

**LAJU FILTRASI KERANG HIJAU (*Perna viridis*) SEBAGAI
BIOMARKER UNTUK MENDETEKSI PENCEMARAN LOGAM
Pb DAN Cd**

SKRIPSI

IRFAN ALWI



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

**LAJU FILTRASI KERANG HIJAU (*Perna viridis*) SEBAGAI BIOMARKER
UNTUK MENDETEKSI PENCEMARAN LOGAM Pb DAN Cd**

**Oleh:
IRFAN ALWI**

**Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Pada
Jurusan Perikanan
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan
Universitas Hasanuddin**

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Laju Filtrasi Kerang Hijau (*Perna viridis*) sebagai Biomarker Untuk Mendeteksi Pencemaran Logam Pb dan Cd
Nama : Irfan Alwi
Stambuk : L211 08 005
Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Skripsi telah diperiksa
dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dr.Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc.
NIP. 196807261994031 002

Moh. Tauhid Umar, S.Pi, MP
NIP. 197212182008011010

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Ilmu Kelautan dan
Perikanan,

Ketua Program Studi
Manajemen Sumberdaya Perairan,

Prof. Dr. Ir. A. Niartiningsih, MP
NIP. 196112011987032002

Prof. Dr. Ir. H. Sharifuddin Bin Andy Omar M.Sc
NIP. 195902231988111001

Tanggal Lulus : 21 Mei 2012

RIWAYAT HIDUP



IRFAN ALWI, dilahirkan pada tanggal 20 Desember 1989 di kota Terntae Provinsi Maluku Utara. Orang tua bernama Alwi Rasyid dan Bombang Arifin. Pada tahun 2002 penulis lulus Sekolah Dasar pada SD Negeri 2 Indonesiana, tahun 2005 lulus SMP pada SMP Negeri 1 Soasio dan tahun 2008 lulus SMA pada SMA Negeri 1 Tidore. Pada tahun 2008 penulis berhasil diterima sebagai mahasiswa melalui Jalur Penerimaan Prestasi dan Bakat (JPPB) pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan (MSP), Jurusan Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Selama kuliah di Jurusan Perikanan, penulis aktif sebagai asisten pada beberapa mata kuliah. Penulis pernah menjabat sebagai Sekertaris Himpunan Mahasiswa Manajemen Sumberdaya Perairan periode 2009-2010 serta menjadi Koordinator HUMAS Fisheries Diving Club, Universitas Hasanuddin periode 2010-2011. Penulis juga sering menjadi panitia dan peserta pada berbagai lomba dan kegiatan yang dilaksanakan di Universitas Hasanuddin. Serta penulis pernah menjadi peserta dalam Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS XXIV) dalam bidang lingkungan dan penelitian.

ABSTRAK

IRFAN ALWI. L211 08 005. Laju Filtrasi Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Sebagai Biomarker Untuk Mendeteksi Pencemaran Logam Pb dan Cd. Dibimbing oleh Khusnul Yaqin dan Moh. Tauhid Umar.

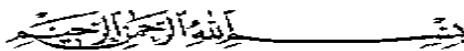
Keberadaan logam khususnya Pb dan Cd di perairan merupakan polutan yang berbahaya bagi organisme air. Laju filtrasi diduga dapat dijadikan sebagai biomarker. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju filtrasi oleh kerang hijau yang dipapar dengan bahan pencemar Pb dan Cd. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan di laboratorium Penangkaran Rehabilitasi ekosistem Laut FIKP, UNHAS dan pengamatan laju filtrasi pada Laboratorium Parasit dan Penyakit FIKP, UNHAS . Kerang hijau *Perna viridis* dengan ukuran 4-5 cm dipapar dengan 5 seri konsentrasi Pb dan Cd yaitu 0 mg/l, 0.004 mg/l, 0.008 mg/l, 0.04 mg/l, 0.2 mg/l, 1 mg/l dan 5 mg/l selama 14 hari. Kemudian kerang hijau yang telah dipapar diuji laju filtrasinya pada media tanpa bahan pencemar. Kemudian dilakukan perhitungan laju filtrasi kerang hijau. Untuk melihat perbedaan antar perlakuan digunakan uji ANOVA dengan bantuan perangkat lunak SPSS 16. Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam Pb dan Cd tidak berpengaruh pada laju filtrasi kerang hijau *Perna viridis* ($P > 0,005$)

ABSTRACT

IRFAN ALWI. L211 08 005. Green Mussel (*Perna viridis*) Filtration Rate as Biomarker to Detect Metal Pollutan Pb and Cd. Under Direction of Khusnul Yaqin and Moh. Tauhid Umar.

The presence of metal especially Pb and Cd in the water are harmful for aquatic organism. Filtration rate expected as a biomarker. This research aim to know filtration rate of green mussel that exposed with metal pollution Pb and Cd. This research was conducted for 1 month in Captive Breeding and Marine Ecosystem Laboratory, FIKP, UNHAS and filtration rate observation was conducted in Desesases and Parasites Laboratory FIKP, UNHAS. Green Mussel *Perna viridis* with 4-5cm was exposed with 5 concentratio series of Pb and Cd which was 0 mg/l, 0.004 mg/l, 0.008 mg/l, 0.04 mg/l, 0.2 mg/l, 1 mg/l and 5 mg/l for 14 days. Exposed green mussels were tested with its filtration rate in a media without pollutan. Filtration rate calculation of green mussel was done then to see the difference between treatment parametric ANOVA test with SPSS 16.0. The result showed that Pb and Cd pollutan were not affected filtration rate of Green Mussel *Perna viridis* ($P > 0,05$)

KATA PENGANTAR



Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmatnyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian dengan judul “Laju Filtrasi Kerang Hijau (*Perna viridis*) sebagai Biomarker Untuk Mendeteksi Pencemaran Logam Pb dan Cd”, tak lupa penulis menyampaikan shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW dan keluarganya yang suci yang merupakan teladan bagi kita seluruh umat manusia.

Dalam proses penyelesaian skripsi penelitian ini penulis banyak menemukan kendala tetapi karena banyaknya dukungan dari berbagai pihak sehingga kendala tersebut dapat teratasi dengan baik, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi – tingginya kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda **Alwi Rasid** dan Ibunda **Bombang Arifin**, beserta saudara saudari **Ridwan alwi**, **Kartika Alwi**, **Karmita Alwi**, **Febriyana Alwi**, **Mirdah Alwi**, dan keluarga besarku yang tercinta, atas segala doa dan dukungan yang tak henti – hentinya baik secara moril dan materil.
2. **Ir. Aspari Rachman** , sebagai penasehat akademik,yang telah meluangkan waktu, dukungan, dan sumbangan pemikiran, yang sangat berharga bagi penulis.
3. **Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc** sebagai pembimbing utama yang selalu memberi motivasi dan meluangkan waktu serta memberikan sumbangan pemikiran yang sangat berharga bagi penulis.

4. **Moh. Tauhid Umar, S.Pi, MP** sebagai pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktu, dukungan dan sumbangan pemikirannya yang sangat berharga bagi penulis.
5. Terima kasih kepada para penguji skripsi penelitian **Ir. Liestiaty Fachrudin, M.Fish, Ir. Daud Thana, M.Si, dan Sri Wahyuni Rahim, ST.,M.Si** atas segala saran dan kritik dalam penyusunan skripsi penelitian.
6. Seluruh staf dan pengajar Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan khususnya para dosen **Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan**.
7. Sahabat – sahabat saya : **Ridha, Jamaluddin , Arnold, Aslam, Khalik, Munir, Ari, Indar, Yanti, Nunu, Indah, Sarah, Nurha, Ayu, Nanno, Ira, Asni**, serta seluruh saudara saudariku **MSP UNHAS** Sahabat **FDC UNHAS**, tim **Makassar Divers** yang selalu memberikan dukungan, bantuan dan doanya kepada penulis.

Penulis menyampaikan kesempurnaan segalanya milik ALLAH SWT, karena penulis sadar dalam skripsi penelitian ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan yang disebabkan oleh keterbatasan penulis, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan skripsi penelitian ini kedepannya.

Akhir kata penulis berharap agar skripsi ini bermanfaat untuk kepentingan bersama, dan segala amal baik serta jasa dari pihak yang membantu penulis diberikan rahmat, berkah, dan karunia-Nya.Amin.

Penulis

Irfan Alwi
L21108005

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dari Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
A. Pencemaran	3
B. Pencemaran logam di Indonesia	4
C. Pencemaran di kota Makassar	4
D. Logam Pb	5
E. Logam Cd.....	6
F. Biomonitoring.....	7
G. Kriteria biomarker	8
H. Biomarker	9
I. Kerang Hijau sebagai Biomarker	9
III. METODOLOGI PENELITIAN	12
A. Tempat Dan Waktu	12
B. Alat dan Bahan.....	12
C. Prosedur Penelitian.....	13
a. Persiapan hewan Uji	13
c. Persiapan uji konsentrasi Pb dan Cd.....	13
d. Rancangan percobaan penelitian	14
e. Pemaparan Pb dan Cd.....	14
f. Peubah yang diamati.....	15
D. Analisis Data	16
IV.HASIL DAN PEMBAHASAN	18
A. HASIL	18
1. Mortalitas.....	18
2. Parameter Fisika dan Kimia	19
3. Laju Filtrasi	20
B. PEMBAHASAN	20
1. Mortalitas	20
2. Parameter fisika dan kimia	21
3. Laju filtrasi.....	23
V. KESIMPULAN DAN SARAN	27

A. KESIMPULAN	27
B SARAN	27
DAFTAR PUSTAKA	28

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Presentase mortalitas kerang hijau selama pemaparan logam ...	16
2.	Rata-rata hasil pengukuran setiap parameter fisika dan kimia	17
3.	Laju filtrasi kerang hijau pada beberapa seri konsentrasi logam.	18
4.	Hasil pengukuran kualitas air pada saat penelitian.	21

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Desain tata letak wadah penelitian	13
2.	Laju filtrasi kerang hijau pada beberapa seri konsentrasi logam .	23

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Data Oksigen terlarut selama penelitian.....	32
2. Data suhu selama penelitian.....	34
3. Data pH selama penelitian.....	36
4. Data Salinitas selama penelitian.....	38
5. Data kepadatan <i>Spirulina</i> sp sebelum ada kerang	40
6. Data kepadatan <i>Spirulina</i> sp setelah ada kerang.....	41
7. Data laju filtrasi per seri konsentrasi.....	42
8. Data mortalitas perhari selama penelitian.	43
9. Hasil uji SPSS	44
10. Pengukuran kualitas air	45
11. Pemberian pakan <i>Spirulina</i> sp.....	45
12. Penyerapan <i>Spirulina</i> sp oleh kerang hijau	46

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan industri di berbagai daerah sangat cepat. Dalam kenyataannya industri ini akan menghasilkan limbah yang terdiri dari bahan-bahan kimia. Limbah ini baik secara langsung ataupun tidak langsung akan masuk ke dalam badan perairan. Pada saat ini telah ditemukan sekitar lima juta Jenis bahan kimia, dari 60.000 ribu diantaranya telah diperjual belikan secara bebas (Lestari dan Edwar, 2004). Di antaranya terdapat bahan kimia yang berbahaya dan beracun, dua diantaranya adalah logam Pb dan Cd. Masuknya Pb dan Cd ini kedalam perairan dapat mengakibatkan pencemaran bagi perairan sehingga terjadi kematian (Amin, 2002).

