – 0.599 = Cukup

0.60 – 0.799 = Kuat

0.80 – 1.000 = Sangat Kuat

Sedangkan untuk mengetahui perbedaan kandungan Metallothionein terdapat perbedaan atau tidak ada pada kedua lokasi (IBAT Punten Kota Batu dan UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang) menggunakan Uji-t (*test*) *independent* dengan menggunakan aplikasi SPSS 16.0 yang merupakan uji statistik yang sering kali ditemui dalam masalah-masalah praktis statistika. Uji-t termasuk dalam golongan parametrik. Uji statistik ini digunakan dalam pengujian hipotesis Uji-t dalam penelitian ini digunakan untuk membandingkan kandungan metalothionein di IBAT Punten Kota Batu dan UPT PTPB Kepanjen Kabupaten Malang, kemudian dilakukan analisa data dengan membandingkan t-hitung dengan t-tabel 5%.

Perhitungan untuk analisa uji-t dengan menggunakan SPSS 16.0 untuk mengetahui nilai t-hitung. Hasil yang telah diperoleh selanjutnya dianalisa dengan menggunakan t-tabel dengan selang kepercayaan 95% untuk menarik kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian di IBAT Punten

Secara geografis, Instalansi Budidaya Air Tawar (IBAT) Punten berada di desa Sidomulyo, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. Lokasi desa terletak sekitar 1100 meter dari permukaan air laut, dengan suhu udara berkisar antara 19°C-28°C, sedangkan suhu air berkisar antara 17°C-23°C, curah hujan rata-rata 2000 mm per tahun. Pencapaian kearah lokasi relatif mudah, karena IBAT Punten terletak dipinggir jalan raya Malang, Kota Batu dan jarak dari ibu kota kotatif ± 10 km. Peta lokasi IBAT Punten dapat dilihat pada lampiran 2. Adapun batas-batas

IBAT Punten:

- Sebelah Utara : Desa Punten
- Sebelah Selatan : Kota Batu
- Sebelah Barat : Gunung Sari
- Sebelah Timur : Desa Bumiaji

4.1.1 Deskripsi Stasiun Pengamatan

Berdasarkan pertimbangan dan hasil pengamatan di lapang, maka dalam penelitian ini ditentukan 3 stasiun dengan 3 kali pengulangan untuk setiap pengukuran atau pengamatan. Kondisi dasar atau substrat di stasiun ini didominasi oleh lumpur (Gambar6). Stasiun 1 merupakan kolam semi beton dan

digunakan sebagai kolam indukan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan luas kolam 720 m². Kolam semi beton merupakan kolam yang pada bagian dasarnya terbuat dari tanah dan pada pinggirannya berupa beton. Stasiun ini merupakan kolam yang terletak dibagian paling atas dengan sumber air berasal dari parit kecil yang dialirkan ke kolam. Air pada kolam ini berasal dari sumber sungai Brantas sebelum masuk ke area IBAT Punten Kota Batu dan melewati area pemukiman dan pertanian milik warga sekitar.

Stasiun 2 merupakan kolam tradisional yang digunakan sebagai kolam pembenihan. Kolam tradisional merupakan kolam yang seluruh bagiannya terbuat dari tanah (dasar kolam dan pematang masih berupa tanah). Stasiun 2 terletak di bagian tengah. Sumber air di kolam ini berasal dari kolam di atasnya yang dialirkan melalui parit kecil. Sumber air untuk stasiun 2 sama dengan stasiun 1.

Stasiun 3 merupakan kolam semi beton yang digunakan sebagai kolam pembesaran. Kolam semi beton merupakan kolam bagian dasarnya berupa tanah dan bagian pematangnya berupa beton. Stasiun 3 terletak berdekatan dengan kolam pengendapan yang berada di pintu keluar air dan dekat dengan kegiatan pertanian. Sumber air untuk stasiun 3 berasal dari berbagai macam kolam dan parit kecil yang berada di atasnya.



Gambar 6. Lokasi pengamatan (dari kiri: stasiun 1, stasiun 2, stasiun 3)

4.2 Keadaan Umum Lokasi Penelitian di UPT PTPB Kepanjen

Unit Pelaksanaan Teknik Pengembangan Teknologi Perikanan Budidaya (UPT PTPB) Kepanjen terletak di Desa Panggungrejo, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang, Jl. Trunojoyo No. 12. Dimana secara topografis terletak pada $112^{\circ} 34' 30''$ - $122^{\circ} 35' 36''$ BT dan $8^{\circ} 7' 30''$ – $8^{\circ} 11' 35''$ LS, termasuk daratan rendah dengan ketinggian 358 m diatas permukaan laut. Suhu harian rata-rata berkisar 25 - 30°C dengan curah hujan rata-rata 600-1000 mm/tahun. Peta Lokasi UPT PTPB Kepanjen dapat dilihat pada lampiran 2.

Adapun batas-batas UPT PTPB Kepanjen adalah:

- Sebelah Utara : Kelurahan Cempokomulyo
- Sebelah Selatan : Desa Mangunrejo
- Sebelah Barat : Sengguh (Batalyon 5)
- Sebelah Timur : Desa Kedung Parangan

Sepanjang aliran sungai yang berada di sekitar daerah kabupaten Kepanjen dapat menambah debit air yang ada dikolam budidaya ikan tawes. Namun, terdapat permasalahan disepanjang aliran sungai sekitar UPT PTPB Kepanjen, dimana telah tercemar oleh berbagai bahan pencemar baik dari limbah rumah tangga, peternakan skala rumah tangga, pertanian dan buangan limbah industri yang membuang sisa bahan bangunan ke sungai yang pada akhirnya masuk ke perairan kolam dan ikut mempengaruhi kondisi air pada kolam budidaya di UPT PTPB Kepanjen

4.2.1 Deskripsi Stasiun Pengamatan

Berdasarkan pertimbangan dan hasil pengamatan di lapang, maka dalam penelitian ini ditentukan 3 stasiun dengan 3 kali pengulangan untuk setiap kali pengukuran atau pengamatan. Kondisi dasar atau substrat di stasiun ini didominasi oleh lumpur. Stasiun pengamatan semuanya merupakan kolam semi

beton (bagian dasarnya berupa tanah dan pematangnya berupa beton) dengan sumber air berasal dari sungai molek (Gambar 7). Stasiun 1 digunakan sebagai kolam pembenihan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Kolam ini berbentuk persegi panjang dan bagian dasar kolam dibuat miring pada sisi outletnya untuk mempermudah pembuangan air. Stasiun 2 terletak berdekatan dengan budidaya cacing dan bagian belakang kolam ini berbatasan langsung dengan area pertanian. Stasiun 3 terletak di bagian saluran dasar pembuangan air dan tempat berkumpulnya ikan serta sebagai tempat penangkapan ikan dan kolam ini berbatasan langsung dengan area pertanian. Kolam ini berbentuk persegi panjang dan memiliki ukuran 20 m x 40 m dengan kedalaman 1 m. Terdapat sumur bor di UPT PTPB Kepanjen namun sumur bor hanya digunakan ketika debit aliran sungai yang masuk ke dalam kolam tersebut sedikit.

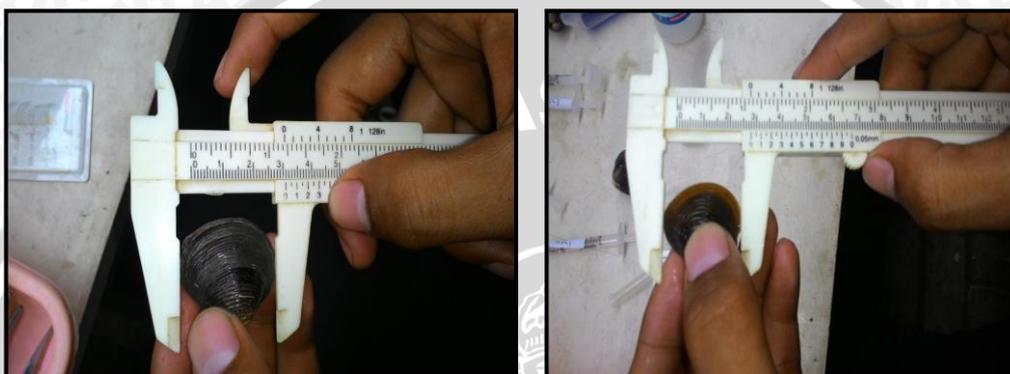


Gambar 7. Lokasi pengamatan (dari kiri: Stasiun 1, Stasiun 2, Stasiun 3)

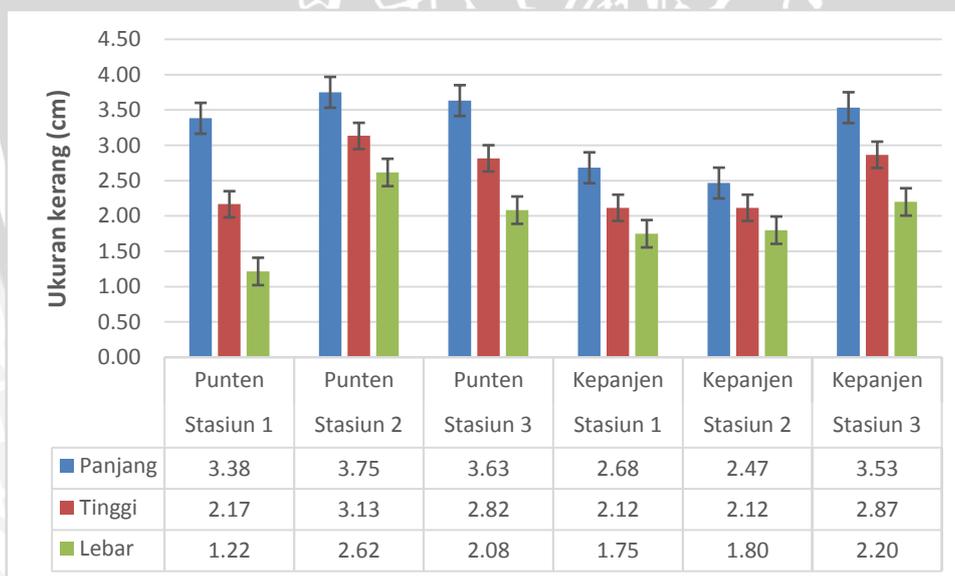
4.3 Sebaran Ukuran Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Sebaran ukuran kerang jawa (*Corbicula javanica*) di perairan kolam IBAT Puntan dan UPT PTPB Kepanjen (diambil di 3 stasiun dari masing-masing lokasi dan dilakukan 3 kali pengulangan) didapatkan hasil yang berbeda-beda pada tiap stasiunnya. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur panjang, lebar dan tinggi dari cangkang kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan menggunakan jangka sorong kemudian dihitung rata-rata ukuran kerang jawa (*Corbicula javanica*) pada masing-masing stasiun (gambar 8). Data tabel sebaran ukuran

kerang jawa (*Corbicula javanica*) dari masing-masing lokasi dapat dilihat pada lampiran 3. Sedangkan grafik hasil rata-rata ukuran sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten dan UPT PTPB Kapanjen dapat dilihat pada gambar 9 dan sebaran ukuran pada lampiran 3.



Gambar 8. Pengukuran sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*)



Gambar 9. Grafik rata-rata ukuran sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten dan di UPT PTPB Kapanjen

Hasil pengamatan sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten dapat diketahui bahwa pada stasiun 1 panjang kerang berkisar 3,00 cm - 3,95 cm dengan rata-rata sebesar 3.38 cm, tinggi kerang berkisar 2,05 cm - 2,30

cm dengan rata-rata 2,17 cm, dan lebar kerang berkisar 1,10 cm -1,40 cm dengan rata-rata 1,22 cm. Pada stasiun 2 panjang kerang berkisar 3,40 cm -4,25 cm dengan rata-rata sebesar 3,75 cm, tinggi kerang berkisar 2,80 cm -3,60 cm dengan rata-rata 3,13 cm, dan lebar kerang berkisar 2,20 cm -3,00 cm dengan rata-rata 2,62 cm. Pada stasiun 3 panjang kerang berkisar 3,30 cm -4,00 cm dengan rata-rata sebesar 3,63 cm, tinggi kerang berkisar 2,45 cm -3,20 cm dengan rata-rata 2,82 cm, dan lebar kerang berkisar 1,85 cm -2,40 cm dengan rata-rata 2,08 cm. Sedangkan untuk ukuran kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen dapat diketahui pada stasiun 1 panjang kerang berkisar 2,45 cm -3,00 cm dengan rata-rata sebesar 2,68 cm, tinggi kerang berkisar 1,95 cm -2,40 cm dengan rata-rata 2,12 cm, dan lebar kerang berkisar 1,45 cm -2,00 cm dengan rata-rata 1,75 cm. Pada stasiun 2 panjang kerang berkisar 2,00 cm -2,80 cm dengan rata-rata sebesar 2,47 cm, tinggi kerang berkisar 1,85 cm -2,45 cm dengan rata-rata 2,12 cm, dan lebar kerang berkisar 1,30 cm -2,25 cm dengan rata-rata 1,80 cm. Pada stasiun 3 panjang kerang berkisar 3,40 cm -3,80 cm dengan rata-rata sebesar 3,53 cm, tinggi kerang berkisar 2,80 cm -3,00 cm dengan rata-rata 2,87 cm, dan lebar kerang berkisar 2,00 cm -2,60 cm dengan rata-rata 2,20 cm.

Ukuran kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang diperoleh pada tiap-tiap stasiun penelitian sangat beragam. Pada dasarnya ukuran kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang berbeda menunjukkan usia dari kerang tersebut. Hal ini berarti lokasi di IBAT Punten pada stasiun 2 dan lokasi di UPT PTPB Kepanjen pada stasiun 3 menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut kerang lebih lama hidup atau berada pada daerah tersebut. Ramon dan Richardson (1992), menyatakan bahwa ukuran kerang sekaligus mempresentasikan usia dari kerang, yang biasanya dapat dilihat melalui ukuran cangkang sekaligus jumlah *bend* yang terdapat pada cangkang kerang tersebut. Diduga kerang yang

semakin dewasa maka akan semakin baik kemampuannya dalam mengeliminasi logam berat dan semakin besar ukuran kerang maka kadar Metallothionein dan kandungan logam berat yang masuk pada tubuh kerang akan tinggi pula.

