

TOKSISITAS AKUT KADMIUM (Cd) TERHADAP VELIGER KIMA
(*Tridacna squamosa*)

SKRIPSI



MUH. AFDAL

L111 11 901

PEMBIMBING :

Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc **(Pembimbing Utama)**

Prof. Dr. Andi Niartining Sih, MP **(Pembimbing Anggota)**

JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2016

**UJI TOKSISITAS AKUT KADMIUM (Cd) TERHADAP VELIGER KIMA
(*Tridacna squamosa*)**

Oleh :

MUH. AFDAL

L111 11 901

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana

Pada

Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



JURUSAN ILMU KELAUTAN

FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2016

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Toksisitas Akut Logam Kadmium (Cd) Terhadap Veliger Kima (*Tridacna squamosa*)
Nama : Muh. Afdal
Nomor Pokok : L111 11 901
Program Studi : Ilmu Kelautan

Skripsi Telah Diperiksa

dan Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc
NIP. 19670826 199103 2 001

Pembimbing Anggota

Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningih, MP
NIP. 19611201 198703 2 002

Mengetahui,

Dekan

Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc
NIP. 19670308 199003 1 001

Ketua

Program Studi Ilmu Kelautan



Dr. Mahatma Lanuru, ST. M.Sc
NIP. 19701029 1995503 1 001

Tanggal Lulus : 02 Juni 2016

ABSTRACT

Muh. Afdal (L111 11 901). Toxicity Of Cadmium (Cd) To Planula Larvae Of Coral Acropora sp. Supervised by Dr. Ir. Shinta Werorilangi M.Sc and Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningsih, MP

Larval stage of giant clams experienced a period of plankton sensitive to pollutants in waters. Cadmium (Cd) in waters can directly or indirectly threatening the life of the organism. It can accumulate in organisms such as shellfish (clams) and can cause death. Acute toxicity test performed on veliger clams (*Tridacna squamosa*) was the static test with short-term exposure (24 hours) and various concentrations of cadmium, ie 0.1 mg/L, 1 mg/L , 2.5 mg/L , 5 mg/L and 10 mg/L, with four replications. The purpose of this study was to analyze the value of LC50-24 hours, NOEC (No Observed Effect Concentration), LOEC (Lowest Observed Effect Concentration), MATC(Maximum Acceptable Toxicant Concentration) and the acute toxic effects of cadmium on morphological and behavior changes of veliger clams (*Tridacna squamosa*). LC50-24 hours was calculated using the Application Trimmed Spearman - Karber Method version 4.1 and LOEC and NOEC values were analyzed using the Dunnet test. The results showed LC50 - 24 hours of Cd against veliger clams (*Tridacna squamosa*) was 2.12 mg / L , the value of NOEC and LOEC ie, 1 mg / L and 2.5 mg / L , while the value of MATC amounted to 1 , 581 mg / L. There was morphological changes characterized by muscle tissue and shell damage caused by exposure to cadmium (Cd) and also behavioral change was noticed by a marked improvement in response to the release of zooxanthella with increasing concentrations of cadmium (Cd).

Keywords : Veliger, Giant Clam (*Tridacna squamosa*), Cadmium (Cd), LC₅₀, MATC

RINGKASAN

Muh. Afdal (L111 11 901). Uji Toksisitas Akut Logam Kadmium (Cd) Terhadap Veliger Kima (*Tridacna squamosa*) Dibimbing oleh Dr. Ir. Shinta Werorilangi M.Sc dan Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningsih, MP

Stadia larva kima mengalami masa plantonik yang peka terhadap polutan dalam perairan. Kadmium (Cd) di perairan dapat berbahaya secara langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan organisme, sehingga dapat terakumulasi dalam organisme seperti kerang (kima) dan bisa menyebabkan kematian. Uji toksistas akut dilakukan pada veliger kima (*Tridacna squamosa*) dengan pemaparan jangka pendek (24 jam) dengan berbagai konsentrasi kadmium (Cd) yakni 0.1 mg/L, 1 mg/L, 2,5 mg/L, 5 mg/L dan 10 mg/L. Uji toksistas yang digunakan adalah uji statis dengan 4 ulangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa nilai LC_{50-24} jam, nilai NOEC (*No Observed Effect Concentration*), LOEC (*Lowest Observed Effect Concentration*) dan nilai MATC (*Maximum Acceptable Toxicant Concentration*) beserta dampak toksistas akut kadmium terhadap perubahan morfologi dan tingkah laku veliger kima (*Tridacna squamosa*). Nilai LC_{50-24} jam dihitung menggunakan Aplikasi *Trimmed Spearman-Kärber Method version 4.1* dan nilai LOEC serta NOEC dianalisis menggunakan uji Dunnet. Hasil penelitian menunjukkan nilai $LC_{50} - 24$ jam terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) sebesar 2,12 mg/L, nilai NOEC dan LOEC yakni 1 mg/L dan 2,5 mg/L, sedangkan nilai MATC sebesar 1, 581 mg/L. Pada penelitian ini nampak adanya perubahan morfologi ditandai dengan kerusakan jaringan otot/mantel dan cangkang yang diakibatkan oleh paparan kadmium (Cd) dan perubahan tingkah laku ditandai adanya peningkatan respon terhadap lepasnya *zooxanthella* dengan meningkatnya konsentrasi kadmium (Cd).