Kota Makassar sebagai salah satu kota yang berpenduduk padat dengan tingkat aktivitas yang tinggi tentunya menghasilkan sampah yang tinggi pula. Banyaknya pembangunan pemukiman penduduk, kegiatan industri rumah tangga serta perkembangan kawasan industri seperti tempat hiburan dan restoran yang akan meningkatkan pencemaran baik dari pesisir maupun laut karena limbah akan bermuara ke perairan yang asalnya dari kegiatan perkotaan. Oleh karena itu perlu adanya monitoring baik dari pihak pemerintah ataupun dari pemerhati lingkungan agar masyarakat yang melakukan kegiatan tersebut sadar akan kebersihan lingkungannya (Lifu, 2001).

Salah satu sumber Pb berasal dari bahan bakar minyak oleh perahu-perahu nelayan karena adanya alkil timbal pada bensin. Sedangkan logam Cd banyak terdapat pada lapisan tahan korosi pada baja, plastik, pewarna, alat-alat elektronik, serta baterai nikel/cadmium (Darmono, 1995). Logam Cd bersifat tidak dapat diurai tetapi mudah terakumulasi dalam biota laut. Logam ini masuk kedalam tubuh biota laut melalui insang, permukaan tubuh dan juga rantai

makanan (Johari, 2009).

Logam merupakan unsur yang berbahaya bagi organisme baik tumbuhan maupun hewan. Namun sebagian organisme mampu mengontrol jumlah racun yang masuk melalui sistem pengeluaran dan ada sebagian organisme tidak mampu mengontrol jumlah racun yang masuk didalam tubuhnya sehingga polutan yang ada terakumulasi di dalam tubuh organisme tersebut. Karena kerang hijau yang hidup pada daerah yang tercemar oleh logam, maka logam-logam seperti Pb dan Cd yang ada akan terakumulasi di dalam tubuh (Hutagalung dan Razak, 1982). Kerang hijau sebagai salah satu organisme yang bersifat *filter feeder* memiliki potensi dalam mengakumulasi logam yang masuk di dalam tubuhnya. Oleh sebab itu kerang hijau dapat dijadikan sebagai organisme target dalam penelitian biomarker.

Laju filtrasi kerang hijau merupakan tingkah laku kerang yang dapat digunakan sebagai biomarker. Penelitian dalam bidang biomarker ini masih jarang dilakukan di Indonesia, meskipun penggunaan laju filtrasi sebagai biomarker dalam studi *invivo* dan *insitu* tidak memerlukan alat yang mahal. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian laju filtrasi kerang hijau dalam merespon bahan pencemar Pb dan Cd.

B. Tujuan dari Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju filtrasi kerang hijau yang dipapar dengan bahan pencemar Pb dan Cd.

Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi dalam monitoring pencemaran dan dapat menjadi salah satu cara mendeteksi toksisitas Pb dan Cd di perairan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran

Pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya zat atau energi oleh manusia secara langsung maupun tidak langsung ke dalam lingkungan yang dapat menyebabkan kerugian karena merusak sumber daya hayati, membahayakan kesehatan manusia, menghalangi aktivitas manusia dan menurunkan mutu suatu lingkungan yang digunakan manusia untuk beraktivitas. Jenis limbah yang berasal dari industri, limbah cair pemukiman (*sewage*), pertambangan, pelayaran (*shipping*) dan pertanian dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan, dimana salah satunya adalah pencemaran logam (Hutagalung dan Razak, 1982).

Air merupakan zat yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup, baik itu hewan, tumbuhan dan manusia. Apabila air telah tercemar logam-logam yang berbahaya akan mengakibatkan hal-hal yang buruk bagi kehidupan. Pada air tawar yang biasanya mengalir di sungai, logam yang terkandung di dalamnya biasanya berasal dari buangan air limbah, erosi, dan dari udara secara langsung. Air tawar biasanya material organik dan anorganik yang mengembang lebih banyak dari pada air laut. Material tersebut mempunyai kemampuan dalam mengabsorpsi logam, sehingga pencemaran logam pada air tawar lebih mudah terjadi. Pada air laut di lautan lepas kontaminasi logam biasanya terjadi secara langsung dari atmosfer atau karena tumpahan minyak dari kapal tangker yang melewatinya. Sedangkan daerah sekitar pantai kontaminasi logam kebanyakan berasal dari muara sungai yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri dan pertambangan (Darmono, 1995).

B. Pencemaran logam di Indonesia

Pencemaran laut di Indonesia sudah terjadi bertahun-tahun yang lalu. Banyak wilayah perairan Indonesia, terutama di Teluk Jakarta, pencemaran non-minyak telah dideteksi oleh LIPI tahun 1974. Telah dilakukan penelitian sebaran pestisida dan logam oleh sekelompok peneliti di berbagai tempat di wilayah pantai, seperti Jepara, Surabaya, Medan, Makassar dll (Romomohtarto, 1990).

Seiring dengan semakin meningkatnya industri di Indonesia, buangan limbah dari industri juga meningkat baik yang berupa bahan organik maupun anorganik baik yang berupa padatan maupun cairan yang mengandung logam baik Pb maupun Cd. Logam Pb dan Cd merupakan jenis buangan yang banyak terdapat di perairan. Sayangnya kebanyakan industri di Indonesia belum menyertakan unit pengolah limbah yang baik sehingga, masih banyak limbah yang dibuang ke saluran air dan akhirnya menuju perairan pantai (Hutagalung, 1991).

C. Pencemaran di kota Makassar

Pantai Losari sebagai sebagai pusat kegiatan warga kota Makassar sekaligus menjadi pusat industri, tentunya banyak menghasilkan limbah yang akan mencemari perairan di sekitar pantai Losari. Hal ini tentunya memerlukan perhatian yang serius. Beberapa aktivitas khususnya pelayaran kapal di sekitar kota Makassar mengakibatkan terjadinya peningkatan kadar logam Pb, Cd dan Cu. Berbagai tempat di kota Makassar seperti sungai Tallo, pantai Losari dan pulau Kayangan ditemukan konsentrasi logam Pb yang telah melewati ambang batas, baik untuk kepentingan pariwisata ataupun biota perairan. Untuk logam Cu dan Cd di sekitar muara sungai Tallo dan pantai Losari telah melewati ambang batas, sedangkan untuk pulau Kayangan kandungan logam Cu dan Cd masih dalam batas yang dapat di tolerir oleh tubuh manusia (Neswaty, 2006)

Bahan pencemar yang masuk ke ekosistem laut akan dipekatkan melalui proses fisik dan kimiawi dengan absorpsi, pertukaran ion dan pengendapan di dasar laut, sedangkan melalui proses biologi akan diserap oleh organisme laut, seperti avertebrata dan zooplankton (Darmono, 1995).

D. Logam Pb

Timbal (Pb) merupakan salah satu polutan dengan daya racun tinggi yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran bahan bakar minyak kendaraan bermotor. Sumber inilah yang saat ini memberi kontribusi kadar timbal dalam udara, selain dari buangan industri dan pembakaran batu bara. Timbal merupakan ancaman yang serius karena menebarkan racun di udara, dan menyusup ke paru-paru, beredar dalam darah dan menyebarkan efek buruk jangka panjang. Timbal dalam tubuh bersifat toksik dan akumulatif (Suciani, 2007).

Pb (timah hitam/timbal) dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang akan masuk ke dalam badan perairan. Pb yang masuk ke dalam badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk. Diantaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan dari pertambangan bijih timah hitam dan buangan sisa industri baterai. Buangan – buangan tersebut akan jatuh pada jalur – jalur perairan seperti anak – anak sungai untuk kemudian akan dibawa terus menuju lautan. Umumnya jalur buangan dari bahan sisa perindustrian yang menggunakan Pb akan merusak tata lingkungan perairan yang dimasukinya

(menjadikan sungai dan alirannya tercemar). Badan perairan yang telah memasukan senyawa atau ion – ion Pb, sehingga jumlah Pb yang ada di dalam badan perairan melebihi konsentrasi yang semestinya, dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan tersebut (Palar, 2008).

Secara alami Pb ditemukan di air permukaan. Kadar Pb pada air telaga dan air sungai adalah sebesar 1 -10 µg/liter. Di dalam air laut kadar Pb lebih rendah dari di dalam air tawar. Laut Bermuda yang dikatakan terbebas dari pencemaran mengandung Pb sekitar 0,07 µg/liter. Kandungan Pb dalam air danau dan sungai di USA berkisar antara 1-10 µg/liter (Sudarmaji dkk, 2006).

Standar baku mutu Air Laut untuk Wisata Bahari menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 51 tahun 2004 bahwa batas maksimum timbal yang diperbolehkan adalah 0,005 mg/l dan untuk organisme perairan yaitu 0,008 mg/l sedangkan menurut FAO/WHO tahun 1972 batas kandungan logam yang direkomendasikan untuk konsumsi antara lain Pb 3,0/orang; 0,05 mg/kg (bb).