4.4 Analisis Logam Berat

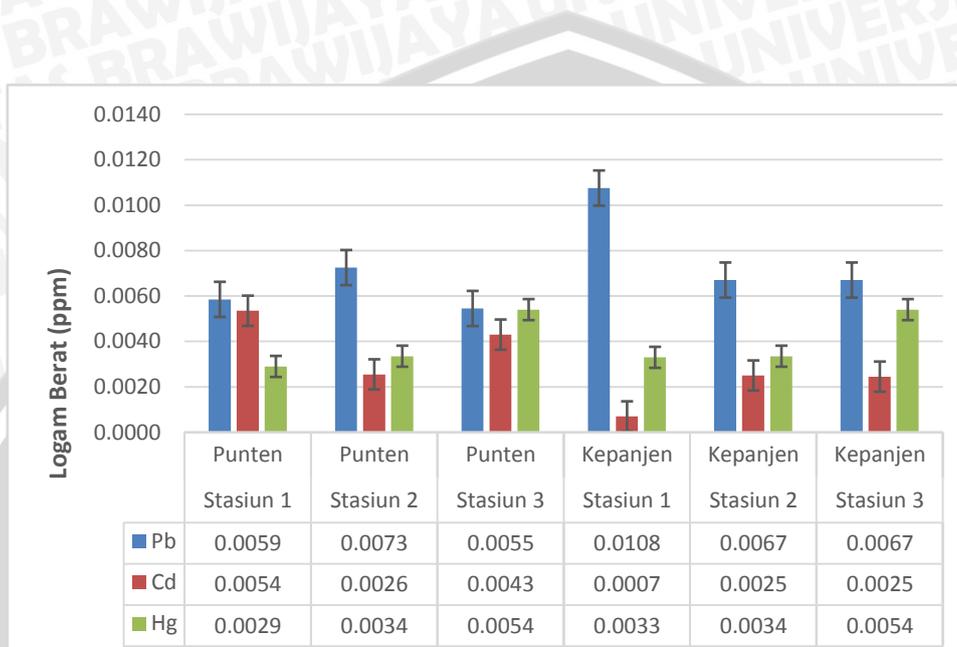
Pengukuran kadar logam berat Pb, Cd, Hg pada sampel lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dan di air yang diambil dari 2 lokasi dengan masing-masing lokasi diambil 3 stasiun dengan karakteristik aktivitas manusia dan sumber air yang berbeda. Analisis kandungan logam berat Pb, Cd, Hg air dan lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

4.4.1 Kadar Logam Berat di Air

Pengambilan sampel logam berat pada air yang dilakukan di IBAT Punten dilakukan di 3 stasiun. Stasiun 1 merupakan kolam semi beton (pematangnya terbuat dari beton dan dasarnya dari tanah) terletak dibagian atas dan substratnya didominasi oleh lumpur. Stasiun 2 merupakan kolam tradisional (pematang dan dasarnya dari tanah) terletak dibagian tengah, dan stasiun 3 yang merupakan kolam semi beton yang terletak dibagian bawah. Sedangkan pengambilan sampel logam berat pada air yang dilakukan di UPT PTPB Kepanjen dilakukan di 3 stasiun. Stasiun pengamatan di UPT PTPB Kepanjen semuanya merupakan kolam semi beton (bagian dasarnya berupa tanah dan pematangnya berupa beton) dengan sumber air berasal dari sungai molek.

Kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg di air dari kedua lokasi menunjukkan hasil yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan adanya perbedaan karakteristik maupun sumber bahan pencemar dari kedua lokasi pengamatan. Grafik Hasil

analisa logam berat di air pada kedua lokasi dapat dilihat pada gambar10 dan Hasil pengukuran logam berat di air dapat dilihat pada lampiran 4.



Gambar 10. Grafik kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg di air

Berdasarkan data grafik dapat diketahui bahwa kadar logam berat yang didapat di IBAT Punten pada stasiun 1 diperoleh kadar Pb di air sebesar 0,0059ppm, kadar Cd di air sebesar 0,0054 ppm, dan kadar Hg di air sebesar 0,0029 ppm. Stasiun 2 diperoleh kadar Pb di air sebesar 0,0073ppm, kadar Cd di air sebesar 0.0026 ppm dan kadar Hg di air sebesar 0,0034 ppm. Pada stasiun 3 diperoleh kadar Pb di air sebesar 0,0055ppm, kadar Cd di air sebesar 0,0043 ppm, dan kadar Hg di air sebesar 0,0054 ppm. Sedangkan logam berat yang didapatkan di UPT PTPB Kapanjen pada stasiun 1 diperoleh kadar Pb di air sebesar 0,0108ppm, kadar Cd di air 0,0007 ppm, dan kadar Hg di air sebesar 0,0033 ppm. Pada stasiun 2 diperoleh kadar Pb di air sebesar 0,0067 ppm, kadar Cd di air sebesar 0,0025 ppm, kadar Hg di air sebesar 0,0034 ppm dan pada

stasiun 3 diperoleh kadar Pb di air sebesar 0,0067 ppm, kadar Cd di air sebesar 0,0025 ppm, dan kadar Hg di air 0,0054 ppm.

Hasil penelitian pengukuran kadar logam berat timbal (Pb) pada perairan di IBAT punten dapat diketahui nilai Pb tertinggi terletak pada stasiun 2 sebesar 0,0073ppm dan kadar logam berat Pb terendah pada stasiun 3 sebesar 0,0055 ppm. Sedangkan kadar logam berat Pb tertinggi pada perairan di UPT PTPB yakni stasiun 1sebesar 0,0108 ppm dan untuk hasil kadar logam berat Pb stasiun 2 dan stasiun 3 nilainya sama sebesar 0,0067 ppm.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan kadar logam berat Pb pada perairan di IBAT Punten berkisar 0,0055-0,0073 ppm, sedangkan kadar logam berat Pb pada perairan di UPT PTPB Kepanjen berkisar 0,0067-0,0108 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kadar logam berat yang diperoleh pada kedua lokasi masih baik digunakan untuk kehidupan organisme dan juga masih merupakan nilai dibawah ambang batas sebagaimana yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,03 ppm.

Kadar logam berat cadmium (Cd) di perairan yang dilakukan di IBAT punten dapat diketahui bahwa nilai Cd tertinggi terletak pada stasiun 1 sebesar 0,0054 ppm dan kadar logam berat Cd terendah pada stasiun 2 sebesar 0,0026 ppm. Sedangkan kadar logam berat Cd yang dilakukan pada perairan di UPT PTPB didapatkan nilai tertinggi yakni pada stasiun 3 sebesar 0,0067 dan kadar logam berat terendah pada stasiun 1 sebesar 0,0007 ppm.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan kadar logam berat Cd pada perairan di IBAT Punten berkisar 0,0026-0,0054 ppm, sedangkan kadar logam berat pada perairan di UPT PTPB Kepanjen berkisar 0,0007-0,0025 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kadar logam berat yang diperoleh pada kedua lokasi masih dapat di tolerir oleh lingkungan, dan tidak berdampak buruk terhadap

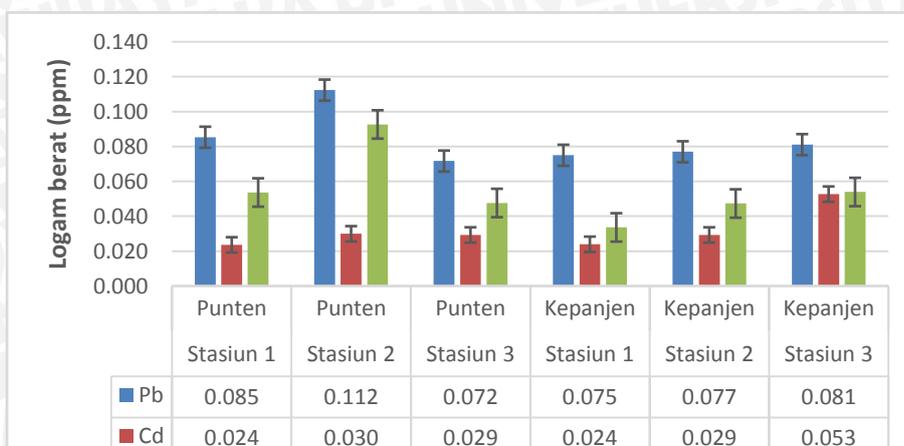
organisme air. Hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, bahwa logam berat Cdmaksimal sebesar 0,01 ppm.

Kadar logam berat merkuri (Hg) di perairan yang dilakukan di IBAT punten dapat diketahui bahwa nilai Hg tertinggi terletak pada stasiun 3 sebesar 0,0054 ppm dan kadar logam berat Hg terendah pada stasiun 1 sebesar 0,0029 ppm. Sedangkan kadar logam berat yang dilakukan pada perairan di UPT PTPB didapatkan nilai tertinggi yakni pada stasiun 3 sebesar 0,0054 dan kadar logam berat terendah pada stasiun 1 sebesar 0,0033 ppm.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan kadar logam berat Hg pada perairan di IBAT Punkten berkisar 0,0029-0,0054 ppm, sedangkan kadar logam berat pada perairan di UPT PTPB Kepanjen berkisar 0,0033-0,0054 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kadar logam berat Hg sudah berada di atas batas normal sesuai Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 lingkungan, bahwa nilai logam berat Hg maksimal 0,002 ppm.

4.4.2 Kadar Logam Berat di Lambung Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Menurut Yusma dan Murtini (2005), Bivalvia merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat, karena sifatnya yang *filter feeder*, sehingga biota ini sering digunakan sebagai hewan uji dalam pemantauan tingkat akumulasi logam berat pada organisme perairan. Kadar logam berat Pb, Cd dan Hg yang terkandung dalam lambung kerang pada kedua lokasi menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Grafik hasil pengukuran logam berat di lambung pada kedua lokasi dapat dilihat pada gambar 11 dan data hasil pengukuran logam berat di lambung dapat dilihat pada lampiran 5.



Gambar 11. Grafik kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg di lambungkerang jawa (*Corbicula javanica*)

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa rata-rata kadar logam berat yang terakumulasi dalam lambung kerang di IBAT Punten stasiun 1 diperoleh kadar Pb sebesar 0,085 ppm, pada stasiun 2 diperoleh kadar Pb sebesar 0,122ppm, dan pada stasiun 3 diperoleh kadar Pb sebesar 0,072ppm. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kadar Pb yang terakumulasi dalam lambung kerang pada stasiun 2 lebih besar bila dibandingkan dengan stasiun lainnya. Sedangkan logam berat yang terakumulasi dalam lambung kerang yang didapatkan di UPT PTPB Kepanjen pada stasiun 1 diperoleh kadar Pb sebesar 0,075ppm, pada stasiun 2 diperoleh kadar Pb sebesar 0,077ppm, dan pada stasiun 3 diperoleh kadar Pb sebesar 0,081ppm.

Hasil penelitian pengukuran rata-rata logam berat (timbang) Pb pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang dilakukan di IBAT Punten dapat diketahui bahwa nilai Pb rata-rata tertinggi terletak pada stasiun 2 sebesar 0,122 ppm dan kadar logam berat Pb terendah pada stasiun 3 sebesar 0,072 ppm. Secara keseluruhan rata-rata kadar logam berat Pb yang terkandung dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten pada tiga stasiun berkisar 0,072-0,122 ppm. Sedangkan rata-rata kadar logam berat Pb yang terakumulasi dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang dilakukan di UPT PTPB Kepanjen didapatkan bahwa nilai Pb rata-rata yang terakumulasi dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) tertinggi terletak pada stasiun 3

sebesar 0,081 ppm dan kadar logam berat Pb terendah pada stasiun 1 sebesar 0,075 ppm. Rata-rata kadar logam berat Pb yang terkandung dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen berkisar 0,075-0,081 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kadar logam berat Pb yang terkandung dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) masih di bawah ambang batas yang telah ditetapkan. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) Tahun 2009, batas maksimum Pb yang boleh terkandung dalam pangan dari jenis kekerangan (*Bivalvia*) adalah 1,5 ppm.

Menurut Kristianingrum (2009), logam berat Pb dalam air kebanyakan berbentuk ion dan logam tersebut diserap oleh kerang secara langsung melalui air atau melalui makanan yang melewati membran insang. Selain itu juga dapat melalui kulit dan lapisan mukosa yang selanjutnya diangkut oleh darah dan dapat tertimbun dalam jantung dan ginjal kerang. Akumulasi ini tergantung pada jenis logam berat, jenis biota, lama pemaparan serta kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan salinitas. Suryono (2006) menyatakan bahwa masuknya Pb dalam kerang dapat melalui rantai makanan dengan perantara plankton (*Diatom*) atau secara langsung dengan jaringan insang pada saat menyaring makanan.

Masuknya logam Pb ke dalam perairan melalui proses pengendapan yang berasal dari aktivitas di lingkungan sekitar seperti industri, rumah tangga dan erosi, jatuhnya partikel-partikel dari sisa proses pembakaran yang mengandung tetraetil Pb dan buangan sisa industri baterai (Palar, 1994).

Rata-rata kadar logam berat cadmium (Cd) yang terakumulasi dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten dapat diketahui bahwa nilai Cd rata-rata tertinggi terletak pada stasiun 2 sebesar 0,030 ppm, dan kadar logam berat Cd terendah pada stasiun 1 sebesar 0,024 ppm. Secara keseluruhan rata-rata kadar logam berat Cd yang terkandung dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten pada tiga stasiun berkisar 0,024-

0,030 ppm. Sedangkan rata-rata kadar logam berat Cd yang terakumulasi dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang dilakukan di UPT PTPB Kepanjen didapatkan bahwa nilai Cd rata-rata yang terakumulasi dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) tertinggi terletak pada stasiun 3 sebesar 0,053 ppm dan kadar logam berat Cd terendah pada stasiun 1 sebesar 0,024 ppm. Rata-rata kadar logam berat Cd yang terkandung dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen berkisar 0,024-0,053 ppm. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kadar logam berat Cd yang terkandung dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) masih di bawah ambang batas dan masih dapat ditoleransi oleh lingkungan perairan yang telah ditetapkan. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) Tahun 2009, batas maksimum Cd yang boleh terkandung dalam pangan dari jenis kekerangan (Bivalvia) adalah 1,0 ppm.