Kata Kunci : Veliger Kima (*Tridacna squamosa*), Kadmium (Cd), LC_{50} , MATC

RIWAYAT HIDUP



Muh. Afdal adalah anak ke-4 dari 10 bersaudara kandung, dilahirkan pada tanggal 12 Juli 1993 di Kolaka. Orang tua bernama Kamaruddin, SP dan Hilwah. Pada tahun 2005 penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di Madrasah Ibtidaiyah Negeri Lasusua. Tahun 2008 penulis menyelesaikan Sekolah Lanjutan Pertama di Madrasah Tsanawiyah Negeri Kolaka. Tahun 2011 penulis menyelesaikan Sekolah Menengah di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Kolaka. Pada tahun 2011 penulis berhasil diterima sebagai Mahasiswa melalui Jalur Perestasi Olahraga, Seni dan Keilmuan (POSK) pada Progran Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar.

Saat berstatus mahasiswa di Jurusan Ilmu Kelautan penulis aktif dalam kegiatan akademik sebagai asisten pada beberapa mata kuliah yakni Asisten Oseanografi Fisika (2013), Pemetaan SDHL (2013), Inderaja Kelautan (2013), Eksplorasi SDHL (2015), Ekotoksikologi Laut (2016) dan Fisiologi Biota Laut (2016) dan membuat karya tulis ilmiah .

Penulis aktif dibebberapa organisasi dan memegang peranan penting Seperti Sekretaris Dewan Mahasiswa KEMA FIKP UH Periode 2014-2015, Ketua Umum Himpunan Mahasiswa Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Periode 2013-2014, Anggota Bidang Pengabdian Masyarakat Korps Sukarela Palang Merah Indonesia Universitas Hasanuddin Periode 2014-2015, Anggota Himpunan Mahasiswa Islam dan aktif mengikuti kegiatan-kegiatan seminar baik skala lokal maupun nasional.

Penulis melakukan kegiatan pegabdian masyarakat Kuliah Kerja Nyata (KKN) Gelombang 87 di Kecamatan Suppa Kabupaten Pinrang Tahun 2014 dan dan melaksanakan Praktek Kerja Lapang di Kelurahan Untia Kota Makassar dengan Judul “Kondisi Mangrove di Kelurahan Watang Suppa, Kecamatan Suppa Kabupaten Pinrang Tahun 2014.

KATA PENGANTAR

Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh..

Puji syukur kita panjatkan kehadiran kepada Allah SWT, Sang Khaliq Maha Pengatur alam semesta yang senantiasa melipahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi tepat pada waktunya. Salam dan shalawat semoga tetap tercurah kepada junjungan Nabiullah Muhammad SAW, yang merupakan Nabi terkahir dimuka bumi ini dan menjadi suri teladan, uswatun khasanah dan pemimpin sejati yang telah membawa ummat manusia dari jalan kemunafikan menuju jalan Rahmatan Lil Alamin.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak menghadapi tantangan dan hambatan. Namun alhamdulillah semua tantangan penulis dapat melalui semuanya berkat kerja keras, bantuan saudara-saudari, para pembimbing dan penguji, orang tua tercinta dan dengan izin Allah SWT. Oleh karena itu, dengan segenap kerendahan hati penulis menyampaikan pengharagaan setingginya-tingginya dan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, almarhum ayahanda **Kamaruddin, SP** dan Ibunda **Hilwah**, terima kasihku atas segala do'a restu, nasehat, bimbingan dan kasih sayangnya kepada penulis. Saudara-saudaraku serta seluruh keluarga besarku yang senantiasa memberikan dukungan baik moril maupun material.
2. **Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc** dan **Prof. Dr. Andi Niartining Sih, MP** selaku pembimbing utama dan pembimbing anggota, yang telah tulus meluangkan waktu ditengah kesibukan beliau-beliau dalam membantu memberikan saran, arahan, dan motivasi selama penelitian dan penyusunan skripsi.

3. **Dr. Ahmad Bahar, ST, M.Si, Prof. Dr. Akbar Tahir, M.Sc,** dan **Dr. Ir. Muh. Hatta, M.Si** selaku penguji yang telah banyak memberikan kritikan dan masukan dalam penyusunan skripsi.
4. **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.
5. **Dr. Mahatma Lamuru, St, M.Sc** selaku Ketua Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.
6. Teman-teman seperjuangan **Keluarga Mahasiswa Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin** yang telah memberikan dukungan do'a.
7. Saudara-saudara seperjuangan **Himpunan Mahasiswa Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin** tercinta, yang telah banyak memberikan masukan-masukan luar biasa kepada penulis dan Jayalah Selalu HMIK FIKP-UH.
8. **Keluarga Besar Korps Sukarela Palang Merah Indonesia Universitas Hasanuddin**, merupakan rumah inspirasi bagi penulis.
9. Saudara-saudara seperjuangan **KEDUBES** yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan dan masukan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
10. Terkhusus Saudaraku **Robby Nimzet, S. Kel** dan **Annisa Zuriyah K.** yang meluangkan waktu dalam membantu penelitian mulai dari pengambilan data di Pulau Barrang Lompo Laboratorium hingga kritikan dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
11. Terkhusus Kakak **Sitti. Syuhra, S. Farm, Apt.** yang senantiasa membantu dalam hal materi dan moril

12. Terkhusus Adikku **Afrida Ramadhani Said** tercinta yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan baik secara moril maupun material.

13. Kepada Teman-teman dan keluarga tercinta yang tidak sempat penulis satu persatu terimakasih banyak atas segala bantuan baik berupa moril maupun material.