E. Logam Cd

Kadmium (Cd) adalah salah satu jenis logam yang biasanya bercampur dengan logam lain, terutama dalam pertambangan seng (Zn) dan timah hitam (Pb) yang selalu ditemukan kadmium dengan kadar 0,2 – 0,4 %. Sifat dan kegunaan logam Cd ialah :

1. Mempunyai sifat tahan panas sehingga sangat bagus untuk campuran pembuatan bahan-bahan keramik, enamel dan plastik ; dan
2. Sangat tahan terhadap korosi sehingga bagus untuk melapisi pelat besi dan baja (Darmono. 1995).

Kadmium berwarna putih keperakan menyerupai almunium. Logam ini digunakan untuk melapisi logam lainnya seperti halnya seng, tetapi kualitasnya lebih baik walaupun harganya menjadi lebih mahal. Logam ini juga biasanya

digunakan sebagai elektrolisis di mana logam direndam atau disemprot. Seperti halnya Pb, Cd juga banyak digunakan sebagai bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik, biasanya dalam bentuk sulfida yang dapat memberi warna kuning sampai coklat sawo matang. Bentuk garam kadmium dari asam lemah sangat bagus untuk stabilisator pada pembuatan PVC ataupun plastik untuk mencegah radiasi dan oksidasi. Kadmium juga dapat digunakan untuk pembuatan aki (Darmono. 1995).

Konsetrasi logam Cd pada air di pantai muara Sungai Tallo dan pantai Losari Makassar jauh melebihi baku mutu air laut baik untuk keperluan pariwisata maupun untuk keperluan organisme perairan. Sebaliknya konsentrasi logam Cd dalam sedimen di perairan pantai Makassar belum menimbulkan efek biologis pada organisme perairan. Konsentrasi Cd pada daging kerang hijau di muara Sungai Tallo adalah 3,49 mg/kg, melebihi standar maksimum untuk keamanan konsumsi pangan (Neswaty, 2006). Standar maksimum kadar logam Cd pada makanan yang diperbolehkan untuk konsumsi adalah 2,0 mg/kg (FAO. 1994).

F. Biomonitoring

Perubahan kualitas air akibat masuknya logam dapat diketahui dengan menggunakan parameter biologi yang disebut biomonitoring. Biomonitoring merupakan cabang monitoring lingkungan dengan menggunakan organisme hidup, dengan mengamati kadar residu bahan pencemar yang terdapat dalam jaringan organisme hingga pengaruh biologi yang lebih spesifik. Bentuk atau tipe biomonitoring dapat dikembangkan berdasarkan perubahan karakteristik secara biokimia, fisiologi, morfologi atau tingkah laku organisme demikian juga pada sistem tradisional yang meliputi pengamatan kelimpahan dan indeks diversitas suatu komunitas (Djajadiningrat, 1982).

G. Kriteria biomarker

Salah satu kegiatan monitoring kualitas perairan dilakukan dengan menggunakan organisme, untuk mendeteksi efek sinergisme dari bahan pencemar yang tidak terdeteksi secara kimiawi (Soeprbowati,1999). Untuk menaksir efek toksikologis dari beberapa polutan kimia dalam lingkungan dapat diuji dengan menggunakan spesies yang mewakili lingkungan yang ada di perairan tersebut. Spesies yang diuji harus dipilih atas dasar kesamaan biokemis dan fisiologis dari spesies dimana hasil percobaan digunakan (Price, 1979). Menurut Price (1979) kriteria organisme yang cocok untuk digunakan sebagai uji hayati tergantung dari beberapa faktor :

1. Organisme harus sensitif terhadap material beracun dan perubahan lingkungan
2. Penyebarannya luas dan mudah didapatkan dalam jumlah yang banyak
3. Mempunyai arti ekonomi, rekreasi dan kepentingan ekologi baik secara lokal maupun nasional
4. Mudah dipelihara di laboratorium
5. Mempunyai kondisi yang baik, bebas dari penyakit dan parasit
6. Sesuai untuk kepentingan uji hayati

Beberapa organisme mempunyai kemampuan untuk mengontrol jumlah racun dalam tubuh mereka melalui proses pengeluaran. Organisme yang tidak dapat mengontrol jumlah kandungan racun akan mengakumulasi polutan dan jaringan mereka menunjukkan adanya polutan. Salah satu contoh biota tersebut adalah bivalvia yang sangat baik mengakumulasi polutan sehingga digunakan sebagai biomonitor polusi (Philips dan Me Roy, 1980).

H. Biomarker

Menurut Suseno dan Panggabean (2007) biomarker yaitu respon biologis yang dapat dihubungkan dengan pajanan atau efek kimiawi toksik terhadap lingkungan. Salah satu cara yang dapat menandai bahwa suatu perairan tercemar adalah biomarker. Biomarker merupakan metode untuk pendugaan masuknya bahan kimia berbahaya dan bersifat toksik di dalam perairan. Biomarker dapat memberikan informasi mengenai potensi merugikan dari polutan pada konsentrasi subletal dan bertindak sebagai peringatan awal untuk mengurangi kerusakan lingkungan.

I. Kerang Hijau sebagai Biomarker

Kerang hijau (*Perna viridis*) dijadikan organisme target dalam objek penelitian ini karena dalam mengambil sampelnya cukup mudah. Kerang hijau hidupnya menetap dan banyak melekat di kayu Dermaga, batu-batu maupun kapal-kapal tua serta hidup di perairan yang dangkal. Biota perairan ini juga memiliki enzim yang dinamakan enzim detoksifikasi (enzim untuk mengeluarkan racun) dalam jumlah yang relatif sedikit (Sureda, 2011).

Kerang merupakan salah satu biota perairan yang tubuhnya sangat mudah mengakumulasi bahan-bahan pencemar seperti logam. Penelitian ini menggunakan kerang sebagai objek utamanya karena kerang pergerakannya minimal pada satu tempat dan kerang merupakan biota perairan yang *filter feeder*. Logam yang masuk ke dalam perairan akan diserap oleh kerang (Riani dkk, 2004).

J. Laju Filtrasi Kerang

Laju filtrasi adalah volume air yang bebas partikel dalam satuan waktu. Laju filtrasi dapat dihitung dari penurunan eksponensial konsentrasi partikel yang

terjadi selama proses penyerapan makanan. Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap laju filtrasi kerang hijau yaitu suhu, oksigen terlarut, pH, salinitas, konsentrasi partikel tersuspensi, kekeruhan dan klorofil-a. sedangkan faktor dari dalam berupa penutupan cangkang (Bayne, 1998).

Kerang hijau sebagai organisme yang bersifat *filter feeder* yaitu mengambil makanan dengan cara menyaring air. Cara makan seperti ini mengakibatkan kecenderungan terakumulasinya bahan pencemar, kondisi tersebut mengakibatkan tubuh kerang hijau menjadi tempat akumulasi bahan-bahan yang tidak dapat dicernanya seperti logam Pb dan Cd. Penyaringan yang dilakukan oleh kerang hijau bersifat total sehingga tidak terpaku pada jenis makanannya saja. Mekanisme penyaringan yang dilakukan oleh kerang hijau yaitu dengan menyerap air melalui siphon inhalen kedalam rongga mantel oleh gerakan silia yang menutupi insang. Selanjutnya air dipompakan keluar melewati insang ke arah sepasang labial palp yang bersilia di setiap sisi mulut (Setyobudiandi, 2000).

K. Laju Filtrasi Sebagai Biomarker

Perna viridis mendapatkan makanan dengan cara menyaring partikel dari perairan termasuk didalamnya mikroalga. Makanan kerang hijau yang berupa mikroalga tersebut masuk kedalam rongga mulut setelah melalui penyaringan dengan cilia yang terdapat pada labial palp sehingga air yang mengandung makanan terbawa masuk kedalam rongga mantel. Kelangsungan hidup dan pertumbuhan kerang sangat dipengaruhi oleh kelimpahan pakan yang ada. Namun akhir akhir ini kondisi perairan pesisir semakin tidak menyehatkan dengan semakin banyaknya buangan dari aliran sungai yang masuk ke dalam perairan yang mengandung logam seperti Pb dan Cd. Kondisi ini diduga berpengaruh bagi mikroalga dan kerang hijau sendiri, karena hewan ini

merupakan bioakumulasi bagi logam. Sehingga kandungan logam tersebut semakin meningkat dalam tubuh kerang. Tentunya dengan semakin meningkatnya kandungan logam dalam tubuh baik yang masuk melalui rantai makanan (food chain) atau secara kontak langsung dengan jaringan akan menyebabkan kerang hijau terganggu dalam melakukan filtrasi makanan, maka diduga kerang hijau akan mengalami penurunan dalam pertumbuhan dan bahkan mengalami kematian. Dengan mengetahui konsentrasi optimal logam tersebut kita dapat mengetahui seberapa besar pengaruh logam terhadap kecepatan filtrasi baik berdasarkan konsentrasi yang ada maupun berdasarkan waktu karena lama kelamaan logam akan terakumulasi dalam jaringan kerang tersebut (Suryono, 2006).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu

Penelitian dilaksanakan dari tanggal 18 Januari hingga 8 Februari 2012 di Laboratorium Penangkaran dan Rehabilitasi ekosistem Laut FIKP Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Parasit dan Penyakit, FIKP Universitas Hasanuddin.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu akuarium berfungsi sebagai wadah pemaparan bahan pencemar. *Aerator* sebagai penyuplai oksigen kedalam akuarium, mikroskop berfungsi sebagai alat bantu untuk melihat dan menghitung jumlah *Spirulina* sp. di dalam haemchytometer. *Haemochytometer* berfungsi sebagai media untuk menghitung kepadatan *Spirulina* sp. Timbangan elektrik berfungsi untuk mengukur bobot tubuh kerang hijau dan *Spirulina* sp, Jangka sorong berfungsi untuk mengukur panjang, lebar dan tinggi kerang hijau. Gelas ukur 5 liter berfungsi untuk mengukur volume air laut yang akan di masukan kedalam akuarium, gelas ukur 1 liter berfungsi untuk mengukur volume larutan Pb dan Cd. *Water quality checker* berfungsi untuk mengukur kualitas air diantaranya suhu, pH, dan DO. *Hand refractometer* berfungsi untuk mengukur salinitas. Pipet tetes berfungsi untuk mengambil larutan dalam jumlah sedikit. Spoit berfungsi untuk mengambil sampel *Spirulina* sp. Eppendorf berfungsi untuk menyimpan sampel *Spirulina* sp.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serbuk Pb dan Cd berfungsi sebagai bahan pencemar, air laut berfungsi sebagai media hidup kerang hijau, akuades berfungsi untuk mengencerkan logam Pb dan Cd serta membersihkan *water quality checker* dan *hand refractometer*, tissu

berfungsi untuk membersihkan wadah dan peralatan.