Logam berat Cd yang terakumulasi pada kerang jawa (*Corbicula javanica*) akan terserap dalam jaringan organ seperti insang, lambung, ginjal, hati dan alat-alat reproduksi melalui makanan yang dimakan oleh tiram (Dewi, 2012). Palar (2012) mengatakan bahwa daya racun yang dibawa oleh logam kadmium dalam tubuh akan dapat dikurangi karena di dalam tubuh logam ini membentuk senyawa kompleks khelat dengan Metallothionein yang sudah dimiliki oleh tubuh.

Rata-rata kadar logam berat merkuri (Hg) yang terakumulasi dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten dapat diketahui bahwa nilai Hg rata-rata tertinggi terletak pada stasiun 2 sebesar 0,093 ppm, dan kadar logam berat Hg terendah pada stasiun 3 sebesar 0,048 ppm. Secara keseluruhan rata-rata kadar logam berat Hg yang terkandung dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten pada tiga stasiun berkisar 0,048-0,093 ppm. Sedangkan rata-rata kadar logam berat Hg yang terakumulasi dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang dilakukan di UPT PTPB Kepanjen didapatkan bahwa nilai Hg rata-rata yang terakumulasi dalam lambung

kerang jawa (*Corbicula javanica*) tertinggi terletak pada stasiun 3 sebesar 0,054 ppm dan kadar logam berat Hg terendah pada stasiun 1 sebesar 0,034 ppm. Rata-rata kadar logam berat Hg yang terkandung dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen berkisar 0,034-0,054 ppm. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kadar logam berat Hg yang terkandung dalam lambung masih di bawah ambang batas yang telah ditetapkan. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) Tahun 2009, batas maksimum Hg yang boleh terkandung dalam pangan dari jenis kekerangan (Bivalvia) adalah 1,0 ppm.

Logam berat Hg yang masuk kedalam perairan melibatkan adanya reaksi reduksi dan oksidasi yakni dengan melepaskan elektron. Hal tersebut sesuai dengan Suseno dan Sahat (2007), yang menyatakan bahwa pada air permukaan merkuri tidak terdapat dalam bentuk ion bebas Hg^{2+} melainkan campuran senyawaan hidroksi dan kompleks kloro merkuri dan proporsi tergantung dari pH dan ion klorida. Suatu logam berat Hg di lingkungan perairan bergantung dari kondisi reduksi oksidasi dan kandungan bahan organik terlarut. Pada pH rendah HgCl_2 dan $\text{CH}_3\text{Hg}^{2+}$, sedangkan pada pH alkalis merkuri dominan dalam bentuk Hg^0 dan $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$. Merkuri dominan dalam bentuk HgCl_4 dan HgOH pada air yang bersifat oksidatif, sedangkan dalam kondisi reduktif dominan dalam bentuk CH_3HgS^- dan HgS^{2-} , sedangkan dalam kondisi yang bervariasi merkuri sering terdapat dalam bentuk CH_3HgCl dan $\text{CH}_3\text{Hg}^{2+}$ bergantung dari kondisi reduksi oksidasi dan kandungan bahan organik terlarut.

Akumulasi kadar logam berat pada kedua lokasi menunjukkan nilai yang berbeda-beda, hal ini terjadi karena pengaruh dari lingkungan yang berbeda pula. Perbedaan tinggi rendahnya akumulasi logam berat dipengaruhi beberapa faktor yakni kondisi fisiologis kerang, umur, ukuran, serta kualitas air dan jumlah logam berat yang terdapat dalam perairan. Hal ini sesuai dengan pendapat

Wulandari *et al.*, (2012), menyatakan bahwa faktor akumulasi pada setiap jenis biota laut relatif berbeda, hal ini disebabkan oleh perbedaan sifat-sifat biologis seperti jenis, umur dan fisiologis masing-masing jenis biota, selain itu disebabkan juga oleh perbedaan sifat fisik dan kimia serta berbagai aktivitas dari masing-masing lokasi.

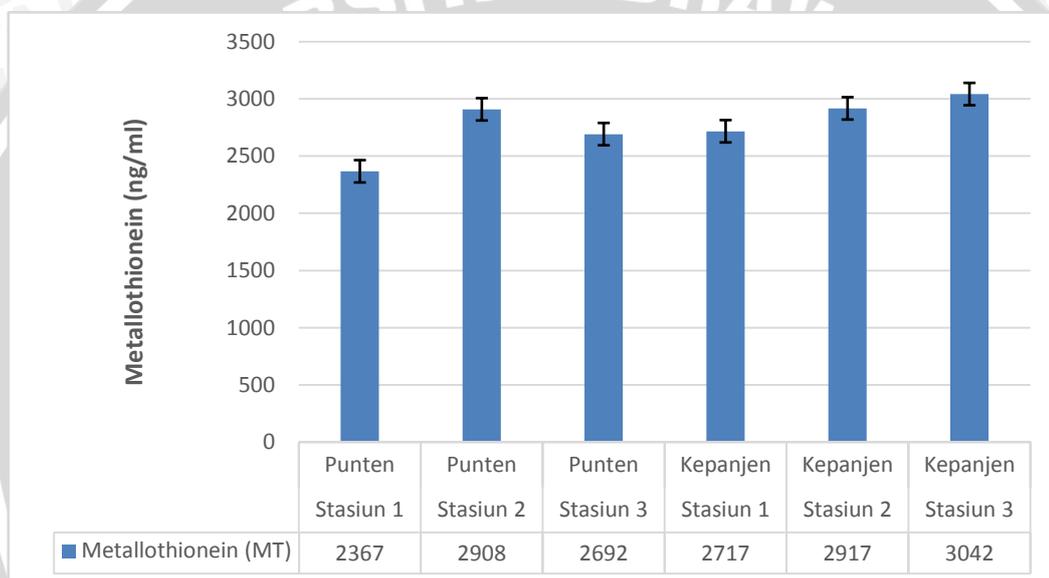
Tingginya akumulasi logam berat dalam kerang berhubungan erat dengan sifat hidupnya sebagai biota yang mengambil makanan dengan cara menyaring air (*filter feeder*). Hal ini sesuai dengan pendapat Hutagalung (1991) yang menyatakan bahwa kandungan logam berat dalam tubuh organisme perairan biasanya lebih tinggi daripada kandungan logam berat pada perairannya itu sendiri, karena logam berat tersebut akan terakumulasi di dalam tubuh. Febryanto *et al.*, (2011) menambahkan bahwa semakin tinggi kandungan logam berat dalam perairan akan menyebabkan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh kerang tersebut.

Menurut Darmono (1995), logam berat Pb, Cd dan Hg selain sangat berbahaya karena sifat biomagnifikasinya yang berarti dapat terakumulasi dan tinggal dalam jaringan tubuh organisme dalam jangka waktu yang lama, juga dapat menyebabkan keracunan yang biasanya terikat oleh protein sebagai Metallothionein. Oleh karena itu konsentrasi logam berat akan terus meningkat sesuai dengan tingkat rantai makanan dalam suatu ekosistem perairan.

4.5 Kadar Metallothionein pada Lambung Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Kadar Metallothionein (MT) pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Puntan dan UPT PTPB didapat dari hasil pengukuran menggunakan metode ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*). Kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) diperoleh hasil yang berbeda pada tiap stasiun di kedua lokasi tersebut. Nilai rata-rata kadar

Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dapat dilihat pada gambar 12 dan data kadar Metallothionein pada kerang jawa (*Corbicula javanica*) dapat dilihat pada lampiran 6.



Gambar 12. Grafik rata-rata kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui rata-rata kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten pada stasiun 1 rata-rata sebesar 2367 ng/ml, pada stasiun 2 rata-rata sebesar 2908 ng/ml, dan pada stasiun 3 rata-rata sebesar 2692 ng/ml. Kadar Metallothionein (MT) yang tertinggi yakni pada stasiun 2, kemudian disusul stasiun 3 dan terendah pada stasiun 1. Sedangkan nilai rata-rata kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen pada stasiun 1 rata-rata sebesar 2717 ng/ml, pada stasiun 2 rata-rata sebesar 2917 ng/ml, dan pada

stasiun 3 rata-rata sebesar 3042 ng/ml. Kadar Metallothionein (MT) yang tertinggi yakni pada stasiun 3, kemudian disusul stasiun 2 dan terendah pada stasiun 1.

Berdasarkan hasil rata-rata kadar metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang dilakukan di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen didapatkan nilai tertinggi pada IBAT Punten terletak pada stasiun 2 sebesar 3750 ng/ml, sedangkan nilai yang didapatkan di UPT PTPB Kepanjen nilai tertinggi terletak pada stasiun 3 sebesar 2783 ng/ml. Tingginya kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di kedua lokasi ini disebabkan pada stasiun tersebut mengandung logam berat yang paling tinggi bila dibandingkan dengan kedua stasiun lainnya, sehingga menyebabkan banyak logam berat yang terakumulasi dalam lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang mempengaruhi tingginya kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di stasiun 2 untuk di IBAT Punten dan stasiun 3 untuk di UPT PTPB Kepanjen. Hal ini sesuai dengan pendapat Roesijadi (1994) yang menyatakan bahwa Metallothionein merupakan protein dengan berat molekul rendah yang kehadirannya dipengaruhi oleh induksi logam dan berperan dalam metabolisme serta detoksifikasi logam.

Menurut Santosa (2003), Metallothionein merupakan sistem utama yang dimiliki oleh tubuh organisme dalam mendetoksifikasi logam berat seperti Hg, Pb dan logam berat lainnya. Ringwood *et al.*, (2004), menyatakan bahwa terdapat hubungan positif antara Metallothionein dengan polutan logam berat. Kontaminan logam berat dapat mengakibatkan kerusakan sistemik suatu organisme dan mengakibatkan meningkatnya produksi Metallothionein. Dengan kata lain, biomarker Metallothionein akan muncul pada perairan yang terkontaminasi logam berat seperti Pb, Cd dan Hg.

Menurut Rumahlatu, *et al.*,(2012), protein Metallothionein (MT) yang berperan sebagai protein pengikat logam dapat digunakan sebagai indikator

pencemaran, karena keberadaan Metallothionein pada kerang jawa (*Corbicula javanica*) berfungsi sebagai pengikat logam berat yang terakumulasi dalam tubuh. Keberadaan logam berat yang berasal dari aktivitas manusia dapat masuk dan terakumulasi dalam kerang jawa (*Corbicula javanica*)serta meningkatkan kadar Metallothionein dalam tubuh (Mifbakhuddin, *et al.*, 2010). Simkiss dan Mason (1983) dalam Suryono (2006), menambahkan bahwa Bivalvia mempunyai kemampuan untuk mendetoksifikasi logam berat dengan mensintesis Metallothionein. Sepanjang akumulasi logam berat tersebut bersesuaian dengan sintesis Metallothionein maka kerang dapat terus bertahan hidup. Ketika akumulasi logam berat dalam tubuh kerang meningkat sintesis Metallothionein mungkin akan mencapai tingkat maksimum.

Menurut Suaniti (2007), sedikit banyaknya ion logam yang masuk ke dalam jaringan tubuh akan bersenyawa dengan bahan kimia di dalam jaringan makhluk hidup yang membentuk senyawa kompleks organik protein yang disebut Metallothionein. Sebagaimana yang telah kita ketahui bahwa kehadiran Metallothionein dipengaruhi oleh keberadaan logam berat baik yang berasal dari alam maupun dari limbah hasil aktivitas manusia yang masuk kedalam perairan dan selanjutnya kedalam tubuh biota perairan. Selain itu, kondisi biologis dari kerang juga mempengaruhi kadar Metallothionein tersebut.

Berdasarkan hasil analisis kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) yang dilakukan di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen menggunakan uji analisis uji T *Independent-Test* pada aplikasi SPSS 16.0 yang fungsinya adalah untuk membandingkan antara Metallothionein yang ada di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen dapat disimpulkan bahwa Metallothionein antara di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen yaitu tidak berbeda nyata. Hasil uji t menunjukkan nilai t hitung lebih kecil daripada t tabel ($-0.674 < 1.745$).

4.6 Hubungan Kadar Metallothionein pada Lambung Kerang Jawa (*Corbicula javanica*) dengan Kadar Logam Berat (Pb, Cd, Hg) pada Lambung Kerang Jawa (*Corbicula javanica*)

Bioakumulasi dalam suatu organisme perairan merupakan langkah pertama sebelum organisme tersebut menunjukkan responnya terhadap pencemar atau kontaminan dalam siklus geokimia. Proses bioakumulasi logam berat secara kimiawi merupakan reaksi pembentukan senyawa kompleks antara logam berat dengan sel-sel organisme yang berfungsi sebagai ligan (Suseno dan Panggabean, 2007). Bioakumulasi logam berat pada kerang mungkin dipengaruhi oleh faktor lingkungan, usia, dan tingkat makan (Phillips, 1990 dalam Leung dan Furness, 1999).

Hubungan antara kadar Metallothionein dengan logam berat dapat diketahui dengan menggunakan analisis regresi. Menurut Sungkawa (2013), analisis regresi dikenal dua jenis peubah, yaitu peubah yang bersifat bebas (*independen*) yang dinotasikan sebagai X serta peubah yang bersifat tidak bebas (*dependen*) yang dinotasikan sebagai Y.