Sebagaimana Aristoteles mengatakan “*Bahwa manusia tidak hidup sendiri dan selalu membutuhkan bantuan manusia lain*”. Oleh karena itu dengan segenap kerendahan hati penulis memberikan penghargaan setinggi-tinggi dan ucapan terimakasih yang sebesar-besar, sehingga peyusunan skripsi ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Jaza Kumullahu Khairan Jaza....

Wassalamu Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh...

Makassar, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
ABSTRACT	ii
RINGKASAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	3
C. Ruang Lingkup.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Kima Sisik (<i>Tridacna squamosa</i>).....	4
1. Klasifikasi dan Morologi	4
2. Distribusi dan Cara Hidup	6
3. Makanan dan Sumber Energi Kima	7
4. Reproduksi Kima Sisik (<i>Tridacna squamosa</i>)	8
B. Uji Toksisitas.....	10
C. Kadmium (Cd).....	16
D. Toksisitas Kadmium (Cd) pada Organisme Perairan.....	17
E. Distribusi Kadmium (Cd) di Perairan	22
III. METODOLOGI PENELITIAN	23
A. Waktu dan Tempat.....	23
B. Alat dan Bahan	23

C. Bahan Uji	24
D. Hewan Uji	24
E. Media Uji	24
F. Metode Uji	24
G. Prosedur Kerja	25
1. Tahap Persiapan Pemijahan Kima Sisik (<i>Tridacna Squamosa</i>)	25
2. Sterilisasi Alat dan Bahan	26
3. Pembuatan Larutan Stok	26
4. Desain Penelitian Uji Toksisitas Akut Kadmium (Cd)	26
5. Parameter Kualitas Air	28
6. Analisis Data	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Laju Kematian	29
B. Nilai LC ₅₀ -24 Jam	30
C. NOEC dan LOEC	33
D. Hubungan Konsentrasi Kadmium (Cd) dengan Jumlah <i>Zooxanthella Veliger</i> Kima (<i>Tridacnda squamosa</i>)	35
E. Dampak Kadmium (Cd) terhadap Morfologi dan Anatomi Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>)	37
F. Parameter Kualitas Air	40
1. DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	40
2. Suhu	40
3. pH	41
4. Salinitas	41
V. SIMPULAN DAN SARAN	42
A. Simpulan	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Parameter Lingkungan yang Diamati	28
Tabel 2. Kriteria Toksisitas Untuk Pengujian Laboratorium yang Dikeluarkan Oleh Komisi Pestisida Departemen Pertanian (Koesoemadinata, 1983).	32
Tabel 3. Pengamatan Mortalitas Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>)	34
Tabel 4. Hasil Pengukuran Jumlah <i>Zooxanthella</i> yang Ada Pada Mantel Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>)	35
Tabel 5. Hewan Uji Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>) yang Terpapar Kadmium (Cd) dengan Berbagai Perlakuan	38
Tabel 6. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Toksisitas terhadap Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>)	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Siklus Daur Hidup Kima (Sumber : Calumpong, 1992).....	10
Gambar 2. Grafik Hubungan Antar Konsentrasi dengan Respon Organisme Pada Uji Toksisitas (Sumber : Tahir, 2012).....	13
Gambar 3. Desain Percobaan Uji Toksisitas Akut Kadmium (Cd)	28
Gambar 4. Kematian Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>) akibat Paparan Kadmium (Cd) (n=40 ekor)	29
Gambar 5. Kurva Kematian Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>) yang Terpapar Kadmium (Cd)	31
Gambar 6. Pengambilan Kima Sisik (<i>Tridacna squamosa</i>)	53
Gambar 7. Pembersian Cangkang Kima Sisik (<i>Tridacna squamosa</i>)	53
Gambar 8. Penjemuran Kima Sisik (<i>Tridacna squamosa</i>).....	53
Gambar 9. Pengisian Air Laut Bersih sebagai Tempat Pemijahan Kima Sisik (<i>Tridacna squamosa</i>).....	54
Gambar 10. Persiapan Pemijahan Kima Sisik (<i>Tridacna squamosa</i>)	54
Gambar 11. Penyuntikan Sretolim Pada Kima Sisik (<i>Tridacna squamosa</i>)	54
Gambar 12. Pemisahan Sel Sperma dan Sel Telur dari Tempat Pemijahan dari Tempat Pemijahan.....	55
Gambar 13. Sterilisasi Alat dengan Menggunakan Larutan Hno ₃ 65% & Aquades	55
Gambar 14. Proses Pembuatan Konsentrasi Kadmium (Cd)	55
Gambar 15. Proses Pengambilan Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>) dari Bak Penampungan	56
Gambar 16. Pengisian Larutan Kadmium (Cd) ke Dalam Cawan Petri	56
Gamabr 17. Memasukkan Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>) ke Dalam Cawan Petri.....	57
Gambar 18. Pengamatan Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>)	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pengenceran Larutan Stok.....	48
Lampiran 2. Analisis LC_{50} -24 Jam Veliger Kima (<i>Tridacna squamosa</i>) Menggunakan Aplikasi <i>Trimmed Spearman Karber</i>	49
Lampiran 3. Hasil Uji Dunnet dalam menentukan LOEC dan NOEC.....	50
Lampiran 4. Foto-Foto Penelitian.....	53

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Masalah yang dialami oleh negara berkembang dan negara maju saat ini adalah pencemaran. Pencemaran yang terjadi di perairan pada umumnya bersumber dari aktivitas manusia antara lain pemukiman, industri, transportasi, dan pertanian. Berbagai aktifitas ini berpotensi menghasilkan bahan pencemar yang dapat merusak sistem kehidupan yang ada dalam perairan. Pada dasarnya pencemaran dapat berasal dari proses alami maupun yang disebabkan dari kegiatan manusia, yang dapat merusak keseimbangan ekosistem di lingkungan.