C. Prosedur Penelitian

a. Persiapan Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan yaitu kerang hijau *Perna viridis* berukuran 4-5 cm yang diambil menggunakan tangan secara langsung pada daerah budidaya rumput laut di perairan Sigeri Mandalle, Kabupaten Pangkep. Kerang ini diambil dengan menggunakan perahu, dan disimpan pada *cool box* tanpa diputus bisusnya untuk mencegah kematian hewan uji. Kemudian hewan uji dibawa ke Laboratorium Penangkaran Rehabilitasi ekosistem Laut Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

b. Aklimatisasi Hewan Uji.

Aklimatisasi sebagai proses penyesuaian hewan uji terhadap lingkungan yang baru. Hewan uji ditempatkan dalam akuarium yang diisi dengan air laut yang berfungsi sebagai tempat aklimatisasi/ adaptasi kerang hijau, kemudian diaerasi. Proses aklimatisasi dilakukan selama 1 minggu dan diberikan pakan *Spirulina* sp setiap hari. Aklimatisasi dilakukan terhadap kerang hijau agar bisa beradaptasi dengan air dan kualitas air yang baru. Setelah beradaptasi dengan baik baru kemudian digunakan dalam pemaparan logam Pb dan Cd.

c. Persiapan Uji Konsentrasi Pb dan Cd

Seri konsentrasi Pb dan Cd yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan rumus pengenceran sebagai berikut

$$V_1M_1=V_2M_2$$

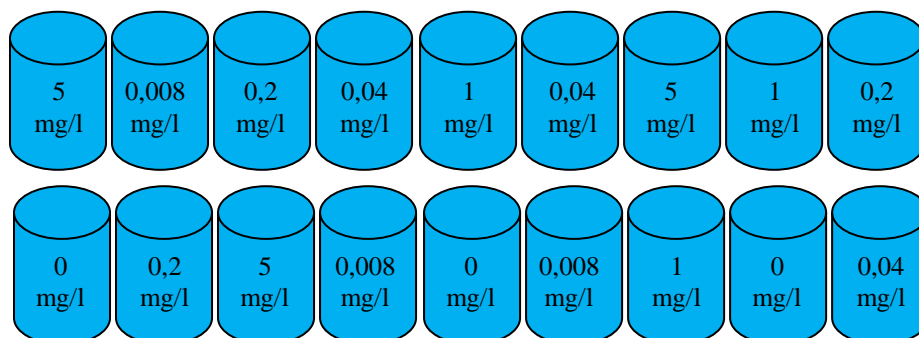
V_1 = volume sebelum pengenceran
 M_1 = konsentrasi sebelum pengenceran
 V_2 = volume setelah pengenceran
 M_2 = konsentrasi setelah pengenceran

Hasil konsentrasi yaitu 0 mg/l, 0.008 mg/l, 0.04 mg/l, 0.2 mg/l, 1 mg/l dan 5 mg/l. Penentuan seri konsentrasi ini didasarkan pada standar baku mutu air laut untuk Wisata Bahari menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 51 tahun 2004 bahwa batas maksimum timbal 0,005 mg/l dan untuk organisme perairan yaitu 0,008 mg/l untuk, konsentrasinya dinaikkan 5 kali. Untuk membuat seri konsentrasi Pb dan Cd tersebut digunakan serbuk Pb dan Cd, dengan komposisi serbuk Pb sebanyak 2.5 g dan Cd sebanyak 2.5 g. Sehingga jumlah kandungan sebanyak 5 g dilarutkan ke dalam 1 liter akuades sehingga diperoleh larutan Pb dan Cd dengan konsentrasi 5 g/L (5000 mg/L). Dari larutan Pb dan Cd ini kemudian diencerkan sesuai dengan seri konsentrasi yang ditentukan.

d. Rancangan Percobaan Penelitian

Desain penelitian yang akan digunakan yaitu rancangan acak lengkap yang terdiri dari enam perlakuan dan tiga kali ulangan, sehingga terdapat 18 unit percobaan. Keenam perlakuan tersebut adalah enam konsentrasi Pb dan Cd.

Tata letak wadah (akuarium dengan volume 5 liter) setiap unit percobaan dilakukan secara acak, disusun dengan menggunakan tabel bilangan acak (Gasperz, 1991). Hasil pengacakan unit percobaan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain tata letak wadah penelitian

e. Pemaparan Pb dan Cd

Pada penelitian ini, kerang hijau yang dikumpulkan dari budidaya rumput laut di Sigeri Mandalle Kapupaten Pangkep sebanyak 400 ekor. Setelah ditempatkan dalam wadah aklimatisasi selama 1 minggu, kerang hijau yang akan digunakan dalam penelitian dipilih sebanyak 270 ekor dengan panjang berkisar 4-5 cm.

Hewan uji (kerang hijau *Perna viridis*) dimasukkan kedalam akuarium yang berisi air laut yang telah dicemari Pb dan Cd dengan volume 4 L. Masing-masing akuarium berisi 15 ekor kerang hijau yang telah diaklimatisasi. Pemaparan dilakukan selama 2 minggu. Kualitas air diukur setiap hari satu jam sebelum penggantian air (Lampiran 6). Hal yang sama juga dilakukan pada pemberian makan kerang hijau berupa *Spirulina* sp (lampiran 7 dan 8).

f. Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati meliputi :

1. Laju Filtrasi

Pengamatan laju filtrasi dilakukan setelah proses pemaparan dengan Pb dan Cd selesai. Hewan uji yang digunakan sebanyak 6 ekor tiap wadah. Masing masing wadah diisi dengan 2 liter air laut. Kemudian setiap wadah diberi *Spirulina* sp. Setelah 1 jam pengambilan sampel dilakukan pada setiap wadah masing-masing 2 ml menggunakan spoit. Setelah itu dilakukan pengamatan jumlah *Spirulina* sp pada haemochytometer dengan bantuan mikroskop pada perbesaran 4 x 10.

Spirulina sp sebagai makanan kerang hijau ditimbang sebanyak 1 gr dan dicampur dengan 1 L air. *Spirulina* sp yang telah dicampur diambil sebanyak 50 ml untuk dimasukan kedalam akuarium. Akuarium diaerasi dan di aduk rata agar sebaran *Spirulina* sp tersebar merata. Setelah *Spirulina* sp tersebar merata dilakukan pengambilan sampel dan pengamatan kepadatan *Spirulina* sp sebagai

Konsentrasi awal pada waktu 0 (C_0) pada setiap akuarium. Kemudian kerang hijau dimasukkan kedalam akuarium dan didiamkan selama 1 jam. Setelah penyerapan *Spirulina* sp oleh kerang hijau selama 1 jam, dilakukan pengambilan sampel konsentrasi *Spirulina* sp pada waktu t (C_t) dan diamati kepadatannya pada *haemocytometer*. Setelah itu dilakukan perhitungan laju filtrasi.

Rumus untuk menghitung jumlah spirulina dalam kotak sedang adalah :

Jumlah sel/ml = rata-rata jumlah sel *Spirulina* sp x 10^4 x faktor pengenceran.

Perhitungan laju filtrasi kerang dengan menggunakan persamaan berikut (Coughlan, 1969) yaitu :

$$FR = \frac{V}{nt} \log \frac{C_0}{C_t}$$

Dimana :

FR : tingkat penyerapan/ laju filtrasi kerang (ml jam^{-1})

V : volume wadah uji (ml)

n : jumlah hewan uji yang digunakan dalam setiap wadah

t : waktu (jam)

C_0 : konsentrasi *Spirulina* sp dalam wadah uji pada waktu 0

C_t : konsentrasi *Spirulina* sp dalam wadah uji pada waktu t

2. Kualitas Air

Kualitas air yang akan diukur yaitu suhu, pH, DO, dimana dalam pengukuran parameter kualitas air tersebut menggunakan *water quality checker*., sedangkan untuk salinitas menggunakan *hand refractometer*. Pengambilan data dilakukan sebelum penggantian air dalam wadah.

D. Analisis Data

Data yang diperoleh dari percobaan diuji normalitas dan homogenitasnya. Hasil uji menunjukkan data berdistribusi normal dan homogen. Kemudian

dianalisis dengan menggunakan analisis varians (ANOVA). Untuk melihat ada perbedaan antara perlakuan kontrol (0 mg/l) dengan perlakuan yang lainnya digunakan uji lanjutan Benferroni. Analisis data dilakukan dengan bantuan *software* SPSS V.16.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Mortalitas

Selama proses pemaparan logam Pb dan Cd, ditemukan beberapa hewan uji mengalami kematian. Hewan uji yang mengalami kematian yaitu pada hari ke 3 dengan jumlah kerang hijau yang mati masing masing pada konsentrasi 1 mg/l untuk ulangan ke 2 mati 1 ekor dengan panjang 4,4 cm dengan kondisi air keruh, untuk konsentrasi 5 mg/l mati 1 ekor dengan panjang 4,6 cm. Hewan uji yang mengalami kematian pada hari ke 4 yaitu masing-masing pada konsentrasi 0,008 mg/l untuk ulangan ke 2 mati 1 ekor dengan panjang 4,94 cm, untuk konsentrasi 5 mg/l untuk ulangan 1 mati 12 ekor dengan rata-rata panjang 4,4 cm, untuk ulangan ke 2 mati 14 ekor dengan rata-rata panjang 4,5 cm, untuk ulangan ke 3 mati 15 ekor dengan rata-rata panjang 4,53 cm, untuk hari ke 6 hewan uji yang mengalami kematian hanya pada konsentrasi 1 mg/l untuk ulangan ke 2 jumlah satu ekor dengan panjang 4,77 cm. Hari ke 7 sampai dengan hari ke 14 tidak ada hewan uji yang mengalami kematian. Presentasi mortalitas kerang hijau dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk mortalitas perhari dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 1. Presentase total mortalitas kerang hijau selama pemaparan logam

Konsentrasi logam Pb dan Cd (mg/l)	Jumlah kematian	Total jumlah kerang	Mortalitas %
0	0	36	0
0,008	1	36	2,8
0,04	0	36	0
0,2	0	36	0
1	3	36	8,3
5	36	36	100

2. Parameter Fisika dan Kimia

Parameter fisika dan kimia yang diukur pada penelitian ini adalah kadar oksigen terlarut (DO), salinitas, suhu dan pH. Rincian data hasil pengamatan selama penelitian dari setiap parameter ditunjukkan pada lampiran 1-4. Hasil pengukuran setiap parameter dengan seri konsentrasi yang berbeda di tunjukan pada Tabel 2 dan lampiran 1-4.