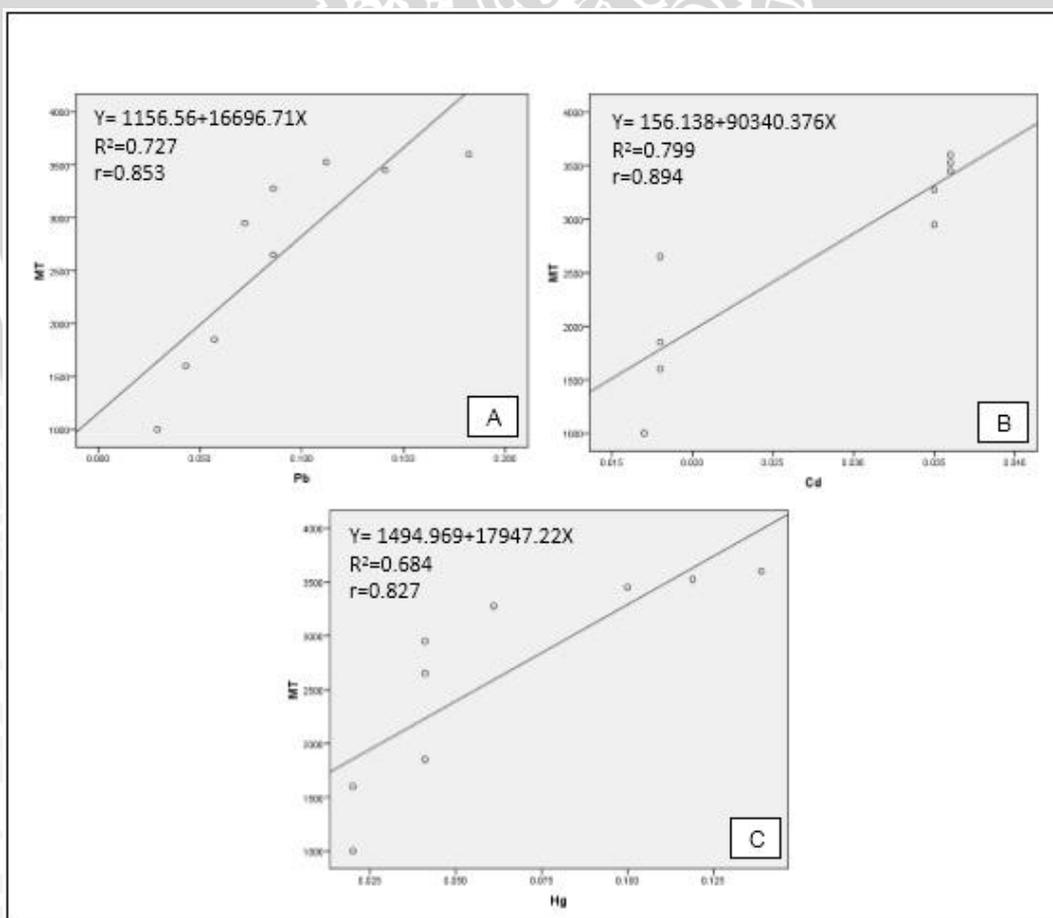
Hasil analisis regresi linier sederhana menunjukkan besarnya kandungan logam berat yang terpapar pada lambung kerang mempengaruhi besarnya kandungan Metallothionein yang ada pada lambung kerang. Umumnya kadar Metallothionein pada kerang akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar logam berat yang masuk pada tubuh kerang tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan analisa regresi untuk mengetahui hubungan antara logam berat (Pb, Cd dan Hg) sebagai variabel bebas/*independen* (X) dengan kadar Metallothionein sebagai variabel terikat/*dependen* (Y). Menurut Amiard *et al.*, (2006), analisis regresi dapat digunakan untuk menunjukkan parameter yang paling mempengaruhi konsentrasi Metallothionein diantara faktor alami (salinitas, jenis kelamin, musim, total konsentrasi protein) maupun dari faktor kontaminan.

Berdasarkan hasil analisis regresi, maka diperoleh hasil penelitian pada gambar 13 dan 14 serta pada lampiran 9.

Berdasarkan hasil analisis regresi yang ditunjukkan pada gambar 13 (A), dapat diketahui bahwa kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,727 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,853, serta hubungan fungsional sebesar 72,7 % dan dipengaruhi oleh faktor lain sebesar 27,3 %. Berdasarkan nilai koefisien korelasi (r) maka dapat diketahui secara statistik bahwa tingkat hubungan tersebut tergolong sangat kuat. Hal ini sesuai dengan pendapat Sarwono (2006) yang menyatakan bahwa tingkat korelasi sangat kuat berada pada interval 0,75-0,99. Hasil analisis regresi tersebut sekaligus dapat menunjukkan bahwa kadar Pb dapat mempengaruhi kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebesar 72,7 %.

Hasil analisis regresi Metallothionein dan logam berat Cd (gambar 13 B) menunjukkan nilai koefisien determinasi pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dinyatakan dengan R^2 sebesar 0,799, dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,894, hal ini menunjukkan bahwa hubungan fungsional Metallothionein dan logam berat Cd pada kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebesar 79,9 % dengan pengaruh lain sebesar 21,1 %. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r), maka dapat dikatakan bahwa secara statistik tingkat hubungan Metallothionein dan kadar logam berat Cd pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) tergolong sangat kuat. Menurut Sarwono (2006), bahwa tingkat korelasi tergolong sangat kuat apabila termasuk dalam interval nilai 0,75–0,99. Hasil analisis regresi sekaligus menunjukkan bahwa Metallothionein dipengaruhi oleh kadar logam berat Cd sebesar 79,9 %.

Hasil analisis regresi Metallothionein dan logam berat Hg (gambar 13 C) menunjukkan nilai koefisien determinasi pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dinyatakan dengan R^2 sebesar 0,684, dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,827, hal ini menunjukkan bahwa hubungan fungsional Metallothionein dan logam berat Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebesar 68,4 % dengan pengaruh lain sebesar 32,6 %. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r), maka dapat dikatakan bahwa secara statistik tingkat hubungan intensitas Metallothionein dan kadar logam berat Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) tergolong sangat kuat. Menurut Sarwono (2006), bahwa tingkat korelasi tergolong sangat kuat apabila termasuk dalam interval nilai 0,75–0,99. Hasil analisis regresi sekaligus menunjukkan bahwa Metallothionein dipengaruhi logam berat Hg sebesar 68,4 %.



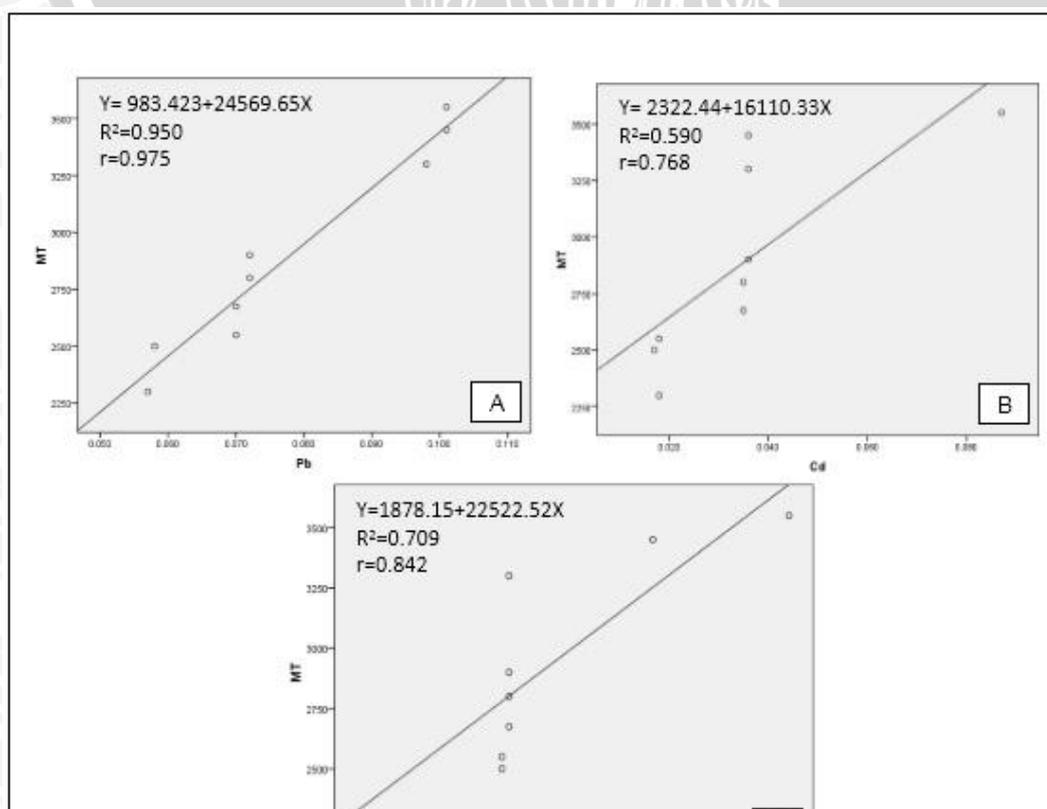
Gambar 13. Grafik hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb (A), Cd (B) dan Hg (C) pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten

Berdasarkan hasil analisis regresi yang ditunjukkan pada gambar 14 (A), dapat diketahui bahwa kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,950 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,975, serta hubungan fungsional sebesar 95 %. Berdasarkan nilai koefisien korelasi (r) maka dapat diketahui secara statistik bahwa tingkat hubungan tersebut tergolong sangat kuat. Hal ini sesuai dengan pendapat Sarwono (2006) yang menyatakan bahwa tingkat korelasi sangat kuat berada pada interval 0,75-0,99. Hasil analisis regresi tersebut sekaligus dapat menunjukkan bahwa kadar Pb dapat mempengaruhi kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebesar 95 % dan dipengaruhi oleh faktor lain sebesar 5 %.

Hasil analisis regresi Metallothionein dan logam berat Cd (gambar 14 B) menunjukkan nilai koefisien determinasi pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dinyatakan dengan R^2 sebesar 0,590, dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,768, hal ini menunjukkan bahwa hubungan fungsional Metallothionein dan logam berat Cd pada kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebesar 59 % dengan pengaruh lain sebesar 41 %. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r), maka dapat dikatakan bahwa secara statistik tingkat hubungan Metallothionein dan kadar logam berat Cd pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) tergolong sangat kuat. Menurut Sarwono (2006), bahwa tingkat korelasi tergolong sangat kuat apabila termasuk dalam interval nilai 0,75–0,99. Hasil analisis regresi sekaligus menunjukkan bahwa Metallothionein dipengaruhi oleh kadar logam berat Cd sebesar 59 %.

Hasil analisis regresi Metallothionein dan logam berat Hg (gambar 14 C) menunjukkan nilai koefisien determinasi pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dinyatakan dengan R^2 sebesar 0,709, dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,842, hal ini menunjukkan bahwa hubungan fungsional Metallothionein dan logam berat Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) sebesar 70,9 % dengan pengaruh lain sebesar 30,1 %. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r), maka dapat dikatakan bahwa secara statistik tingkat hubungan intensitas Metallothionein dan kadar logam berat Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) tergolong sangat kuat. Menurut Sarwono (2006), bahwa tingkat korelasi tergolong sangat kuat apabila termasuk dalam interval nilai 0,75–0,99. Hasil analisis regresi sekaligus menunjukkan bahwa Metallothionein dipengaruhi logam berat Hg sebesar 70,9 %.

Metallothionein merupakan sistem utama yang dimiliki oleh tubuh dalam mendetoksifikasi logam berat. Setiap logam berat memiliki afinitas yang berbeda terhadap Metallothionein. Apabila Metallothionein berfungsi dengan baik dan/atau jumlah logam berat yang masuk tubuh tidak melebihi kemampuan Metallothionein untuk mengikat logam berat tersebut, maka seharusnya tidak akan menimbulkan gangguan akibat keracunan logam berat (Santosa, 2003).



Gambar 14. Grafik hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb (A), Cd (B) dan Hg (C) pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen

4.7 Analisis Kualitas Air

Pada penelitian ini parameter kualitas air yang diamati dan dilakukan pengukuran di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen yakni suhu, pH dan oksigen terlarut (*DO/Dissolved oxygen*) yang secara langsung mendukung kehidupan kerang jawa (*Corbicula javanica*) dan mempengaruhi terhadap pencemaran logam berat di perairan. Data hasil pengukuran parameter kualitas

Parameter	Hasil Pengukuran	Standart Baku Mutu
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	26-29	27-31 (Effendi, 2003)
pH	7-8	7-8.5 (Effendi, 2003)
DO (ppm)	5-8.5	≥ 3 (Effendi, 2003)

air di kedua lokasi dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kisaran nilai hasil pengukuran kualitas air di IBAT Punten dan di UPT PTPB Kepanjen

4.7.1 Suhu

Berdasarkan hasil pengamatan kualitas air, suhu perairan di IBAT Punten dan UPT PTPB berkisar antara 26-29 $^{\circ}\text{C}$. Dari nilai tersebut menunjukkan bahwa suhu pada IBAT Punten maupun UPT PTPB Kepanjen masih belum dikatakan

baik namun masih bisa ditoleransi dengan organisme perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Effendi (2003), bahwa suhu yang baik untuk kolam budidaya secara umum yaitu berkisar antara 27-31 °C. Suhu air mempunyai peranan yang penting dalam menentukan pertumbuhan dan kehidupan organisme perairan yang dipelihara. Suhu juga sangat berpengaruh pada proses metabolisme. Jika suhu lebih dari angka optimum maka metabolisme dalam tubuh organisme perairan akan berlangsung cepat. Imbasnya kebutuhan oksigen terlarut meningkat, sedangkan bila suhu kurang dari angka optimum nafsu makan organisme akan berkurang. Effendi (2003), suhu perairan yang optimal adalah 27-31 °C. Pada suhu perairan dibawah 25 °C dapat menurunkan kecepatan metabolisme organisme, sedangkan bila suhu perairan diatas 35 °C dapat menyebabkan kematian terhadap organisme.

Suryanto *et al.* (2002), menyatakan bahwa kisaran suhu yang optimum untuk mendukung kelangsungan hidup Bivalvia berkisar antara 28-32 °C. hal ini juga diperkuat oleh pendapat Asriyanti (2012), menyatakan suhu yang baik untuk kelangsungan hidup Bivalvia berkisar 25-30 °C.

Keberadaan logam di badan perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan di antaranya adalah suhu, pH, dan salinitas. Menurut Darmono, (1995) dalam Widodo, (2005) menyatakan bahwa absorpsi logam berat oleh kerang paling efisien terjadi pada temperatur 30°C daripada 20°C pada logam Hg dan Cd, sedangkan logam Pb hanya sedikit naik. Temperatur berpengaruh terhadap kelarutan merkuri di perairan. Naiknya suhu disuatu perairan akan menyebabkan penurunan konsentrasi Hg, karena senyawa Dimetil-Hg sangat mudah menguap ke udara dengan adanya proses fisika di udara seperti cahaya (pada reaksi fotolisa) sehingga akan terurai menjadi senyawa-senyawa metana, etana dan logam HgO (Palar, 1994).