Salah satu bahan pencemar yang berbahaya bagi lingkungan adalah logam. Permasalahan yang sering terjadi mengenai logam di lingkungan terutama adalah akumulasinya sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam, serta meningkatkan sejumlah logam yang menyebabkan tanah, udara dan air lebih beracun. Saat ini proses industri memegang peranan penting terhadap peningkatan kontaminasi tersebut dan berefek terhadap organisme yang mengkonsumsi bahan makanan yang telah mengandung logam. *World Health Organization* (WHO) atau Organisasi Kesehatan Dunia dan *Food Agriculture Organization* (FAO) atau Organisasi Pangan Dunia merekomendasikan untuk tidak mengonsumsi makanan laut (*sea food*) yang tercemar logam. Beberapa logam yang berbahaya adalah air raksa atau Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Tembaga (Cu), dan lain-lain (Darmono, 2001).

Kadar logam Cd secara alami pada air laut sebesar 0,05-0,2 (μL) (Mukono, 2005). Dalam perairan logam tersebut sekalipun kadarnya relatif rendah, dapat terabsorpsi dan terakumulasi secara biologis oleh hewan air, dan akan terlibat dalam sistem jaringan makanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses yang dinamakan bioakumulasi, di mana logam akan terkumpul

dan meningkat kadarnya dalam jaringan tubuh organisme air yang hidup. Kemudian melalui proses biotransformasi akan terjadi perpindahan dan peningkatan kadar logam tersebut pada tingkat pemangsaan (*trophic level*) yang lebih tinggi. Secara tidak langsung proses biomagnifikasi dapat terjadi dalam jaringan tubuh manusia yang memakan hasil perairan yang tercemar oleh logam, sehingga kadmium dapat membahayakan kesehatan manusia melalui rantai makanan (Martuti, 2001).

Upaya penentuan toksisitas dari suatu logam dapat dilakukan dengan melaksanakan uji toksisitas akut untuk mengestimasi nilai *median lethal concentration* (LC_{50}) yaitu konsentrasi yang menyebabkan 50% mortalitas pada hewan dalam jangka waktu yang ditentukan (EPA, 2002). Penelitian yang dilakukan oleh Nimzet (2015) menemukan LC_{50} 24 jam kadmium (Cd) terhadap larva planula karang *Acropora* sp. sebesar 5.062 mg/L. Sedangkan penelitian yang telah dilakukan Purwiyanto (2009) mendapatkan nilai LC_{50} 48 jam kadmium (Cd) terhadap larva ikan kerapu bebek adalah 0.3098 mg/L. Hal ini dapat dikategorikan memiliki tingkat daya racun yang tinggi terhadap mortalitas larva ikan kerapu bebek.

Stadia larva pada beberapa jenis avertebrata, karang dan *bivalvia* mengalami masa plantonik yang disebut fase pelagik biasanya peka terhadap terjadinya polusi dalam perairan yang sangat rentan akan tingkat kematian. Hal ini disebabkan pada stadia larva kemampuan mengakumulasi tanpa mematikan belum diketahui, karena belum terbentuknya enzim *detoksifikasi*, *metallothionein* yang berfungsi sebagai pengikat logam sehingga tidak berbahaya bagi organisme (Hall, 2002). Oleh karena itu stadia larva kima akan sangat rentan terhadap pemaparan logam (Darmono, 2001).

Saat ini, belum ada penelitian yang dilakukan mengenai uji toksisitas akut kadmium (Cd) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*), sehingga penelitian ini sangat penting dilaksanakan untuk melihat toksisitas akut kadmium (Cd) pada veliger kima (*Tridacna squamosa*) dengan melihat laju mortalitas pada berbagai tingkatan konsentrasi per satuan waktu.

B. Tujuan dan kegunaan

Penelitian ini bertujuan :

1. Menentukan tingkat konsentrasi kadmium (Cd) yang dapat mematikan (*Lethal Concentration /LC₅₀*) 24 jam veliger kima (*Tridacna squamosa*);
2. Menentukan nilai konsentrasi kadmium (Cd) yang tidak menimbulkan kematian (*NOEC : No Observed Effect Concentration*) dan konsentrasi yang dapat menimbulkan kematian (*LOEC : Lowest Observed Effect Concentration*) dan nilai konsentarsi yang dapat ditolerir (*MATC : Maximum Acceptable Toxicant Concentration*) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*)
3. Mengetahui dampak toksisitas akut kadmium (Cd) terhadap perubahan morfologi dan tingkah laku veliger kima (*Tridacna squamosa*).

Sedangkan kegunaan penelitian ini adalah mahasiswa dapat mengetahui pada konsentrasi berapa kadmium (Cd) yang dapat ditolerir oleh veliger kima (*Tridacna squamosa*).