Tabel 2. Rata-rata hasil pengukuran setiap parameter fisika dan kimia. \pm standar deviasi

konsentrasi logam Pb dan Cd (mg/l)	Parameter kualitas air			
	Suhu ($^{\circ}$ C)	Salinitas ($^{\circ}$ /oo)	pH	Oksigen Terlarut
0	25.6 \pm 1.3167	28.6 \pm 0.4171	7.7 \pm 0.0931	5.3 \pm 0.1509
0.008	25.6 \pm 1.600	28.5 \pm 0.4052	7.7 \pm 0.1014	5.4 \pm 0.1459
0.04	25.8 \pm 1.965	28.6 \pm 0.4371	7.7 \pm 0.0899	5.4 \pm 0.1344
0.2	25.7 \pm 1.2704	28.6 \pm 0.4688	7.7 \pm 0.0888	5.5 \pm 0.1557
1	25.9 \pm 1.4255	28.8 \pm 0.4482	7.8 \pm 0.0624	5.3 \pm 0.1366
5	26 \pm 0.4574	28.4 \pm 0.6462	7.9 \pm 0.0313	5.4 \pm 0.1627

Kisaran suhu pada media uji selama 14 hari pada pemaparan logam Pb dan Cd relatif sama dengan peningkatan dan penurunan 0,1 $^{\circ}$ C. Kisaran suhu selama penelitian yaitu 25,6 – 26 $^{\circ}$ C. Kisaran salinitas pada media uji selama 14 hari pada pemaparan logam Pb dan Cd relatif sama dengan peningkatan dan penurunan 0,1 $^{\circ}$ C berkisar antara 28,4 – 28,8 $^{\circ}$ /oo.

Kisaran pH suhu media uji selama 14 hari pada pemaparan logam Pb dan Cd pendahuluan relatif sama dengan peningkatan dan penurunan 0,1 $^{\circ}$ C, berkisar antara 7,7 – 7,9. Kisaran oksigen terlarut (*Dissolved oxygen*) pada media uji selama 14 hari pada pemaparan logam Pb dan Cd berkisar antara 5,3 – 5,5 ppm.

3. Laju Filtrasi

Dari hasil pengamatan jumlah *Spirulina* sp yang tersebar didalam haemachytometer terlihat sebaran *Spirulina* sp. yang sedikit, sehingga perhitungan kepadatan *Spirulina* sp menggunakan kotak sedang. Dari hasil penelitian diperoleh rata – rata laju filtrasi kerang hijau (*Perna viridis*) dalam wadah uji yang diberi pakan plankton (*Spirulina* sp) masing – masing konsentrasi 0 mg/l, 0,008 mg/l, 0,04 mg/l, 0,2 mg/l, 1 mg/l dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk data kepadatan *Spirulina* sp pada saat ada kerang dan sebelum ada kerang dapat dilihat pada Lampiran 5 dan 6, untuk data laju filtrasi perseri konsentrasi dapat dilihat pada lampiran 7.

Tabel 3. Rata-rata Laju Filtrasi Kerang hijau pada beberapa seri konsentrasi logam

Konsentrasi logam Pb dan Cd (mg/l)	Rata-Rata Laju filtrasi (ml ind ⁻¹ ·jam ⁻¹)
0	99.95428 ± 79.7579
0,008	118.3255 ± 38.31535
0,04	62.22342 ± 68.56965
0,2	90.96167 ± 77.84904
1	101.3902 ± 73.7124

Nilai laju filtrasi pada Tabel 3 merupakan hasil dari rata–rata nilai filtrasi per konsentrasi. Untuk konsentrasi 5 mg/l semua hewan uji tidak mampu bertahan sehingga mengalami kematian.

B. PEMBAHASAN

1. Mortalitas

Mortalitas diartikan sebagai ukuran jumlah kematian, biasanya disebabkan oleh sesuatu yang bersifat spesifik misalnya terdapat bahan logam beracun pada suatu lingkungan. Ukuran total kematian yang dimaksud yaitu

kematian-kematian individu dalam suatu populasi. Umumnya mortalitas dinyatakan sebagai presentase dari populasi semula yang mati dalam jangka waktu tertentu (Utomo, 2001).

Pada konsentrasi 0,008 terjadi kematian 1 ekor kerang hijau pada hari ke 4, hal ini disebabkan oleh kondisi tubuh kerang yang kurang baik. Pada konsentrasi 5 mg/l presentase kematian kerang hijau mencapai 100%, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan kerang hijau dalam mentolerir bahan logam memiliki ambang batas. Menurut Chan (1988) untuk logam Pb ambang batas logam yang dapat ditolerir oleh kerang hijau sebesar $4460 \mu\text{g l}^{-1}$ selama 168 jam sedangkan untuk logam, Cd sebesar $1020 \mu\text{g l}^{-1}$ selama 168 jam, dimana ketika melewati batas yang dapat ditolerir oleh kerang hijau maka akan terjadi kematian.

2. Parameter Fisika dan Kimia

a. Suhu

Suhu sangat berperan terhadap metabolisme dan pertumbuhan organisme, juga berpengaruh terhadap jumlah oksigen terlarut dalam perairan karena suhu berkaitan dengan intensitas cahaya sehingga akan meningkatkan produktifitas dari proses fotosintesis dan distribusi fitoplankton (Armita, 2011)

Kerang hijau bersifat politermik yaitu laju metabolisme tubuh meningkat seiring dengan meningkatnya suhu sekitar. Suhu juga memiliki peranan penting pada pertumbuhan kerang hijau yaitu dalam aktivitas makan (Okumus *et al.*, 2002). Rata-rata suhu yang diamati pada saat penelitian relatif sama yaitu berkisar 25°C yang mana masih berada dalam kisaran toleransi organisme laut yaitu $20-35^{\circ}\text{C}$ dan kondisi optimal pertumbuhan kerang hijau yaitu $26-32^{\circ}\text{C}$ (Sivalinggam, 1977).

b. Salinitas

Salinitas merupakan kadar garam terlarut dalam air. Pertambahan akumulasi logam dan toksisitas berhubungan dengan berkurangnya salinitas, dimana kerang hijau yang berasal dari perairan dengan salinitas yang tinggi dan rendah umumnya mengalami penambahan akumulasi logam ketika salinitas rendah (Siregar, 2009).

Kisaran salinitas pada penelitian ini yaitu 28 ‰ yang mana masih berada pada kisaran salinitas yang optimum untuk pertumbuhan organisme laut khususnya bivalvia yaitu 24-30‰ (Rasak, 1988). Terkhusus untuk kerang hijau kisaran toleransi terhadap salinitas yaitu 27-35‰ (Sivalinggam, 1977). Laju filtrasi pada salinitas 15 ‰ dan 30 ‰ mempunyai nilai yang sama, tetapi pada saat terjadi perubahan salinitas yang lebih tinggi atau rendah maka laju filtrasi mengalami penurunan (Bayne, 1976).

c. pH

Derajat keasaman perairan sangat berpengaruh terhadap tingkat toksisitas bahan beracun yang berada di dalamnya. Perairan dengan pH kurang dari 6 akan menyebabkan gangguan terhadap proses metabolisme organisme bentik, termasuk kerang hijau. Bahkan jika mencapai pH 4 akan bisa mematikan bagi organisme yang hidup di perairan bebas, sedangkan pH di atas 9 juga tidak menguntungkan bagi organisme air. Nilai pH yang diamati rata-rata berkisar 7,7 dengan sedikit perubahan untuk setiap konsentrasinya. Kerang hijau memiliki kondisi pH optimum pertumbuhan kerang hijau pada kisaran 6,0 - 8,2 (Sivalinggam, 1977).

d. Oksigen Terlarut

Oksigen memiliki peranan penting dalam kehidupan organisme baik secara langsung maupun tidak langsung. Oksigen terlarut dalam air diperoleh

langsung dari udara, yaitu difusi secara langsung dari udara dan melalui pergerakan air yang teratur, juga dihasilkan dari fotosintesis tanaman yang berklorofil. Banyak tidaknya konsumsi oksigen dipengaruhi oleh aktivitas metabolisme hewan yang berada didalamnya (Niswari, 2004). Pada penelitian ini diperoleh kisaran oksigen terlarut sebesar 5,4 ppm. Menurut Sivalinggam (1977), kisaran oksigen terlarut yang baik untuk kehidupan kerang hijau adalah 5,5-6,0 ppm.

Dari semua parameter kualitas air yang dianalisis masih sesuai dengan kehidupan kerang hijau sehingga faktor kualitas air tidak mempengaruhi toksisitas logam.