4.7.2 Derajat Keasaman (pH/Potensial Hydrogen)

Berdasarkan hasil pengamatan kualitas air, pH di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen berkisar antara 7-8. Dari data hasil pengukuran pH dapat diketahuibahwa perairan yang berada di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen masih dalam keadaan optimal dan masih baik untuk pertumbuhan organisme perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rasyid *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa nilai pH yang berkisar 5-8.7 mendukung kelangsungan hidup suatu organisme perairan. Suwondo *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa kisaran pH air yang mendukung kehidupan Bivalvia berkisar antara 6-9. Palar (2012), menjelaskan kondisi perairan relatif normal ditinjau dari pH yang berkisar antara 6–9. Nilai pH yang rendah akan menyebabkan logam lebih mudah terlarut.

Menurut Sitorus (2011), pH air dan pH sedimen juga mempengaruhi akumulasi logam berat dalam tubuh hewan air, karena semakin rendah pH air dan pH sedimen, maka logam berat semakin larut dalam air (bentuk ion) sehingga semakin mudah masuk ke dalam tubuh hewan air, baik melalui insang, bahan makanan, ataupun melalui difusi.

4.7.3 Oksigen Terlarut (DO/Dissolved Oxygen)

DO merupakan nilai dari kandungan oksigen terlarut dalam air. Oksigen yang diperlukan biota air untuk pernafasannya harus terlarut dalam air. Oksigen juga merupakan faktor pembatas, apabila ketersediaannya didalam air tidak mencukupi kebutuhan biota maka segala aktivitas biota akan terhambat. Berdasarkan hasil pengamatan kualitas air, oksigen terlarut (DO) di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen didapatkan kisaran 5-8.5 ppm. Dari hasil pengamatan ini dapat diketahui bahwa nilai DO masih dalam keadaan yang optimal dan masih baik untuk pertumbuhan organisme akuatik. Fegan (2003) dalam Yustianti *et al.*, (2013), menyatakan bahwa konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang cukup baik

dan masih optimal untuk organisme akuatik adalah berkisar antara 3-8 ppm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kandungan oksigen yang terdapat pada media pemeliharaan masih cukup baik.

Selain berpengaruh terhadap biota perairan, oksigen terlarut juga berpengaruh terhadap toksisitas logam berat di perairan. Menurut Effendi (2003), dengan meningkatnya kadar oksigen terlarut dan kesadahan akan mengurangi toksisitas timbal (Pb) terhadap organisme akuatik. Wahyuni *et al.* (2013), menambahkan bahwa pengaruh oksigen terlarut terhadap logam berat yaitu berbanding terbalik dimana semakin rendah kadar oksigen terlarut, semakin tinggi toksisitas logam berat, begitu juga sebaliknya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- Hasil analisis kandungan logam berat pada perairan di IBAT Punten untuk Pb berkisar antara 0,0055-0,0073 ppm, Cd berkisar antara 0,0026-0,0054 ppm dan Hg berkisar antara 0,0029-0,0054 ppm sedangkan di UPT PTPB Kepanjen untuk Pb berkisar antara 0,0067-0,0108 ppm, Cd berkisar antara 0,0007-0,0025 ppm dan Hg berkisar antara 0,0033-0,0054 ppm. Secara keseluruhan logam berat Pb dan Cd dari kedua lokasi tersebut masih aman karena masih dibawah ambang batas yang telah ditetapkan, sedangkan untuk Hg telah melebihi ambang batas yang telah ditentukan sesuai dengan PP no. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.
- Rata-rata kandungan logam berat yang terakumulasi pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten untuk Pb berkisar antara 0,072-0,112 ppm, Cd berkisar antara 0,024-0,030 ppm dan Hg berkisar antara

0,048-0,093, sedangkan di UPT PTPB Kepanjen untuk Pb berkisar antara 0,075-0,081 ppm, Cd berkisar antara 0,024-0,053 ppm dan Hg berkisar antara 0,034-0,054 ppm. Dalam hal ini kerang jawa (*Corbicula javanica*) mengakumulasi logam berat lebih tinggi daripada di perairan. Secara keseluruhan logam berat Pb, Cd, dan Hg pada lambung kerang jawa masih aman karena masih dibawah ambang batas yang telah ditetapkan oleh SNI tahun 2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan untuk jenis Bivalvia.

- Rata-rata kadar Metallothionein didapatkan hasil di IBAT Punten berkisar 2367-2908 ng/ml, sedangkan di UPT PTPB kisaran sebesar 2717-3042 ng/ml. Hasil analisis regresi determinasi menunjukkan bahwa logam berat mempengaruhi Metallothionein di lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten sebesar 72,7 % untuk Pb, 79,9 % untuk Cd dan 68,4 % untuk Hg, sedangkan di UPT PTPB Kepanjen Pb sebesar 95 %, Cd 59 % dan Hg 70,9%. Hasil analisis regresi korelasi menunjukkan adanya korelasi sangat kuat, artinya logam berat tersebut berpengaruh sangat kuat terhadap kadar Metallothionein. Hasil analisa uji t antara kadar Metallothionein pada lambung kerang yang diambil dari IBAT Punten dengan UPT PTPB Kepanjen menunjukkan tidak ada beda nyata dengan artian thitung < tabel.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui dari kedua lokasi bahwa kadar Metallothionein memiliki hubungan korelasi yang sangat kuat dengan kadar logam berat Pb, Cd dan Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*), sehingga disarankan untuk menggunakan Metallothionein (MT) sebagai biomarker terhadap tingkat pencemaran logam berat khususnya logam berat Pb, Cd dan Hg. Namun pada hasil analisis kadar logam berat Hg telah

melewati ambang batas yang telah ditetapkan, oleh karena itu selanjutnya perlu dilakukan pengawasan dan pengendalian secara terpadu untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran logam berat di IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen serta sumber air yang berasal dari sungai berantas dan sungai molek sebelum masuk ke IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen harus dilakukan treatment terlebih dahulu, treatment tersebut dapat berupa penyaringan air agar partikel-partikel dan zat tersuspensi yang terindikasi telah tercemar dari berbagai macam aktivitas manusia tidak sampai masuk kedalam perairan IBAT Punten dan UPT PTPB Kepanjen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam V., S. Krizkova, O. Zitka, L. Trnkova, J. Petrlova, M. Beklova, R. Kizek. 2007. Determination of apo-Metallothionein Using Adsorptive Transfer Stripping Technique in Connection with Differential Pulse Voltammetry. *Electroanalysis*. 2(3) 339 – 347.
- Akbar, H. S. 2002. Pendugaan Tingkat Akumulasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Ukuran < 5cm di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. Skripsi. IPB Bogor.
- Amiard, C. J., 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. *Journal Aquatic Toxicology*. 76: 160–202.
- Amriani. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa L.*) di Perairan Teluk Kendari. Tesis. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Angell, C.L., 1986. The Biology and Culture of Tropical Oysters. ICLARM Studies and Reviews 13, 42 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

- Apriadi, D. 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb, Dan Cr pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Asriyanti, Dina. 2012. Kepadatan Tiram (*Crassostrea cucullata* Born 1778) pada Habitat Mangrove di Perairan Pantai Mayangan, Jawa Barat. Skripsi. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Berlin. 1983. Chemico-enzymatic synthesis of the structural gene of yeast valine tRNA. *Bioorg Khim* **9**(1):43-51
- Byung H.P.K., Mi S.P., Bong Y.K., Sung B.H. and Seong J.K., 1988. Culture of The Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) in The Republic of Korea. National Fisheries Research and Development Agency. Pusan. Republic of Korea. Sea Farming Dev. And Demonstration Project (RAS/86/04).
- Cappenberg, H. A.W. 2008. Beberapa Aspek Biologi Kerang Hijau *Perna viridis* Linnaeus 1758. *Jurnal Oseana LIPI* **33** (1): 33-40.
- Carpene E., G. Andreani and G. Isani. 2007. Metallothionein Function and Structural Characteristics. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. **21**:35-39.
- Connel. D. W. and Miller. 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Couillard, Y., P. G. C. Campbell dan A. Tessier. 1993. Response of Metallothionein concentrations in a freshwater bivalve (*Anodonta grandis*) along an environmental cadmium gradient. *Limnol, Oceanogr.* **38** (2): 299–313.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Mahluk Hidup. Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Desouky, M. M. A. 2012. Metallothionein is Up-Regulated in Molluscan Responses to Cadmium, but not Aluminum, Exposure. *The Journal of Basic & Applied Zoology*. **65**: 139-143.
- Dewi. 2012. LSI, GSI, EROD, dan Metallothionein sebagai Penanda Biologis tingkat Molekuler Pencemaran Logam Berat Cd, Pb dan Hg yang Konsentrasinya di Perairan Masih Memenuhi Baku Mutu Air Kelas I sebagai Alat Biomonitoring. http://www.eprints.undip.ac.id/.../ISI%3D%20BAB_1-6_dan_DAFTA. Edward dan Z. Tarigan. 1987. Pengamatan Pendahuluan Kadar Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Air dan Biota di Teluk Ambon. LIPI: Ambon.

- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius: Yogyakarta.
- Faix, S., Faixova, Z., Boldizarova, K., and Javorsky, P., 2005. The effect of long-term high Heavy Metal Intake on Lipid Peroxidation of Gastrointestinal Tissue in Sheep. *Vet. Med-Czech*, Vol 50, pp. 401-405.
- FAO. 1998. The Living Marine Resources Of The Western Central Pacific Volume 1. Seaweeds, Corals, Bivalves and Gastropods. *Food and Agriculture Organization Of The United Nations*: Rome.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Febryanto J Kosasih., A.N Sunarso., J Ju., Y.H. Indraswati.N dan Ismadji S. 2009. Equilibrium and Kinetic Studies in Adsorption of Heavy Metals Using Biosorbent: a Summary of Recent Studies. *Journal of Hazardous Materials*. 162 (2-3): 616-645
- Fernanda, Lidya. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Laut. Skripsi. Universitas Indonesia: Depok.
- Galtsoff, P. S., 1964. The American Oyster (*Crassostrea virginica*). *Fishery Bulletin of The Fish and Wildlife Service*. 64: 489 p.
- Gzyl, J., Rymer, K., & Gwozdz, E.A. 2009. Differential Response of Antioxidant Enzymes to Cadmium Stress in Tolerant and Sensitive Cell Line of Cucumber (*Cucumis sativus* L). *Acta Biochemica Polonica*, Vol. 56, pp. 723-727.
- Hariyadi, S., I. N. N Supriyadiputra., B Widigdo. 1992. *Limnologi*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Haryoto dan Agustono W. 2004. Kinetika Bioakumulasi Logam Berat Kadmium Oleh Fitoplankton *Chlorella sp* Lingkungan Perairan Laut. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*. 5(2): 89-103.
- Heryando, P. 2008. Pencemaran. Dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Heryanto, P. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Hilman, M. 2009. Paleontologi Bivalvia. Fakultas Teknik Padjajaran: Bandung
- Hutabarat, S dan S. M. Evans. 1984. Pengantar Oseanografi. Penerbit UI Press: Jakarta.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam Berat Dalam Lingkungan Laut. *Pewarta Oceana*. IX (1): 12-19.

- Hutagalung, H. P. 1985. Raksa (Hg). *Jurnal Oseana*. 10 (3): 93-105. ISSN 0216-
- Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Beberapa Perairan Indonesia*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta. p. 1–20. 1877.
- Irawan, A., Aminullah, Dahlan, Ismail, S. Bahri dan Y. Fahdian. 2009. Faktor-faktor Penting dalam Proses Pembesaran ikan di Fasilitas Nursery dan Pembesaran. Program ALih Jenjang Diploma-IV. ITB-SEAMOLEC-VEDCA.
- John, R., Ahmadb, P., Gadgila, K., and Sharmab, S. 2009. Heavy Metal Toxicity: Effecton Plant Growth, Biochemical Parameters and Metal Accumulation by *Brassicajuncea* L. *International Journal of Plant Production*, Vol. 3.
- Junaidi, E., Effendi, P. S., dan Joko. 2010. Kelimpahan Populasi dan Pola Distribusi Remis (*Corbicula javanica*) di Sungai Borang Kabupaten Banyuasin. *Jurnal Penelitian Sains*. 13 3(D) 13310.
- Kiwol, C. B. D. J. 2008. *Analisis Logam Berat Merkuri (Hg) pada Gastropoda Lumpur dan Air Di teluk Amurang Kabupaten Minahasa Selatan*. *Chem Prog*. 1(2): 71-77.
- Kriskova, S., O. Zitka, V. Adam, R. Kizek. 2007. Possibilities of electrochemical techniques in MT and lead detection in fish tissue. *Crech J. Anim, Sci*.52:143-148.
- Krystiyanti, Kartika. 2008. Adsorpsi Merkuri (II) Oleh Biomassa Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) yang Diimmobilisasi pada Matriks Polisilikat Menggunakan Metode Kolom. Skripsi. UIN Malang.
- Kristianingrum, Susila. 2009. Kajian teknik Analisis Merkuri yang Sederhana, Selektif, Prekonsentrasi dan Penentuannya Secara Spektrofotometri. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Lasut, M. T. 2002. Metallothionein: suatu parameter kunci yang penting dalam penetapan baku mutu air laut (BMAL) Indonesia. *Jurnal Ekoton*. 2 (1): 61-68.
- Leung, K. M. Y. dan R. W. Furness. 1999. Effect of animal size on concentrations of Metallothionein and metals in periwinkles *Littorina littorea* collected from the firth of clyde Scotland. *Marine Pollution Bulletin*. 39: 126–136.
- Linde, A. R. and E. Garcia-Vazquez. 2006. A Simple Assay To Quantify Metallothionein Helps to Learn About Bioindicator and Environmental Health. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 34 (5): 360 – 363.
- Lu, F. 1995. Toksikologi Dasar. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Marzuki. 1983 . *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

- Mifbakhudin. 2010. Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Arteis (online). Tersedia di <http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/52106978.pdf>
- Mubyarto dan Suratno. 1981. Metode Penelitian Ekonomi. Yayasan Agro Ekonomika.
- Mulyanto. 2008. Metode Sampling. Diklat Kuliah. Universitas Brawijaya : Malang.
- Nontji. 2002. Laut Nusantara. Cetakan Ketiga. Djambatan: Jakarta.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Bandung.
- Palar, Heryando. 2012. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Jakarta: Rineka Cipta.
- Parenrengi, S. Tonnek dan S. Ismawati. 1998. Studi Jenis dan Kelimpahan Plankton pada Berbagai Kedalaman dan Hubungannya dengan Komposisi Makanan Tiram Mabe (Pteria penguin). J. Penelitian Perikanan Indonesia. **4**(4).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Pigneur L.M, Jonathan M, Kathleen R, Emilie E, Jean-Pierre D, and Karine Van Doninck. 2011. Phylogeny and androgenesis in the invasive *Corbicula* clams (Bivalvia, Corbiculidae) in Western Europe. *BMC Evolutionary Biology*.
- Rachmawatie, Zainul H., Indah W. A. 2009. Analisis Kosentrasi Merkuri (Hg) Buangan Lumpur Lapindo. Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo. Madura.
- Ramon, M. and C. A. Richardson. 1992. Age determination and shell growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the Western Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*. **89**: 15-23.
- Rasyid, Y., Windarti., dan R. M. Putra. 2013. Kondisi Darah Ikan Toman (*Channa micropeltes*) di Perairan Sungai Siak dan Sungai Kampar Provinsi Riau. Universitas Riau. Riau.
- Ringwood, H., J. Hoguet, C. Keppler and M. Gielazyn. 2004. Linkages between cellular biomarker responses and reproductive success in Oysters *Crassostrea virginica*. *Marine Environmental Res*. **58**: 912–922.
- Roesijadi, G. 1994. Metallothionein Induction as a Measure of Response to Metal Exposure in Aquatic Animals. *Environmental Health Perspectives*. **102** (12): 91-95.