C. Ruang lingkup

Penelitian ini terbatas pada pengamatan dampak kadmium (Cd) terhadap mortalitas, perubahan morfologi dan tingkah laku veliger kima (*Tridacna squamosa*) pada beberapa tingkat konsentrasi serta faktor lingkungan berupa DO (*Dissolved Oxygen*), suhu, pH, dan salinitas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)

1. Klasifikasi dan Morfologi

Menurut Norton dan Jones (1992), Kima (*Tridacnidae*) golongan kerang yang berukuran besar, mempunyai cangkang 2 tangkup (*bivalvia*) simetris dan merupakan salah jenis kerang laut yang memiliki nilai ekonomis penting. Saat ini beberapa Negara seperti di Indonesia, Filipina, dan Australia komoditas ini telah dilindungi pemerintah yang dikarenakan adanya penurunan populasi setiap tahun.

Klasifikasi Kima Sisik (*Tridacna squamosa*) menurut Norton dan Jones (1992) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Filum : Mollusca

Kelas : Bivalvia

Ordo : Veneroida

Famili : Tridacnidae

Genus : Tridacna

Spesies : *Tridacna squamosa*

Dalam membedakan spesies Kima lain dengan *T. squamosa* dapat dibedakan dengan melihat bentuk morfologi. Pada *T. squamosa* memiliki cangkang yang bersisik, ukurannya dapat mencapai 40 cm, warna mantelnya sangat bervariasi atau berlurik-lurik dan berwarna biru, coklat, hijau, kuning dan orange (Lucas, 1994).

Rosewater dan La Barbera (1982) menyatakan bahwa mulut kima terdapat pada bagian anterior, sedangkan saluran pengeluaran air terdapat pada bagian posterior, dan kaki terletak pada bagian belakang yakni pertengahan

antara saluran pemasukan air dan saluran pengeluaran air. Kima memiliki mantel yang berfungsi untuk melindungi organ-organ lunak yang berada di dalam cangkang. Mantel ini mempunyai dua bagian besar yaitu otot tebal dan otot pipih. Otot tebal adalah mantel yang terletak di bagian dorsal, sedangkan otot pipih adalah mantel transparan yang terletak di bagian lateral.

Cangkang kima umumnya berwarna putih kekuning-kuningan, permukaan bagian luar membentuk lekukan dan tonjolan yang terdiri dari dua tangkup simetris yang terbuat dari zat kapur (Kalsium Karbonat- CaCO_3), tersusun dari tiga bentuk kristal, yaitu kalsit, aragonite dan vaterit (Wilbur, 1964).

Lucas (1994) mengemukakan proses pembentukan cangkang, yaitu :

- a. Reaksi-reaksi metabolit yang disertai dengan pembentukan kalsium karbonat dan penguraian bahan-bahan organik.
- b. Sekresi komponen-komponen cangkang oleh sel-sel mantel.
- c. Pertumbuhan Kristal pembentukan lapisan kristalin.

Selain itu, yang cukup berperan dalam pembentukan cangkang kima adalah kecepatan perubahan CO_2 menjadi senyawa bikarbonat dan karbonat. Di mana kecepatannya dibantu oleh enzim karbonik *anhydrase* yang terdapat di dalam mantel kima (Nurhidayah, 1995).

Lucas (1994) menyatakan bahwa kisaran ukuran panjang cangkang spesies kima dewasa 15 cm sampai lebih dari 1 meter. Sedangkan calumpong (1992) mengemukakan bahwa panjang cangkang (*Tridacna squamosa*) lebih dari 100 mm, pada bagian atas sisi cangkang mempunyai sisik (*scutes*), lubang *byssalnya* berukuran sempit hingga melebar dan mantel umumnya berwarna pudar dan bertitik-titik.

Rosewater dan La Barberra (1982) menyatakan bahwa perbedaan secara umum genus *Tridacna* dan *Hippopus* dapat diketahui secara langsung dengan melihat permukaan luar dari cangkang terutama *byssal* dan mantelnya. Genus *Hippopus* pada *byssal*nya terdapat bangunan seperti gerigi, sedangkan genus *Tridacna* tidak nampak. Genus *Tridacna* mempunyai mantel melebar melewati batas cangkangnya dengan warna yang cerah, sedangkan genus *Hippopus* mantelnya tidak melebar dan warnanya kusam.

2. Distribusi dan Cara Hidup

Di Indonesia, kima tersebar pada batu karang hidup dan pantai disemua perairan Indonesia kecuali di Pulau Sumatera bagian utara (Copland dan Lucas, 1988). Menurut Braley (1992) mengemukakan bahwa kima tersebar secara alami di perairan Laut Tropis dan Sub-tropis. Kima membutuhkan perairan yang dangkal pada daerah Terumbu Karang sebagai habitatnya dengan kondisi perairan yang jernih atau salinitas air yang tinggi serta substrat yang baik dan aman sebagai tempat menempelnya terutama pada stadia larva.

Kerang raksasa atau family *Tridacnidae* terdiri dari 8 spesies, 6 spesies genus *Tridacna* yaitu *T. gigas*, *T. derasa*, *T. maxima*, *T. crocea*, *T. squamosa* dan jenis baru yang ditemukan dari genus *Tridacna* yaitu *Tridacna tevora* (Calumpong, 1992).

Di Indonesia khususnya Sulawesi Selatan ada 5 spesies dan 2 spesies genus *Hippopus* yang ditemukan di daerah terumbu Karang Pulau Taka Bonerate. 5 (Lima) spesies dari genus *Tridacna* yang ditemukan yaitu *T. gigas*, *T. derasa*, *T. maxima*, *T. crocea*, *T. squamosa*, sedangkan 2 (dua) spesies dari genus *Hippopus* yang ditemukan yaitu *Hippopus hippopus*, dan *Hippopus porcellanus* (Yusuf, 2000).