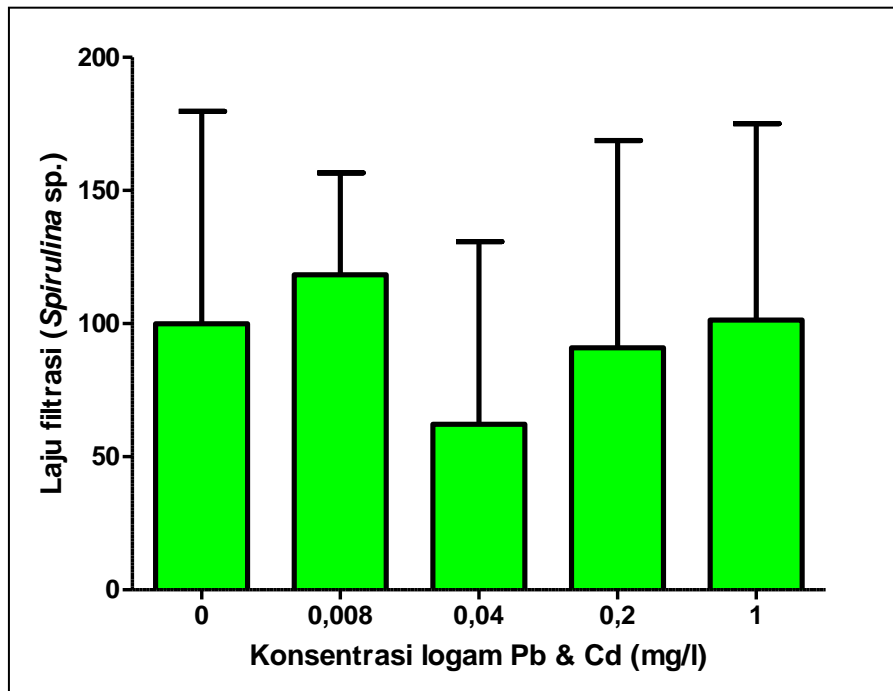
3. Laju Filtrasi

Laju filtrasi dapat dihitung dari penurunan eksponensial konsentrasi partikel yang terjadi selama proses pemakanan. Kerang melakukan filtrasi siang hari maupun malam hari. Laju filtrasi kerang hijau dipengaruhi oleh ukuran partikel/sel, kepadatan dan kualitas alga, ukuran kerang dan faktor lingkungan. Sedangkan faktor lingkungan yang mempengaruhi laju filtrasi adalah suhu, salinitas, konsentrasi partikel tersuspensi. (Bayne, 1976).

Dalam berbagai penelitian, pengukuran terhadap laju filtrasi ditujukan untuk mengetahui kemampuan hewan uji dalam hal menyerap dan menyaring partikel-partikel yang ada dalam air, terutama partikel dalam bentuk suspensi. Laju filtrasi yang dimaksud di sini adalah banyaknya volume air yang disaring dari partikel-partikel terutama partikel tersuspensi per unit waktu. Hasil pengamatan secara teoritis menunjukkan terjadinya penurunan kepadatan plankton atau konsentrasi bahan-bahan terlarut maupun tersuspensi per unit waktu. Hal ini terjadi dengan asumsi bahwa terjadi penyerapan plankton plankton oleh hewan uji, yaitu kerang hijau.

Penggunaan laju filtrasi dalam memonitoring kondisi lingkungan perairan juga pernah dilakukan oleh Michiel *et al* (1993) meskipun dengan jenis kerang yang berbeda yaitu kerang zebra selama 48 jam pengamatan. Peneliti mengamati bahwa laju filtrasi kerang zebra mengalami penurunan pada media uji yang mana mengandung Cu, Zn, Pb dan Cd. Selanjutnya disimpulkan bahwa laju filtrasi kerang zebra dapat dijadikan sebagai penanda adanya pencemaran di perairan sungai. Sedangkan penelitian laju filtrasi menggunakan kerang biru telah dilaksanakan oleh Petersen *et al* (2004) menggunakan *indirect method* dan *biodeposition method* yang menunjukkan bahwa pada *biodeposition method* menghasilkan nilai laju filtrasi yang lebih rendah dibanding metode yang lain. Penelitian yang sama dengan metode Petersen dilaksanakan oleh Putra (2006) namun menggunakan kerang hijau. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa laju filtrasi kerang hijau bervariasi pada metode dan media yang berbeda, namun secara keseluruhan laju filtrasi pada media alami dan kultur menunjukkan hasil yang relatif signifikan. Untuk penelitian penggunaan laju filtrasi juvenil kerang hijau telah diteliti oleh Kahyudin (2012) menggunakan juvenil kerang hijau *Perna viridis* sebagai organisme target dan memaparnya dengan logam Pb selama 1 minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju filtrasi juvenil kerang hijau hanya dapat mendeteksi logam Pb dengan konsentrasi 1 mg/l

Penelitian ini menunjukkan bahwa setelah melakukan pemaparan menggunakan berbagai seri konsentrasi logam Pb dan Cd selama 14 hari terjadi kematian kerang hijau pada beberapa konsentrasi. Kematian total terjadi pada konsentrasi 5 mg/l (Tabel 1). Oleh karena itu laju filtrasi kerang hijau pada konsentrasi 5 mg/l tidak diukur. Laju filtrasi kerang hijau selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Laju filtrasi kerang hijau pada beberapa seri konsentrasi logam

Berdasarkan Gambar 2 dapat diamati bahwa laju filtrasi kerang hijau mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi logam mempengaruhi laju filtrasi. Respon fisiologis kerang hijau berbeda-beda terhadap nilai konsentrasi. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa laju filtrasi kerang hijau turun pada konsentrasi 0,04 mg/l. Hal ini diduga kerang hijau lebih banyak melakukan penutupan cangkang untuk menghindari cemaran logam Pb dan Cd. Hal ini berbeda pada konsentrasi 0,2 mg/l kerang hijau melakukan filtrasi yang cukup tinggi untuk mengakumulasi makanan sebagai sumber energi untuk melawan kehadiran bahan pencemar yang masuki ke dalam tubuhnya. Kemudian pada konsentrasi 1 mg/l nilai laju filtrasi mengalami penurunan, hal ini dimungkinkan karena mulai terjadi kerusakan pada bagian mantel kerang hijau sehingga proses penyiponan menjadi berkurang. Hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan laju filtrasi. Selain itu kemungkinan terdapat kerusakan pada bagian insang kerang hijau.

Akan tetapi berdasarkan analisis statistik tidak ditemukan perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) antara laju filtrasi kerang hijau yang diujikan (Lampiran 5). Hal ini disebabkan kerang hijau dewasa yang digunakan memberikan respon fisiologis yang berbeda beda terhadap bahan pencemar Logam Pb dan Cd, baik disebabkan oleh faktor internal maupun eksternal sehingga laju filtrasi kerang hijau dewasa tidak dapat dijadikan sebagai Biomarker.

Penelitian mengenai laju filtrasi kerang hijau oleh Kahyudin (2012) menggunakan juvenil kerang hijau *Perna viridis* sebagai organisme target dan memaparnya dengan logam Pb selama 1 minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju filtrasi juvenil kerang hijau hanya dapat mendeteksi logam Pb dengan konsentrasi 1 mg/l.

Hasil penelitian Suryono (2006) menunjukkan hasil uji ANOVA terhadap data kecepatan filtrasi kerang hijau terhadap mikro alga *Skeletonema* sp pada media yang tercemar logam Cu menunjukkan nilai perbedaan yang sangat nyata ($p < 0,01$) yang berarti konsentrasi logam Cu pada media memberi pengaruh yang sangat nyata terhadap filtrasi mikro alga *Skeletonema* sp. Demikian juga halnya pada logam Pb yang terdapat pada media juga memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap filtrasi kerang hijau terhadap mikro alga *Skeletonema* sp ($p < 0,01$) Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi logam Cu dan Pb dalam media akan menunjukkan penurunan filtrasi kerang hijau terhadap *Skeletonema* sp yang terdapat di dalamnya hal tersebut menunjukkan bahwa logam tersebut berpengaruh buruk terhadap kerang hijau *Perna viridis*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Konsentrasi logam Pb dan Cd yang tinggi mengakibatkan kematian pada beberapa kerang hijau khususnya pada konsentrasi 5 mg/l yang menunjukkan mortalitas sebesar 100% pada hari ke 5.
2. Berdasarkan uji statistik tidak ada perbedaan laju filtrasi kerang hijau, sehingga laju filtrasi kerang hijau dewasa tidak dapat dijadikan sebagai biomarker.

B SARAN

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan laju filtrasi pada kerang hijau sebagai biomarker pencemaran di perairan, dengan menggunakan juvenil kerang hijau.
2. Perlu adanya penambahan lama pemaparan logam, jenis logam yang berbeda serta seri konsentrasi yang berbeda terhadap kerang hijau agar proses akumulasi bahan pencemar dapat maksimal.
3. Perlu adanya pengamatan secara histologi untuk melihat kerusakan pada organ tubuh kerang hijau akibat dari pencemaran logam Pb dan Cd.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B. 2002. Distribusi Logam Pb, Cu dan Zn pada Sedimen di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau. *Jurnal Natur Indonesia* 5(1): 9-16
- Bayne, B. L. 1998. The Physiology of Suspension Feeding by Bivalve Molluscs : an Introduction to the Plymouth "TROPHEE" Workshop. *J Exp Mar Biol Ecol* 219:1-19
- Chan H.M, 1988. ccumulation and tolerance to cadmium, copper, lead and zinc by the green mussel *Perna viridis*. *J Exp Mar Biol Ecol* 48:295-303
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Universitas Indonesia (UIPress). Jakarta.
- Djajadiningrat, A. 2006. *Mengenal Lebih Dalam Semburan Lumpur Panas Kasus Porong Sidoarjo*. Simposium Nasional. Surabaya.
- Effendie, M.I., 1979. Metode Biologi Perikanan. Cetakan Pertama. Yayasan Dewi Sri, Bogor.
- FAO. 1972. Food Composition Table for Use In East Asia. Food Policy and Nutrition Division. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome
- FAO, 1994. FAO Years book. Fishery statistic Vol 74. FAO Rome.
- Febrda, E, Suwondo, dan Umairah D. 2006. Kandungan Logam (Pb dan Cu) pada Sipetang (*Pharos sp*) sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Selat Bengkalis. Laboratorium Pendidikan Biologi Jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau Pekanbaru.
- Hutagalung, H.P dan H. Razak. 1982. Pengamatan Pendahuluan Kadar Pb dan Cd dalam Air dan Biota di Estuari Muara angke. *Oseanologi Indonesia*.
- J. Coughlan. 1969 The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions. *Mar. Biol.*, 2 , 356–358.
- Johari, HS. 2009. Analisis Kandungan Logam Cu, Cd dan Pb Di Perairan Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta (Studi kasus P. Panggang dan P. Pramuka). Tesis. Bogor.
- Kahyudin K, 2012. laju filtrasi juvenil kerang hijau *perna viridis* sebagai biomarker pencemaran logam timbal (pb). Skripsi : Jurusan Ilmu Kelatan FIKP-UNHAS. Makassar.
- Lestari dan Edward. 2004. Dampak Pencemaran Logam Terhadap Kualitas Air Taut dan Sumberdaya Paikanan (Studi Kasus Kematian Massal Ikan Ikan di Teluk Jakarta). *Makara Sains*. 8, 52-58.
- Lifu, I., 2001. *Estimasi BOD di sekitar Pantai Losari Kota Makassar, Sulawesi Selatan*. Skripsi : Jurusan Ilmu Kelatan FIKP-UNHAS. Makassar.