- Rumahlatu, D., A. D. Corebima, M. Amin, F. Rachman. 2012. Kadmium dan efeknya terhadap ekspresi protein Metallothionein pada deadema setosum (Echinoidea; Echinodermata). *Jurnal Penelitian Perikanan*. **1** (1) : 26-35.
- Ryvolova, M., S. Krizkova., V. Adam., M. Beklova., L. Trnkova., J. Hubalek and R. Kizek. 2011. Analytical Methods for Metallothionein Detection. *Current Analytical Chemistry*. **7**: 243-261.
- Santosa, Slamet. 2003. Peran Metallothionein pada Autisme. *JKM*. **2** (2): 23-30.
- Sanusi, H. S. 2006. KIMIA LAUT: Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Prartono T, Supriyono E, editor. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. 188 hlm.
- Sarwono, J. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sasmaya. 2011. *Metodologi Penelitian*. Universitas Pendidikan Indonesia. Jakarta.
- Salmin. 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Oseana*. **30** (3): 21–26.
- Setiawan, I. M. 2007. Pemeriksaan Enzim-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) untuk Diagnosis Leptospirosis. *Jurnal Ebbes Papyrus*. **13** (3) : 125-136.
- Setyono, D. E. D. 2006. Karakteristik biologi dan produk kekerangan laut. *Jurnal Oseana*. **31** (1): 1-7.
- Sitorus, Hasan. 2011. Analisis Beberapa Parameter Lingkungan Perairan Yang Mempengaruhi Akumulasi Logam Berat Timbal Dalam Tubuh Kerang Darah Di Perairan Pesisir Timur Sumatera Utara. *VISI*. **19** (1): 374-385.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2009. *Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan*. ICS 67.220.20. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Suaniti, Ni Made. 2007. Pengaruh EDTA dalam Pembentukan Kandungan Timbal dan Tembaga Pada Kerang Hjau (*Mytilus viridis*). *Ecotrophic*. **2** (1): 1-7.
- Sudarmaji, J. Mukono, dan Corie, I. P. 2006. Toksikologi logam berat B3 dan dampaknya terhadap kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. **2** (2): 129–142.
- Sungkawa, I. 2013. Penerapan analisis regresi dan korelasi dalam menentukan arah hubungan antara dua faktor kualitatif pada tabel kontingensi. *Jurnal Matematika dan Statistika*. **13** (1): 33–41.

- Suprpto. 2011. Metode Analisis Parameter Kualitas Air untuk Budidaya Udang. Shrimp Club Indonesia.
- Suryanto dan Utojo. 2002. Pertumbuhan tiram pada penyebaran yang berbeda-beda. *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*.
- Suryono, C. A. 2006. Bioakumulasi logam berat melalui sistem jaringan makanan dan lingkungan pada kerang bulu (*Anadara inflata*). *Ilmu Kelautan*. **11 (1)**: 19–22.
- Suseno, H dan S. M. Panggabean. 2007. Merkuri: Spesiasi dan Bioakumulasi pada Biota Laut. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*. **10 (1)**: 66-78.
- Suwarno, F. A. R., Rahayu E., Nanik S., Adi P. R. dan Jola R. 2010. ELISA Teori dan Protokol. Universitas Airlangga: Surabaya.
- Suwondo, Elya Febrita dan Nurida Siregar. 2012. Kepadatan dan Distribusi Bivalvia Pada Mangrove Di Pantai Cermin Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatra Utara. *Jurnal Biogenesis*. **9 (1)**: 45-50.
- Tripod. 2010. Mollusca. <http://mollusca-din.tripod.com/klasifikasi.html>.
- Wahyuni, M. dan Widiyanti, S. 2004. Reduksi Kadar Merkuri pada Kerang Hijau (*Mytilus viridis*) di Teluk Jakarta Melalui Metode Asam serta Pemanfaatannya dalam Metode Kerupuk. *Prosiding Seminar Nasional dan Temu Usaha*. Universitas Sahid. Jakarta
- Walpole, R. E. 1995. Pengantar Statistika. Edisi Ke-3. PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Widodo, F.I. 2012. Dampak Pencemaran Merkuri terhadap Biota Air dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Lingkungan Hidup*. **3 (1)**: 30-40.
- Wijarni, 1990. Avertebrata Air II. Diktat Kuliah. LUW/ UNIBRAW/ FISH. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wiryawan B., B. Marsjen, H. Adi Susanto, A. K. Mahi, M Ahmad, dan H. Poepitasari. 1999. Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir Lampung. Bandar Lampung: Pemda Tk I Lampung- CRMP Lampung.
- Wu, J. P. dan H-C. Chen. 2005. Metallothionein induction and heavy metal accumulation in white shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to cadmium and zinc. *Journal Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* **140**: 383–394.
- Wulandari, S. Yulina., B. Yulianto., G. W. Santosa dan K. Suwartimah. 2009. Kandungan Logam Berat Hg dan Cd dalam Air, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granossa*) dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN). *Ilmu Kelautan*. **14 (3)**: 170-175.

Wulandari, E. 2010. Analisis Kandungan Logam Berat Timbel (Pb) dan Karakteristik Haemocyte Tiram (*Saccostrea glomerata*) dari Perairan Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi Trenggalek, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya Malang: Malang.

Yusma, Yennie dan J. T. Murtini. 2005. Kandungan logam berat air laut, sedimen dan daging kerang darah (*Anadara granosa*) di perairan Menthok dan Tanjung Jabung timur. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. **12 (1)**: 27-32.

Yustianti, M. N. Ibrahim, Ruslaini. 2013. Pertumbuhan dan Sintasan Larva Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Melalui Substitusi Tepung Ikan dengan Tepung Usus Ayam. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. **1**: 93-103.

Yennie, Y. dan Murtini J. T., 2005. Kandungan logam berat air laut, sedimen dan daging kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Menthok dan Tanjung Jabung Timur. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. **12 (1)**.

Zipcodezoo. 2015. Website, [https:// www. Zipcodezoo.html](https://www.zipcodezoo.html). Diakses pada 01 Desember 2015.



LAMPIRAN

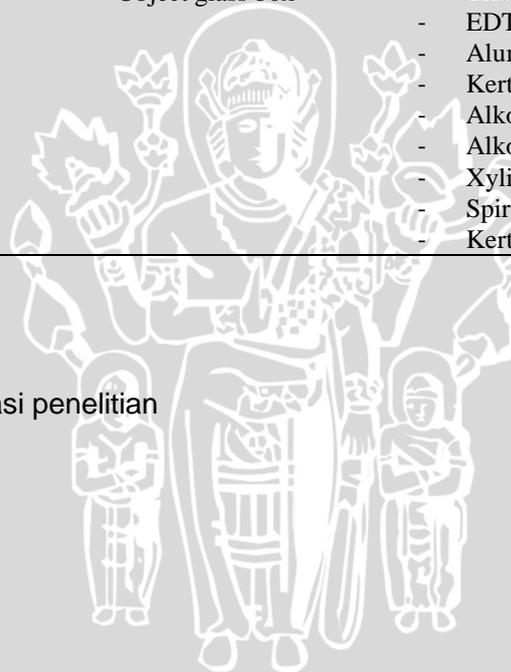
Lampiran 1. Alat dan Bahan yang digunakan pada penelitian

No	Tujuan	Alat	Bahan
1.	Pengukuran Kualitas Air - Suhu - Oksigen Terlarut - pH	- Thermometer Hg - Pipet Volume - Bola Hisap - Pipet Tetes - Botol Winkler - Kotak standart pH - Beaker Glass	- Air sampel - MnSO ₄ - H ₂ SO ₄ - Na ₂ S ₂ O ₃ - Amylum - NaOH + KI - pH paper - Kertas saring - Aquades - Larutan standart
2.	Pengambilan sampel <i>Corbicula javanica</i>	- Cool box - Kamera - Keranjang	- <i>Corbicula javanica</i> - Kertas Label - Tissue
3.	Pengambilan dan Organ <i>Corbicula javanica</i>	- Sectio set - Cool box - Botol sampel	- Formalin 10% - Lambung <i>Corbicula javanica</i>
4.	Pengukuran kadar logam berat Pb, Cd,	- Spektrofotometer AAS	- Sampel <i>Corbicula javanica</i>

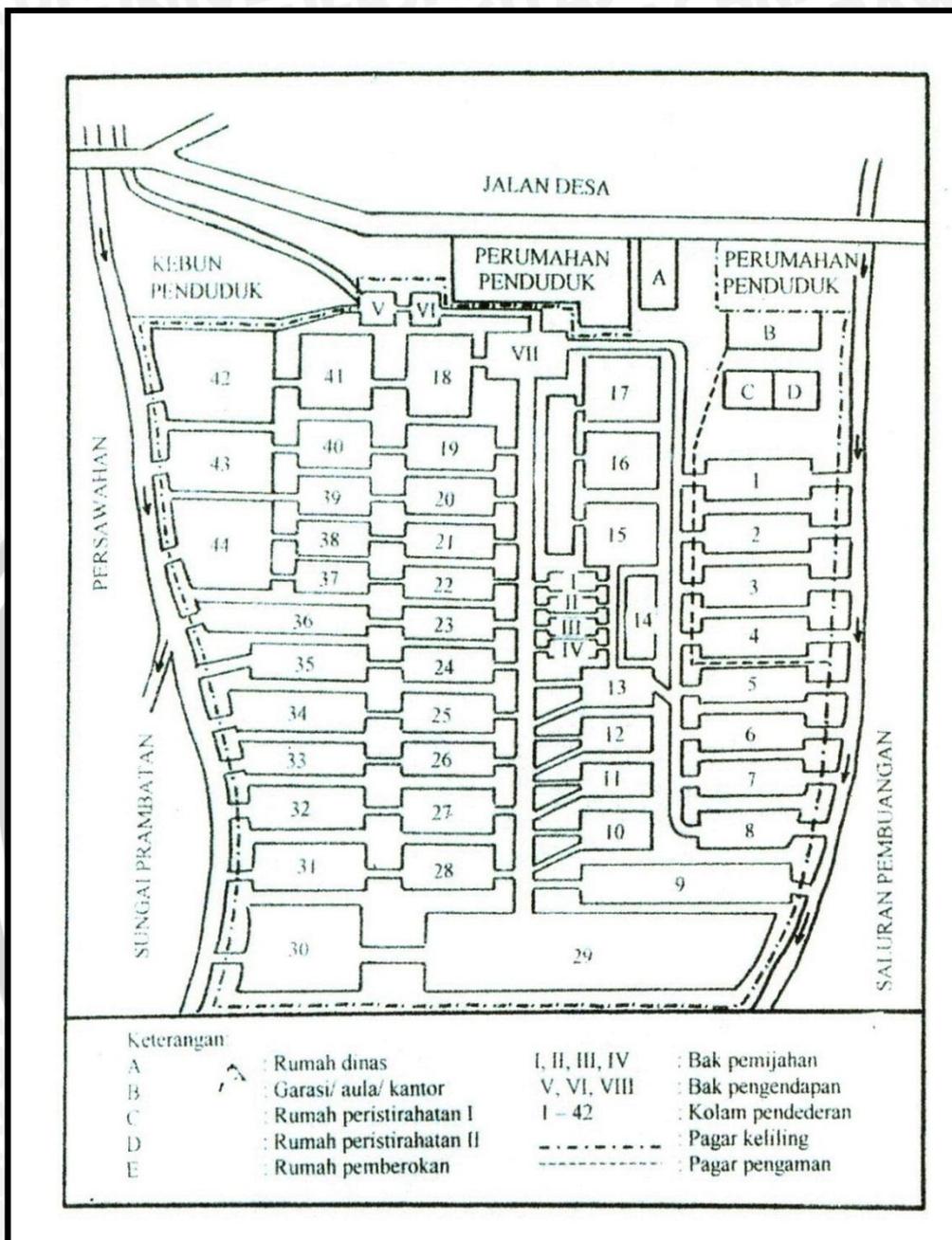


dan Hg	- Lampu Electroda Pb, Cd dan Hg	- Sampel air
	- Timbangan Sartorius	- Aquadest
	- Oven	- HNO ₃ (2,5 N)
	- Labu ukur	- Aquaregia (135 ml)
	- Hot plate	- Kertas saring
	- Erlenmeyer	- Kertas label
	- Spatula	
5. Pengujian kadar Metallothionein (MT) pada lambung <i>Corbicula javanica</i>	- Microtome	- Lambung <i>Corbicula javanica</i>
	- Water bath	- Paraffin cair
	- Pinset	- PBS (<i>Phosphate Buffer-Saline</i>)
	- Inkubator	- PBS-Tween
	- Keranjang khusus	- Coating buffer
	- Pisau	- Aquadest
	- Mesin vakum	- Kloroform (80 ml)
	- Cetakan	- Aliquot (81 ml)
	- Bunsen	- Sukrosa (0,5 M)
	- Freezer	- Tris-HCl (20 mM)
	- Object glass	- EDTA (1 mM)
	- Object glass box	- Alumunium foil
		- Kertas Label
		- Alkohol 90,80,70%
		- Alkohol absolute
		- Xyliol
		- Spirtus
		- Kertas label