Dalam keberlangsungan hidup dan penyebaran kima di laut tidak terlepas dari proses seleksi alam. Faktor yang mempengaruhi kima di laut adalah tekstur dasar atau sedimen, salinitas, kecerahan, serta adanya persaingan makanan antara spesies yang satu dengan spesies yang lainnya, baik sebagai kompetitor, predator maupun parasit (Nybakken, 1992).

Copland dan Lucas (1988) mengemukakan cara hidup famili *Tridacnidae* dapat dibedakan ke dalam 2 golongan. Golongan pertama meliputi jenis kima yang membenamkan diri pada karang, yakni *T. crosea* dan *T. maxima*. Golongan kedua adalah jenis kima yang hidupnya menempel batu karang, hidup bebas pada pasir di daerah terumbu karang. Jenis kima dari golongan ini adalah *T. gigas*, *T. squamosa*, *T. derasa*, *H. hippopus*, dan *H. porsellanus*.

Rosewater dan La Barbera (1982) mengemukakan bahwa untuk kima yang menempel atau hidup bebas batu karang atau dasar yang berpasir pada daerah terumbu karang, ukurannya lebih besar karena umumnya karang tersebut tidak memiliki alat perekat. Dengan ukuran badan yang besar kima mampu mempertahankan posisinya sekalipun dihempas oleh arus dan gelombang.

3. Makanan dan Sumber Energi Kima

Lucas (1994) menyatakan bahwa kima memperoleh makanannya dari 3 (tiga) sumber yaitu simbiosis (*zooxanthella* mengirimkan sebagian besar hasil fotosintesisnya pada inang), *filter feeding* (mengambil makanan dengan cara menyaring air melalui insang), dan bahan organik terlaruk. Sedangkan Ludvianto (1993) menyatakan bahwa makanan kima berasal dari jasad renik berupa *fitoplankton* yang sifatnya melayang-layang dan hasil fotosintesis ganggang bersel satu yaitu *zooxanthella*.

Braley (1992) menyatakan bahwa kima menggantungkan hidupnya pada proses simbiosis dengan ganggang bersel satu yang lebih dikenal dengan nama *zooxanthella* yang hidup pada jaringan mantel (terutama pada bagian lanjutan sistem pencernaan yang dekat permukaan jaringan mantel), sedangkan *zooxanthella* mendapatkan suplai karbondioksida dan senyawa-senyawa amoniak yang berasal dari jaringan mantel, selanjutnya bahwa hasil fotosintesis *zooxanthella* ini berupa senyawa gula-gula sederhana, protein dan lemak yang dimanfaatkan oleh kima untuk tumbuh dan berkembang.

Mudjiono (1988) mengemukakan bahwa kima bersifat *filter feeder*, di mana *filter feeder*, yaitu mengambil makanan dengan cara menyaring makanan melalui insangnya. Penyaringan dilakukan dengan gerakan-gerakan *silia* pada insang yang menimbulkan arus air pada rongga mulut dan diseleksi oleh *palpus labialis*. Makanan yang diperlukan oleh tubuh akan diserap oleh mulut dan yang tidak diperlukan akan dikeluarkan kembali melalui *exhalent siphon* ke luar tubuh.

4. Reproduksi Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)

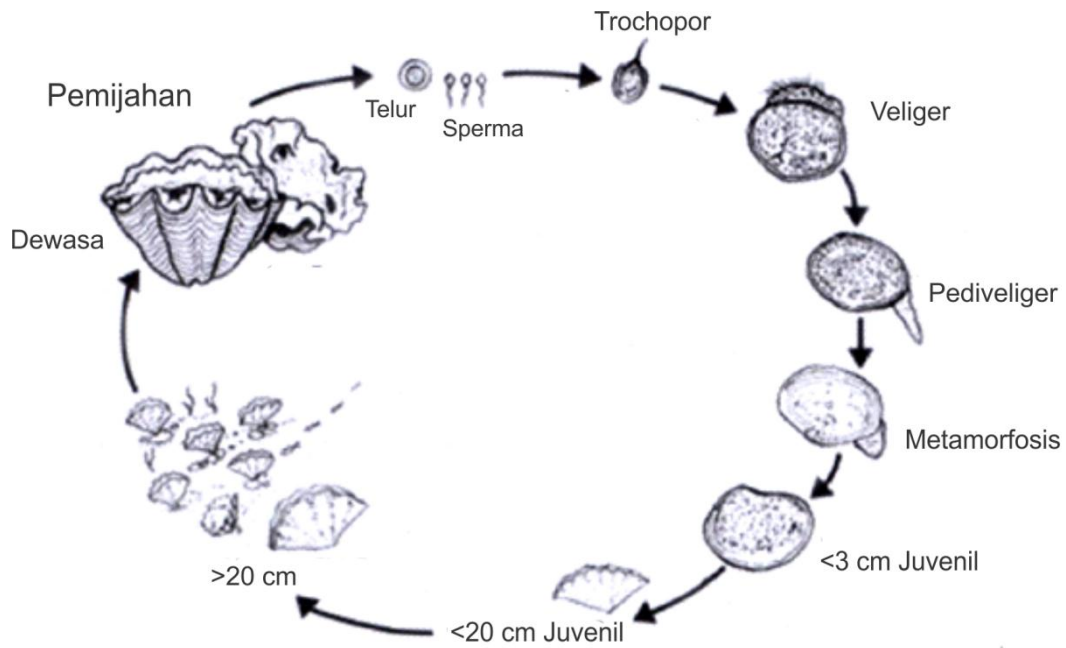
Awal kehidupan kima sangat rawan terhadap predator sehingga mortalitas burayak (larva) dan spat (juvenil) kima sangat tinggi. Menjelang kehidupan fase dewasa, mortalitasnya berangsur-angsur turun sampai rendah sekali. Setelah melewati fase kedewasaan, kelulusan kima mencapai 96 % sehingga umur kima dapat berumur panjang (Munro, 1988).