- Michiel H.S . Kraak, Fred Kuipers, Hans Schoon, Chris J . de Groot & Wim Admiraal. 1994. The filtration rate of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* used for waterquality assessment in Dutch rivers. *Hydrobiologia* 294 : 13 -16,
- Neswaty, R. 2006. Kandungan Logam Timbal (Pb), Tembaga (Cu) dan kadmium (Cd) pada air di Beberapa Lokasi Perairan Makassar .Skripsi.Jurusan Perikanan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Niswari, A.P. 2004. Studi Morfometrik Kerang Hijau (*Perna viridis*, L.) di Perairan Cilincing Jakarta Utara. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Okumus, I., N. Bascinar, dan M. Ozkan. 2002. The Effects of Phytoplankton Concentration, Size of Mussel and Water Temperature on Feed Consumption. *Lmk. Turk J. Zool* (2002) 26 (167-172)
- Palar, H., (2008), Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, Cetakan keempat, Jakarta : Penerbit PT Rineka Cipta.
- Petersen, J.K., S. Bourier, A.C. Smaal, P. Garen, S. Robert, J.EN. Larsen, dan E. Brummelhuis. 2004. Intercalibration of mussel *Mytilus edulis* Clearance Rate Measurements. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 267 :187-194.
- Philips, R.C. & C.P. Me Roy (eds). 1980. *Hand Book of Seagrass Biology*. STPM Press, N.Y. Garland. P353.
- Price, D.R.H. 1879. *Fish as Indicators of Water Quality*. John Wiley and Sons.Chicester. Toronto
- Putra, W.S. 2006. Laju filtrasi kerang hijau (*Perna viridis* L. 1758) dalam mereduksi bahan tersuspensi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Riani , E., S.H. Sutjahjo dan I. Mulyawan. Penanganan Limbah B3 dengan Sistem Biofilter Kerang Hijau di Teluk Jakarta.Pemerintah Kota Jakarta. Jakarta.
- Romimohtarto K. 1990. Pengantar Pencemaran Laut. Kursus Monitoring Pencemaran Laut II. Jakarta.
- Saurel. C., J. C. Gascoigne, M. R. Palmer, and M. J. Kaiser. 2007. In situ mussel feeding behavior in relation to multiple environmental factors: Regulation through food concentration and tidal conditions. *Limnol. Oceanogr.*, 52(5).
- Setyobudiandi, I. 2000. Sumberdaya Hayati Moluska Kerang Mytilidae. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Siregar, I. S., 2009. Bioakumulasi Kadmium Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Dengan Aplikasi Perunut Radioaktif. *Jurnal Biologi Indonesia* 6(1): 39-50
- Sivalinggam, P.M. 1977. *Aquaculture of Green Mussel, Mytilus viridis*

- Linnaeus, in Malaysia [Electronic version]. *Aquaculture*, 11:297 – 312.
- Sudarmaji, Mukono. J dan I.P. Corie 2006. *Toksikologi Logam B3 dan Dampaknya Terhadap Masyarakat*. Universitas Airlangga.
- Suciani, Sri. 2007. *Kadar Timbal dalam Darah Polisi Lalu Lintas dan Hubungannya dengan Kadar Hemoglobin*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sureda, A., A. Boxa, S. Tejadab, A. Blancoc, J. Caixachd & S. Deuderoe. 2011. Biochemical responses of *Mytilus galloprovincialis* as biomarkers of acute environmental pollution caused by the Don Pedro oil spill (Eivissa Island, Spain). *Aquatic Toxicol.*, 101: 540–549.
- Suryono C. A, 2006. Kecepatan Filtrasi Kerang Hijau *Perna viridis* terhadap *Skeletonema* sp pada Media Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu). Jurusan Ilmu Kelautan FPIK Universitas Diponegoro, Semarang.
- Soeprbowati, Tri Retnaningsih. 1999. *Metode Biomonitoring Diatom Sebagai Bioindikator dalam Menentukan Tingkat Kualitas Perairan*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suseno, H dan, M.S Panggabean. 2007, *Merkuri : Spesiasi dan Bioakumulasi pada Biota laut*. Volume 10 Nomor 1.
- Wardoyo, 1981. Kriteria kualitas air untuk keperluan pertanian dan perikanan. Pusat Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan. IPB. Bogor

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data oksigen terlarut selama penelitian

hari	ulangan	konsentrasi					
		A	B	C	D	E	F
		0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l	5 mg/l
1	1	5,6	5,2	5,4	5,6	5,4	5,4
	2	5,1	5,3	5,5	5,4	5,4	5,4
	3	5,3	5,3	5,4	5,3	5,4	5,4
2	1	5,6	5,2	5,4	5,6	5,4	5,4
	2	5,1	5,3	5,5	5,4	5,4	5,4
	3	5,3	5,3	5,4	5,3	5,4	5,4
3	1	5,6	5,4	5,4	5,6	5,2	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,1	5,3	5,5
	3	5,3	5,4	5,4	5,3	5,3	5,4
4	1	5,2	5,5	5,2	5,1	5,7	5,1
	2	5,3	5,2	5,6	5,7	5,3	5,2
	3	5,6	5,4	5,2	5,6	5,4	5,8
5	1	5,8	5,7	5,3	5,6	5,8	5,5
	2	5,6	5,8	5,7	5,9	5,8	5,6
	3	5,7	5,5	5,4	5,8	5,1	0
6	1	5,2	5,5	5,3	5,3	5,6	0
	2	5,1	5,6	5,5	5,6	5,2	0
	3	5,6	5,2	5,2	5,5	5,2	0
7	1	5,4	5,1	5,4	5,7	5,7	0
	2	5,3	5,3	5,6	5,6	5,3	0
	3	5,4	5,5	5,3	5,5	5,2	0
8	1	5,2	5,2	5,7	5,9	5,1	0
	2	5,2	5,1	5,2	5,2	5,5	0
	3	5,4	5,2	5,2	5,4	5,2	0
9	1	5,1	5,1	5,4	5,4	5,2	0
	2	5,2	5,1	5,2	5,3	5,3	0
	3	5,2	5,1	5,2	5,2	5,2	0
10	1	5,1	5,1	5,2	5,3	5	0
	2	5,1	5,6	5,1	5,6	5,2	0
	3	5,1	5,2	5,2	5	5,2	0
11	1	5,3	5	5,8	5,2	5,2	0
	2	5,6	5,2	5,6	5,1	5,1	0
	3	5,7	5,2	5,2	5,2	5,1	0

Lampiran 1. Lanjutan

hari	ulangan	konsentrasi					
		A	B	C	D	E	F
		0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l	5 mg/l
12	1	5,3	5,5	5,2	5,2	5,2	0
	2	5,3	5,5	5,5	5,4	5,5	0
	3	5,4	5,2	5,4	5	5,3	0
13	1	5,7	5,5	6	6,2	5,8	0
	2	5,3	5,5	5,6	5,6	5,5	0
	3	5,4	5,4	5,5	5,3	5,4	0
14	1	5,2	5,3	5,7	5,7	5,2	0
	2	5,4	5,3	5,3	5,5	5,3	0
	3	5,2	5,3	5,4	5,1	5,3	0
RATA -RATA		5,3548	5,3262	5,4071	5,4357	5,3405	1,8071

Lampiran 2 Data suhu selama penelitian

hari	ulangan	konsentrasi					
		A	B	C	D	E	F
		0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l	5 mg/l
1	1	26,5	26,4	27	27,2	27,3	26,4
	2	26,4	26,5	26,3	27,1	29,2	25,5
	3	26,4	26,4	26,5	26,4	26,5	25,5
2	1	26,5	26,4	27	27,2	27,3	26,4
	2	26,4	26,5	26,3	27,1	29,2	25,5
	3	26,4	26,4	26,5	26,4	26,5	25,5
3	1	25,7	25,8	25,8	25,9	25,8	25,7
	2	25,7	25,7	25,8	25,8	25,7	25,7
	3	25,5	25,7	25,8	25,5	25,7	25,6
4	1	26,40	26,40	26,40	26,40	26,50	26,70
	2	26,40	26,30	26,80	26,30	26,40	26,40
	3	26,40	26,30	26,40	26,30	26,30	26,40
5	1	25,7	26,4	26,4	26,6	26,4	26,4
	2	26	26,4	26,3	26,3	27,3	26,3
	3	25,7	25,9	26,2	27,4	27,1	0
6	1	27,7	27,7	27,8	26,3	27,8	0
	2	28,2	27,1	27,9	29,3	27,7	0
	3	27,7	27,8	27,7	27,4	27,7	0
7	1	27,7	27,7	27,8	26,3	27,8	0
	2	28,2	27,1	27,9	29,3	27,7	0
	3	27,7	27,8	27,7	27,4	27,7	0
8	1	23,6	23,6	23,9	24	24	0
	2	23,8	24	24,1	24,1	23,5	0
	3	23,6	24,1	24,1	23,7	24	0
9	1	24,6	24,6	24,6	24,7	24,8	0
	2	24,7	24,8	24,7	24,8	24,4	0
	3	24,4	24,8	24,9	24,7	24,9	0
10	1	24,8	24,5	25	25	25,1	0
	2	24,9	24,9	25,6	24,7	24,6	0
	3	24,5	24,8	24,7	24,7	25,1	0
11	1	24,7	24,6	24,9	24,9	24,8	0
	2	24,5	24,7	25,9	24,7	25,1	0
	3	24,9	24,8	24,6	25	24,6	0
12	1	24,4	24,5	24,6	24,6	24,5	0
	2	24,4	24,3	24,6	24,5	24,4	0
	3	24,3	24,6	24,5	24,5	24,6	0
13	1	24,4	24,7	24,6	24,7	24,6	0
	2	24,4	24,6	24,5	24,4	24,4	0