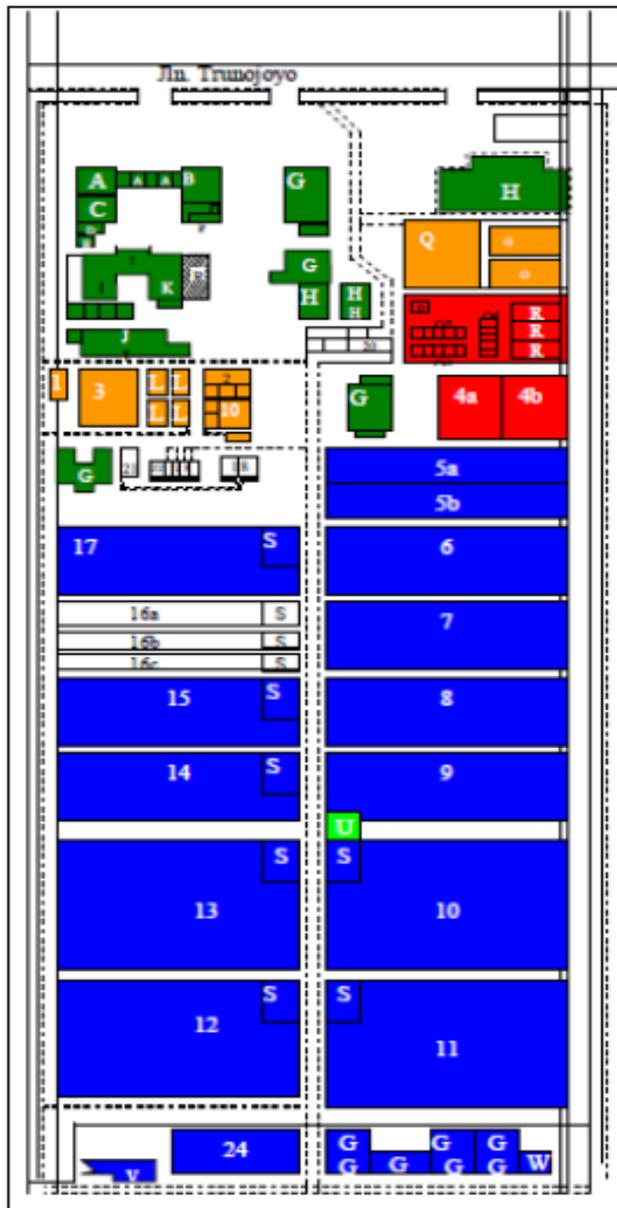
Lampiran 2. Peta lokasi penelitian



➤ Lokasi Stasiun 1 (IBAT Punten Kota Batu)



➤ Lokasi Stasiun 2 (UPT PTPB Kapanjen Kabupaten Malang)



- Keterangan :**
- A,B = Parkantoran
 - C = Gudang
 - D = Perpustakaan
 - E = Musholla
 - F = Kamar Mandi / WC
 - G = Rumah Dinas
 - H = Laboratorium
 - I = Rumah Makan
 - J = Asrama
 - JA = Sumur Bor
 - K = Dapur
 - L = Kandang Katik
 - M = Tempat Parkir Aula
 - N = Aula
 - O4 = Kolam Beton Pendederan Lele
 - O5,O6 = Kolam Induk Lele
 - P = Kolam tandon
 - Q = Kolam Pemijahan belut
 - R = Kolam pendederan Koi
 - U =Pos Jaga (Tengah Kolam)
 - V = Rumah pakan Alternatif
 - W = Kandang Sapi dan Bio gas
 - 1 = Kolam induk pemuliaan lele
 - 2 = Kolam pembenihan lele pemuliaan
 - 3 = Kolam pendederan gurame
 - 4a,b = Kolam Induk Mas
 - 5a,b = Kolam pembenihan nila
 - 6 = Kolam pembenihan nila
 - 7 = Kolam pembenihan nila
 - 8 = Kolam Pendederan Nila
 - 9 = Kolam Pendederan Nila
 - 10 = Kolam pembenihan nila
 - 11,12 = Kolam pembenihan tawes
 - 13,14 = Kolam Pendederan Mas
 - 15 = Kolam Pendederan mas
 - 16a,b = Kolam Induk Gurami
 - 16c,d = Kolam pembenihan lele
 - 17 = Pembesaran patin
 - 18 = Bak Pemijahan Mas
 - 20 = Bak Pengendapan Air
 - 21 = Bak Tandon Air
 - 22 = Pemberokan (100 m²)
 - 23 = Hatchery
 - 24 = Tanah Pekarangan
 - S = Saluran Air

Lampiran 3. Sebaran ukuran sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*)

- Data hasil pengukuran sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten

Stasiun	Ulangan	Panjang (cm)	Tinggi (cm)	Lebar (cm)
1	1	3.20	2.15	1.15
	2	3.95	2.30	1.40
	3	3.00	2.05	1.10
Rata-rata		3.38	2.17	1.22
Standar Deviasi		0.50	0.13	0.13
2	1	3.60	3.00	2.65
	2	4.25	3.60	3.00
	3	3.40	2.80	2.20
Rata-rata		3.75	3.13	2.62
Standar Deviasi		0.44	0.42	0.40
3	1	3.60	2.80	2.00
	2	4.00	3.20	2.40
	3	3.3	2.45	1.85
Rata-rata		3.63	2.82	2.08
Standar Deviasi		0.35	0.38	0.28

- Data hasil pengukuran sampel kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kapanjen

Stasiun	Ulangan	Panjang (cm)	Tinggi (cm)	Lebar (cm)
1	1	2.60	2.00	1.80
	2	3.00	2.40	2.00
	3	2.45	1.95	1.45
Rata-rata		2.68	2.12	1.75
Standar Deviasi		0.28	0.25	0.28
2	1	2.60	2.05	1.85
	2	2.80	2.45	2.25
	3	2.00	1.85	1.30
Rata-rata		2.47	2.12	1.80
Standar Deviasi		0.42	0.31	0.48
3	1	3.80	3.00	2.60
	2	3.40	2.80	2.00
	3	3.40	2.80	2.00
Rata-rata		3.53	2.87	2.20
Standar Deviasi		0.23	0.12	0.35

Lampiran 4. Data analisis logam berat di kolam

- Data analisis logam berat pada kolam di IBAT Puntren

Stasiun	Logam Berat		
	Pb	Cd	Hg
1	0.0059	0.0054	0.0029
2	0.0073	0.0026	0.0034
3	0.0055	0.0043	0.0054

- Data analisis logam berat pada kolam di UPT PTPB Kepanjen

Stasiun	Logam berat		
	Pb	Cd	Hg
1	0.0108	0.0007	0.0033
2	0.0067	0.0025	0.0034
3	0.0067	0.0025	0.0054

Lampiran 5. Data analisis logam berat pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

- Logam berat pada lambung kerang jawa *Corbicula javanica* di IBAT Puntun

Stasiun	Ulangan	Logam Berat		
		Pb (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)
Stasiun 1	1	0.029	0.017	0.020
	2	0.086	0.018	0.041
	3	0.141	0.036	0.100
	Rata-rata	0.085	0.024	0.054
	Standart Deviasi	0.056	0.011	0.041
Stasiun 2	1	0.182	0.036	0.139
	2	0.112	0.036	0.119
	3	0.043	0.018	0.020
	Rata-rata	0.112	0.030	0.093
	Standart Deviasi	0.070	0.010	0.064
Stasiun 3	1	0.072	0.035	0.041
	2	0.086	0.035	0.061
	3	0.057	0.018	0.041
	Rata-rata	0.072	0.029	0.048
	Standart Deviasi	0.015	0.010	0.012

- Logam berat pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen

Stasiun	Ulangan	Logam berat		
		Pb (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)
Stasiun 1	1	0.098	0.036	0.041
	2	0.057	0.018	0.020
	3	0.070	0.018	0.040
	Rata-rata	0.075	0.024	0.034
	Standart Deviasi	0.021	0.010	0.012
Stasiun 2	1	0.101	0.036	0.061
	2	0.072	0.035	0.041
	3	0.058	0.017	0.040
	Rata-rata	0.077	0.029	0.047
	Standart Deviasi	0.022	0.011	0.012
Stasiun 3	1	0.101	0.087	0.080
	2	0.072	0.036	0.041
	3	0.070	0.035	0.041
	Rata-rata	0.081	0.053	0.054
	Standart Deviasi	0.017	0.030	0.022

Lampiran

6. Data kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

- Data kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten

No	Sampel	Abs	Kadar (ng/ml)
1	K1J1	0.336	1000
2	K1J2	0.369	2650
3	K1J3	0.385	3450
Rata-rata			2367
Standart Deviasi			1249.33
4	K2J1	0.388	3600
5	K2J2	0.387	3525
6	K2J3	0.348	1600
Rata-rata			2908
Standart Deviasi			1133.67
7	K3J1	0.375	2950
8	K3J2	0.382	3275
9	K3J3	0.353	1850
Rata-rata			2692
Standart Deviasi			746.80

- Data kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen

No	Sampel	Abs	Kadar (ng/ml)
1	K1C1	0.382	3300
2	K1C2	0.362	2300
3	K1C3	0.367	2550
Rata-rata			2717
Standart Deviasi			520.42
4	K2C1	0.385	3450
5	K2C2	0.372	2800
6	K2C3	0.366	2500
Rata-rata			2917
Standart Deviasi			485.63
7	K3C1	0.387	3550
8	K3C2	0.374	2900
9	K3C3	0.370	2675
Rata-rata			3042
Standart Deviasi			454.38

Lampiran 7. Output analisis regresi korelasi model linier sederhana

- Hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten

- a. Hubungan Kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.853 ^a	.727	.688	531.569

a. Predictors: (Constant), Pb

b. Dependent Variabel: MT

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5275510.907	1	5275510.907	18.670	.003 ^a
	Residual	1977961.315	7	282565.902		
	Total	7253472.222	8			

a. Predictors: (Constant), Pb

b. Dependent Variabel: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1156.562	389.549		2.969	.021
	Pb	16696.710	3864.190	.853	4.321	.003

a. Dependent Variabel: MT

b. Hubungan Kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Cd pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.894 ^a	.799	.770	456.523

a. Predictors: (Constant), Cd

b. Dependent Variabel: MT

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5794582.257	1	5794582.257	27.803	.001 ^a
	Residual	1458889.965	7	208412.852		
	Total	7253472.222	8			

a. Predictors: (Constant), Cd

b. Dependent Variabel: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	156.138	497.840		.314	.763
	Cd	90340.376	17132.987	.894	5.273	.001

a. Dependent Variabel: MT

c. Hubungan Kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.827 ^a	.684	.639	571.948

a. Predictors: (Constant), Hg

b. Dependent Variabel: MT

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4963602.927	1	4963602.927	15.173	.006 ^a
	Residual	2289869.295	7	327124.185		
	Total	7253472.222	8			

a. Predictors: (Constant), Hg

b. Dependent Variabel: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1494.969	353.720		4.226	.004
	Hg	17947.220	4607.390	.827	3.895	.006

a. Dependent Variabel: MT

➤ Hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg pada lambung (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen

a. Hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.975 ^a	.950	.943	106.595

a. Predictors: (Constant), Pb

b. Dependent Variabel: MT

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1507962.620	1	1507962.620	132.714	.000 ^a
	Residual	79537.380	7	11362.483		
	Total	1587500.000	8			

a. Predictors: (Constant), Pb

b. Dependent Variabel: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	983.423	169.412		5.805	.001
	Pb	24569.656	2132.752	.975	11.520	.000

a. Dependent Variabel: MT



b. Hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Cd pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.768 ^a	.590	.531	304.983

a. Predictors: (Constant), Cd

b. Dependent Variabel: MT

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	936395.683	1	936395.683	10.067	.016 ^a
	Residual	651104.317	7	93014.902		
	Total	1587500.000	8			

a. Predictors: (Constant), Cd

b. Dependent Variabel: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2322.445	206.204		11.263	.000
	Cd	16110.033	5077.419	.768	3.173	.016

a. Dependent Variabel: MT

c. Hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.842 ^a	.709	.668	256.731

a. Predictors: (Constant), Hg

b. Dependent Variabel: MT

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1126126.126	1	1126126.126	17.086	.004 ^a
	Residual	461373.874	7	65910.553		
	Total	1587500.000	8			

a. Predictors: (Constant), Hg

b. Dependent Variabel: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1878.153	259.701		7.232	.000
	Hg	22522.523	5448.802	.842	4.133	.004

a. Dependent Variabel: MT

Lampiran 8. Output analisis regresi korelasi model linier berganda

- **Hubungan kadarMetallothionein (MT) pada lambung kerang jawa(*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)di IBAT Punten**