Kima merupakan hewan laut yang bersifat "*protandrous hermaphrodite*" artinya setiap individu kima dilengkapi oleh sel-sel telur dan sperma namun pemijahannya selalu didahului oleh pengeluaran sperma, kemudian beberapa jam kemudian telur keluar. Telur kemudian menyebar terbawa arus dan dapat

merangsang induk-induk kima yang lain untuk memijah secara serempak dan simultan (Niartiningasih, 2001).

Panggabean (1991) menyatakan bahwa jumlah telur yang dipijahkan oleh seekor induk kima berkisar antara jutaan untuk kima jenis kecil seperti *T. crocea* sampai ratusan juta untuk jenis yang besar seperti *T. gigas*. Pembuahan terjadi secara eksternal di kolom air. Telur-telur kima dengan diameter sekitar 100 μ akan menetas menjadi larva *trochopor* kira-kira 12 jam setelah fertilisasi. Selanjutnya, telur akan berkembang menjadi veliger atau larva (burayak) yang dilengkapi dengan *velum* yang dikelilingi oleh bulu-bulu getar. Pada umur 2 hari setelah fertilisasi veliger berukuran kira-kira 160 μ , dan sudah mempunyai cangkang transparan yang berbentuk “D” biasa disebut D-veliger.

Setelah berumur 1-2 minggu, *veliger* mengalami perubahan fase menuju fase pediveliger, yang kemudian mempunyai kaki jalan yang berfungsi untuk mencari substrat sebagai tempat menempel diri. Setelah berumur 1 bulan, pediveliger mengalami metamorfosis (perubahan bentuk) menjadi juvenil yang siap menempel di substrat. Setelah memperoleh substrat untuk menempel, *velum* kemudian menghilang dan berubah menjadi spat atau kima muda yang siap menempel pada karang mati dengan bantuan benang-benang *bysuss*. Spat kima yang baru mengalami metamorfosis panjangnya kira-kira 200 μ (Panggabean, 1991). Masa pertumbuhan kima (Gambar 1).



Gambar 1. Siklus Daur Hidup Kima (Sumber : Calumpong, 1992)

B. Uji Toksisitas

Toksistas adalah ilmu yang menetapkan batas ambang bahan kimia, suatu sifat relatif dari suatu bahan kimia dalam hal potensi untuk menimbulkan dampak yang sangat membahayakan bagi biota perairan. Toksisitas merupakan fungsi konsentrasi bahan kimia dan durasi pemaparan (Tahir, 2012). Ngatidjan (1997) mengemukakan bahwa setiap zat kimia pada dasarnya bersifat racun, tetapi setiap keracunan ditentukan oleh banyak faktor terutama dosis. Setiap zat kimia yang akan digunakan harus diuji toksisitas dan keamanannya. Setiap zat kimia, bila diberikan dengan dosis yang cukup besar akan menimbulkan gejala-gejala toksik. Untuk mengetahui sifat toksisitas ini pertama-tama harus ditentukan pada hewan uji melalui uji toksisitas.

Menurut Tahir (2012) ada beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi toksisitas yaitu :

1. Faktor-faktor yang terkait dengan paparan; dalam paparan terdiri atas dua yaitu paparan akut (jangka pendek) dan paparan kronik (jangka panjang) terhadap bahan kimia yang memiliki potensi toksik. Pada paparan akut (*acute exposure*) organisme mengalami kontak dengan bahan kimia yang dapat berupa paparan tunggal atau paparan yang terjadi dalam jangka pendek yang umumnya dalam hitungan jam hingga hari. Sedangkan pada paparan kronik (*chronic exposure*) organisme yang terpapar pada konsentrasi rendah dari suatu bahan kimia dapat berupa kontak berkesinambungan (terus-menerus) atau berupa kontak yang diberikan secara berkala dalam suatu periode waktu yang panjang misalnya minggu, bulan, sampai tahun. Efek kronik bisa timbul segera secara cepat seperti pada efek akut, tetapi yang paling sering adalah efek yang tertunda dan berkembang secara perlahan.
2. Faktor-faktor yang terkait dengan organisme; yang mempengaruhi tingkat kerentanan organisme terhadap toksikan yaitu faktor genetis, bahan makanan, nutrisi/gizi organisme, dan faktor usia atau stadia perkembangan.
3. Faktor-faktor lingkungan eksternal; toksisitas bahan kimia dapat dipengaruhi oleh lingkungan eksternal yang erat hubungan bahan kimia dalam media air seperti oksigen terlarut (DO), pH, suhu, dan bahan padat terlarut.
4. Faktor-faktor yang terkait dengan bahan kimia; adanya ketidak-murnian (*impurities*) suatu bahan kimia yang dijumpai dari *batch-batch* yang dihasilkan oleh produsen yang berbeda.