Lampiran 2. Lanjutan

hari	ulangan	konsentrasi					
		A	B	C	D	E	F
		0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l	5 mg/l
	3	23,7	24,5	24,7	24,1	24,7	0
14	1	25	25	25,3	25,4	25,2	0
	2	25,2	25,3	25,1	25,2	25,1	0
	3	25	25,2	25,1	25,1	25,1	0
RATA -RATA		25,5500	25,6095	25,7690	25,7476	25,8833	8,6667

Lampiran 3 Data pH selama penelitian

hari	ulangan	konsentrasi					
		A	B	C	D	E	F
		0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l	5 mg/l
1	1	7,88	7,83	7,83	7,8	7,81	7,89
	2	7,89	7,84	7,91	7,81	7,88	7,88
	3	7,76	7,82	7,88	7,84	7,9	7,82
2	1	7,88	7,83	7,83	7,8	7,81	7,89
	2	7,89	7,84	7,91	7,81	7,88	7,88
	3	7,76	7,82	7,88	7,84	7,9	7,82
3	1	7,8	7,81	7,89	7,88	7,83	7,83
	2	7,81	7,88	7,88	7,89	7,84	7,91
	3	7,84	7,9	7,82	7,76	7,82	7,88
4	1	7,81	7,81	7,69	7,81	7,87	7,87
	2	7,83	7,68	7,83	7,82	7,74	7,9
	3	7,84	7,87	7,82	7,75	7,72	7,82
5	1	7,91	7,82	7,81	7,87	7,76	7,84
	2	7,84	7,87	7,82	7,88	7,89	7,89
	3	7,87	7,91	7,82	7,79	7,83	7,87
6	1	7,77	7,64	7,99	8,05	8,04	0
	2	7,58	7,63	7,63	7,58	7,71	0
	3	7,64	7,62	7,63	7,62	7,66	0
7	1	7,77	7,64	7,99	8,05	8,04	0
	2	7,58	7,63	7,63	7,58	7,71	0
	3	7,64	7,62	7,63	7,62	7,66	0
8	1	7,7	7,65	7,59	7,66	7,72	0
	2	7,73	7,64	7,69	7,71	7,79	0
	3	7,69	7,5	7,68	7,63	7,78	0
9	1	7,66	7,65	7,63	7,74	7,79	0
	2	7,73	7,64	7,73	7,73	7,78	0
	3	7,7	7,7	7,69	7,65	7,74	0
10	1	7,69	7,67	7,62	7,7	7,77	0
	2	7,71	7,69	7,73	7,71	7,77	0
	3	7,68	7,72	7,67	7,65	7,66	0
11	1	7,67	7,77	7,78	7,69	7,62	0
	2	7,69	7,77	7,75	7,71	7,73	0
	3	7,72	7,66	7,68	7,68	7,67	0
12	1	7,65	7,56	7,59	7,63	7,68	0
	2	7,64	7,61	7,65	7,61	7,7	0
	3	7,62	7,62	7,62	7,52	7,65	0

Lampiran 3. Lanjutan

hari	ulangan	konsentrasi					
		A	B	C	D	E	F
		0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l	5 mg/l
	3	7,65	7,61	7,61	7,57	7,65	0
14	1	7,65	7,68	7,68	7,67	7,72	0
	2	7,65	7,68	7,72	7,67	7,72	0
	3	7,62	7,67	7,69	7,53	7,71	0
RATA -RATA		7,7276	7,7152	7,7433	7,7269	7,7693	2,8093

Lampiran 4 Data salinitas selama penelitian

hari	ulangan	konsentrasi					
		A	B	C	D	E	F
		0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l	5 mg/l
1	1	29	29	29	29	29	29
	2	28	29	29	29	29	29
	3	28	29	28	29	29	29
	3	28	29	28	29	29	29
3	1	28	28	28	28	28	28
	2	28	28	28	28	28	28
	3	28	28	28	28	28	28
4	1	28	28	28	28	28	28
	2	28	28	28	28	28	28
	3	28	28	28	28	28	28
5	1	30	29	30	30	30	29
	2	29	29	29	29	29	27
	3	27	27	29	27	29	0
6	1	29	30	29	29	30	0
	2	29	28	28	29	29	0
	3	28	27	28	27	29	0
7	1	29	30	29	29	30	0
	2	29	28	28	29	29	0
	3	28	27	28	27	29	0
8	1	28	29	29	27	28	0
	2	29	29	29	29	29	0
	3	29	29	29	29	29	0
9	1	29	28	28	29	28	0
	2	28	30	29	29	29	0
	3	28	28	28	27	28	0
10	1	30	29	29	29	29	0
	2	29	29	29	29	29	0
	3	29	29	29	29	29	0
11	1	29	29	29	30	29	0
	2	29	29	29	29	29	0
	3	29	29	29	29	29	0
12	1	29	29	28	29	29	0
	2	28	28	28	28	29	0
	3	29	27	28	28	29	0
13	1	29	29	29	29	29	0
	2	28	29	29	28	29	0
	3	28	28	28	29	28	0
14	1	30	29	30	33	29	0

Lampiran 4. Lanjutan

hari	ulangan	konsentrasi					
		A	B	C	D	E	F
		0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l	5 mg/l
	2	29	28	29	28	29	0
	3	28	28	28	28	29	0
RATA -RATA		28,5714	28,5476	28,5952	28,6429	28,8333	9,4762

Lampiran 5. Data kepadatan spirulina sebelum ada kerang

kode	Ulangan				rata-rata	D (sel/ml)
	1	2	3	4		
A1	10	22	20	25	19,2500	192500
A2	20	24	27	23	23,5000	235000
A3	100	52	41	55	62,0000	620000
B1	25	21	28	30	26,0000	260000
B2	14	18	29	21	20,5000	205000
B3	61	40	19	58	44,5000	445000
C1	10	24	20	18	18,0000	180000
C2	28	31	58	22	34,7500	347500
C3	42	29	32	15	29,5000	295000
D1	22	26	29	17	23,5000	235000
D2	39	33	46	28	36,5000	365000
D3	24	29	29	23	26,2500	262500
E1	21	15	23	10	17,2500	172500
E2	47	44	46	51	47,0000	470000
E3	36	27	18	27	27,0000	270000
F1	27	41	34	20	30,5000	305000
F2	49	63	52	47	52,7500	527500
F3	19	19	36	18	23,0000	230000

Lampiran 6. Data kepadatan spirulina setelah ada kerang

kode	ulangan				rata-rata	D (sel/ml)
	1	2	3	4		
A1	12	10	9	15	11,5000	115000
A2	10	13	22	24	17,2500	172500
A3	42	65	88	53	62,0000	620000
B1	21	22	25	29	24,2500	242500
B2	16	4	8	6	8,5000	85000
B3	12	18	8	20	14,5000	145000
C1	6	17	10	10	10,7500	107500
C2	5	14	19	17	13,7500	137500
C3	13	6	9	15	10,7500	107500
D1	18	23	28	13	20,5000	205000
D2	13	13	20	9	13,7500	137500
D3	12	27	29	20	22,0000	220000
E1	19	13	20	16	17,0000	170000
E2	19	13	20	16	17,0000	170000
E3	17	8	11	10	11,5000	115000
F1	15	15	16	22	17,0000	170000
F2	7	18	17	18	15,0000	150000
F3	9	19	13	30	17,7500	177500

Lampiran 7. Data laju filtrasi kerang hijau per seri konsentrasi

ulangan	A	B	C	D	E
	0 mg/l	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,2 mg/l	1 mg/l
1	10,0872	74,62135	19,77133	2,113393	84,61697
2	127,445	134,2174	141,3301	147,2163	182,0437
3	162,3307	146,1379	25,56888	123,5553	37,50983
rata-rata	99,95428	118,3255	62,22342	90,96167	101,3902

Lampiran 8. Data mortalitas perharinya selama penelitian

Konsentrasi Logam Pb & Cd (mg/l)	Jumlah Kematian Kerang Hijau/ Hari														Jumlah Total Kematian	Jumlah Kerang Total	Mortalitas (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
0																0	36	0
0,008				1												1	36	2.8
0,04																0	36	0
0,2																0	36	0
1			1			1	1									3	36	8.3
5			1	31	4											36	36	100

Lampiran 9. Hasil uji SPSS

Test of Homogeneity of Variances

FR

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.663	4	10	.632

ANOVA

FR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5097.454	4	1274.364	.265	.894
Within Groups	48050.353	10	4805.035		
Total	53147.807	14			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

FR

Bonferroni

(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-18.37124	56.59821	1.000	-221.0724	184.3299
	3	37.73086	56.59821	1.000	-164.9703	240.4320
	4	8.99261	56.59821	1.000	-193.7086	211.6938
	5	-1.43589	56.59821	1.000	-204.1371	201.2653
2	1	18.37124	56.59821	1.000	-184.3299	221.0724
	3	56.10210	56.59821	1.000	-146.5991	258.8033
	4	27.36385	56.59821	1.000	-175.3373	230.0650
	5	16.93534	56.59821	1.000	-185.7658	219.6365
3	1	-37.73086	56.59821	1.000	-240.4320	164.9703
	2	-56.10210	56.59821	1.000	-258.8033	146.5991
	4	-28.73825	56.59821	1.000	-231.4394	173.9629
	5	-39.16676	56.59821	1.000	-241.8679	163.5344

Lampiran 9. Lanjutan

4	1	-8.99261	56.59821	1.000	-211.6938	193.7086
	2	-27.36385	56.59821	1.000	-230.0650	175.3373
	3	28.73825	56.59821	1.000	-173.9629	231.4394
	5	-10.42851	56.59821	1.000	-213.1297	192.2727
5	1	1.43589	56.59821	1.000	-201.2653	204.1371
	2	-16.93534	56.59821	1.000	-219.6365	185.7658
	3	39.16676	56.59821	1.000	-163.5344	241.8679
	4	10.42851	56.59821	1.000	-192.2727	213.1297

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
FR	.214	15	.062	.899	15	.092

a. Lilliefors Significance Correction

Lampiran 10. Pengukuran kualitas air



Lampiran 11. Pemberian pakan *Spirulina* sp



Lampiran 12. Penyerapan *Spirulina* sp oleh kerang hijau