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.942 ^a	.888	.821	403.383

a. Predictors: (Constant), Hg, Cd, Pb

b. Dependent Variabel: MT

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6439882.009	3	2146627.336	13.192	.008 ^a
	Residual	813590.213	5	162718.043		
	Total	7253472.222	8			

a. Predictors: (Constant), Hg, Cd, Pb

b. Dependent Variabel: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	192.703	500.011		.385	.716
	Pb	11045.092	8319.160	.564	1.328	.242
	Cd	61682.900	23571.707	.610	2.617	.047
	Hg	-3638.839	9789.560	-.168	-.372	.725

a. Dependent Variabel: MT

- Hubungan kadar Metallothionein pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) dengan kadar logam berat Pb, Cd, dan Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.984 ^a	.969	.951	98.830

a. Predictors: (Constant), Hg, Pb, Cd

b. Dependent Variabel: MT

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1538663.406	3	512887.802	52.511	.000 ^a
	Residual	48836.594	5	9767.319		
	Total	1587500.000	8			

a. Predictors: (Constant), Hg, Pb, Cd

b. Dependent Variabel: MT

Coefficients^a

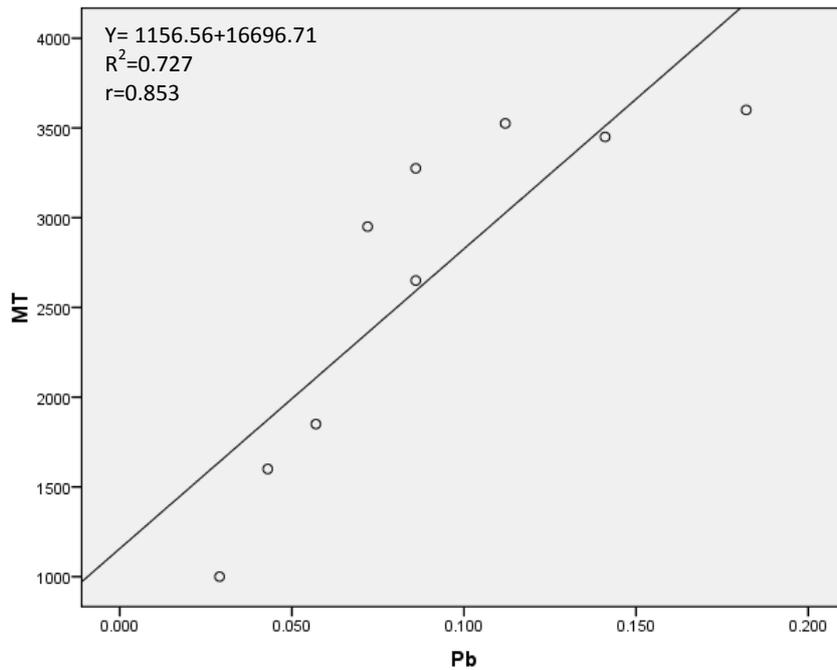
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1084.883	171.278		6.334	.001
	Pb	20308.939	3173.105	.806	6.400	.001
	Cd	1974.539	3212.432	.094	.615	.566
	Hg	3548.644	4709.079	.133	.754	.485

a. Dependent Variabel: MT

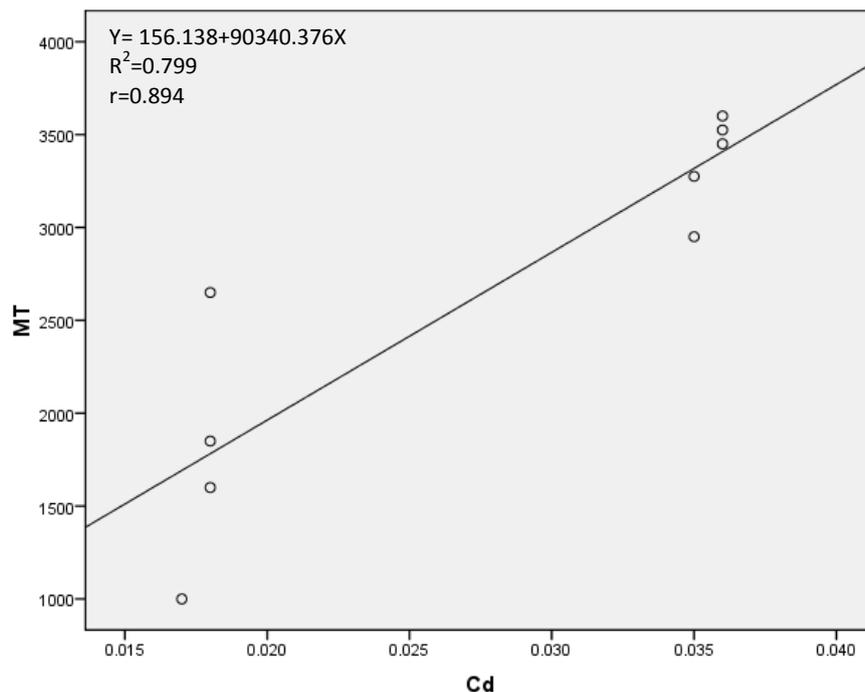
Lampiran 9. Grafik hubungan kadar Metallothionein dengan kadar Pb, Cd dan Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

➤ Grafik hubungan Metallothionein (MT) dengan Kadar Pb, Cd, dan Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten

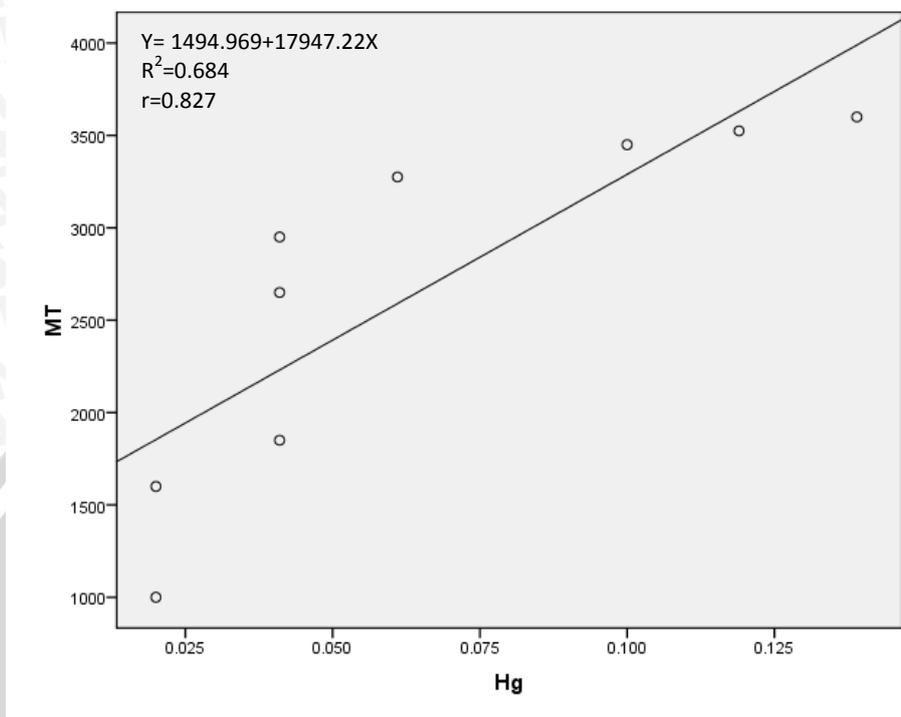
a. Grafik hubungan Metallothionein (MT) dengan kadar Pb pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)



b. Grafik hubungan Metallothionein (MT) dengan kadar Cd pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

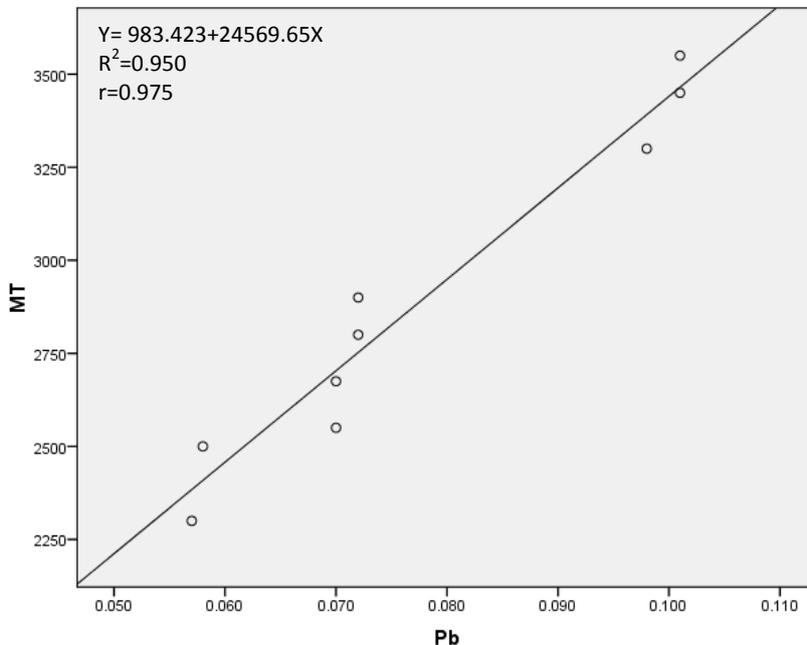


c. Grafik hubungan Metallothionein (MT) dengan kadar Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)

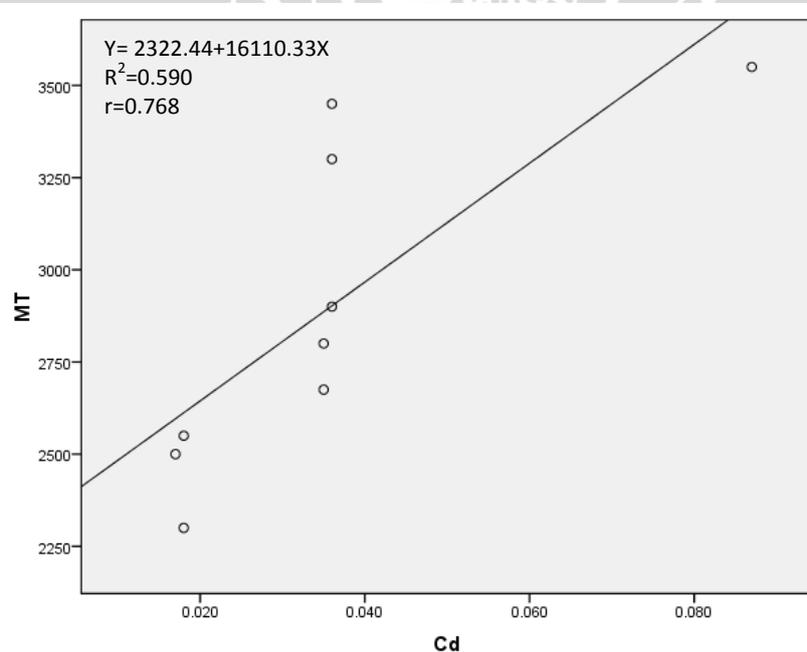


➤ Grafik hubungan Metallothionein dengan kadar Pb, Cd, dan Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di UPT PTPB Kepanjen

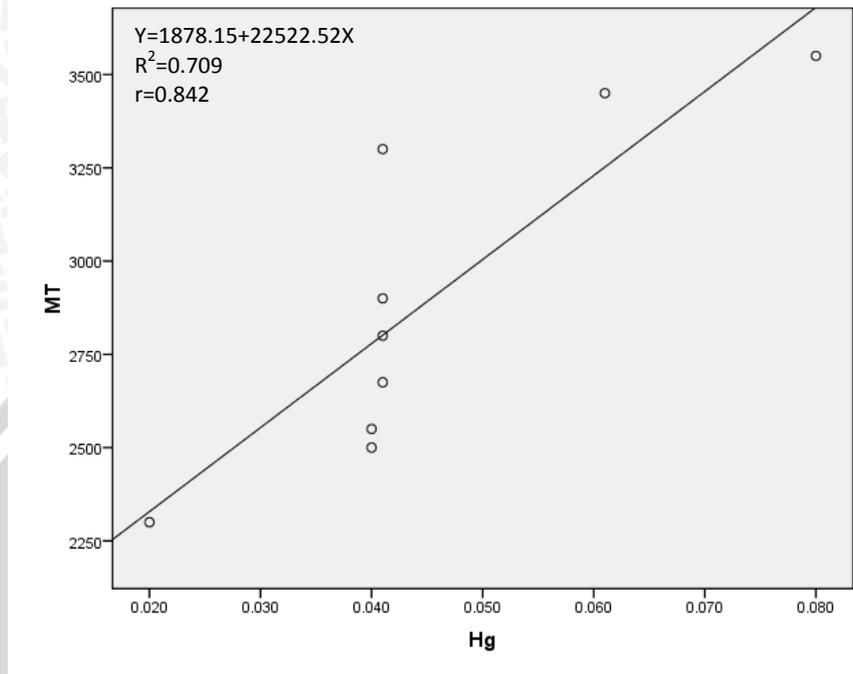
a. Grafik hubungan Metallothionein dengan kadar Pb pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)



b. Grafik hubungan Metallothionein dengan kadar Cd pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)



c. Grafik hubungan Metallothionein dengan kadar Hg pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*)



Lampiran 10. Output uji t antara Metallothionein (MT) pada lambung kerang jawa (*Corbicula javanica*) di IBAT Punten dengan UPT PTPB Kepanjen

Group Statistics

Lokasi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
MT IBAT Punten	9	2655.56	952.200	317.400
UPT PTPB Kepanjen	9	2891.67	445.463	148.488

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
MT Equal variances assumed	5.924	.027	-.674	16	.510	-236.111	350.416	-978.960	506.737
Equal variances not assumed			-.674	11.342	.514	-236.111	350.416	-1004.546	532.323

Aturan uji homogen: data sig p lebih dari 0.05 artinya data homogen

Aturan uji t: data sig 2 tailed lebih dari 0.05 artinya data tidak ada beda

T hit lebih kecil dari t tabel (-0.674 < 1.74588) maka tidak ada beda nyata

Lampiran 11. Dokumentasi kegiatan



Survey Lokasi Penelitian bersama Tim "Geng Kerang"



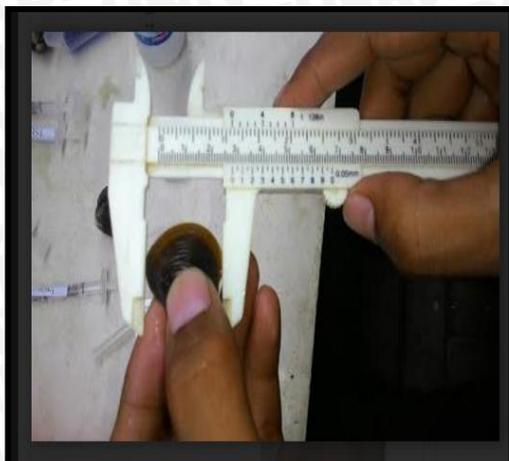
Sampling di IBAT Punten

Sampling di UPT PTPB
Kepanjen



Pengambilan Sampel DO

Titration DO



Pengukuran Cangkang Kerang Jawa *Corbicula javanica*