Dalam uji definitif pada uji toksisitas melihat respon mortalitas merupakan hal yang paling mudah untuk mengetahui efek dari bahan uji. Uji yang biasanya dilakukan untuk melihat dampak mortalitas ialah uji toksisitas Akut. Uji ini tepat digunakan untuk mengontrol secara rutin dan mengecek kesesuaian uji sesuai dengan syarat-syarat uji toksikologi (APHA, 1999).

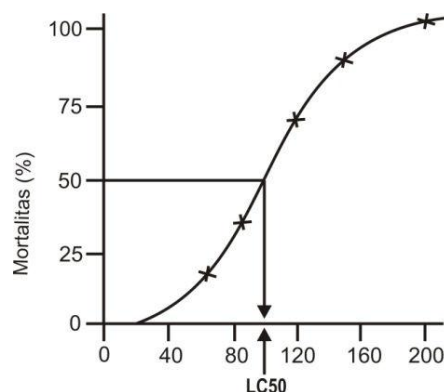
Menurut Ibrahim *et al.*, (2012) bahwa toksisitas akut merupakan terjadinya keracunan akibat pemaparan bahan toksik dalam waktu singkat, yang biasanya dihitung dengan menggunakan nilai LC_{50} atau LD_{50} . Nilai ini didapatkan melalui proses statistik dan berfungsi mengukur angka relatif toksisitas akut bahan kimia. Toksisitas akut dari bahan kimia lingkungan dapat ditetapkan secara eksperimen menggunakan spesies tertentu seperti mamalia, unggas, ikan, hewan invertebrata, plankton, tumbuhan vaskuler dan alga.

Uji LC_{50} adalah suatu pengujian untuk menetapkan potensi toksisitas akut LC_{50} , menilai berbagai gejala toksik, spektrum efek toksik, dan mekanisme kematian. Tujuan Uji LC_{50} adalah untuk mendeteksi adanya toksisitas suatu zat, menentukan organ sasaran dan kepekaannya, memperoleh data bahayanya setelah pemberian suatu senyawa secara akut dan untuk memperoleh informasi awal yang dapat digunakan untuk menetapkan tingkat dosis yang diperlukan (Ibrahim *et al.*, 2012).

Jumlah kematian hewan uji dipakai sebagai ukuran untuk efek toksik suatu bahan (kimia) pada sekelompok hewan uji. Jika dalam hal ini hewan uji dipandang sebagai subjek, respon berupa kematian tersebut merupakan suatu respon diskretik. Ini berarti hanya ada dua macam respon yaitu ada atau tidak ada kematian (Ngatidjan, 1997).

Uji toksisitas akut dilakukan untuk mendapatkan *quantal respon*, yaitu jumlah respon pada sekelompok hewan uji terhadap dosis tertentu suatu obat atau bahan. Pengamatan terhadap efek ini dilakukan untuk menentukan jumlah respon dari suatu respon diskrit (*all or none response*) pada suatu kelompok hewan uji. Jumlah respon tersebut dapat 100%, 99%, 50%, 20%, 10%, atau 1%. Respon yang bersifat diskrit itu dapat berupa kematian, aksi potensial, dan sebagainya (Ngatidjan, 1997). Hewan uji yang dipakai harus homogen. Menurut Weil (1979) penelitian uji toksisitas akut ini paling tidak menggunakan 4 peringkat dosis masing-masing peringkat dosis menggunakan paling sedikit 4 yang hewan uji. Dosis dibuat sebagai suatu peringkat dengan kelipatan logaritmik yang tetap. Dosis terendah merupakan dosis yang tidak menyebabkan timbulnya efek atau gejala keracunan, dan dosis tertinggi merupakan dosis yang menyebabkan kematian semua (100%) hewan uji. Dalam uji toksisitas akut, penentuan LC_{50} dilakukan dengan cara menghitung jumlah kematian hewan uji yang terjadi dalam 24 jam pertama sesudah pemberian konsentrasi bahan uji.

Hubungan antara konsentrasi uji yang diberikan dengan respon yang didapatkan oleh hewan uji (Gambar 2) :



Gambar 2. Grafik hubungan Antar Konsentrasi dengan Respon Organisme Pada Uji Toksisitas (Sumber : Tahir, 2012)

Grafik di atas memberikan gambaran tentang hubungan konsentrasi bahan uji dengan respon oleh hewan uji. Hubungan tersebut nantinya akan memberikan gambaran dalam menentukan LC_{50} dalam uji toksisitas akut

Menurut Tahir (2012) ada dua asumsi dasar terkait hubungan konsentrasi uji dengan respon oleh hewan uji yakni asumsi pertama bahwa akibat yang ditimbulkan oleh konsentrasi bahan uji tertentu dan respon yang diamati pada hewan uji merupakan hubungan sebab akibat. Asumsi ini memiliki kelemahan dalam hal identitas bahan kimia yang dapat bertransformasi selama pemaparan ataupun perubahan konsentrasi pemaparan logam terhadap organisme uji. Sedangkan asumsi kedua bahwa respon yang dihasilkan dan tingkat keparahan yang dihasilkan merupakan fungsi dari konsentrasi bahan kimia toksik.

Hal yang paling penting dalam mendesain rancangan uji toksisitas adalah studi tentang maksud objektif dari uji dan kualitas dari praktik yang akan dilakukan, untuk memastikan bahwa data yang nantinya didapatkan sesuai dengan maksud objektif penelitian dan memastikan kebenarannya (APHA, 1999).

Dalam uji toksisitas selain kematian atau letalitas, juga sering digunakan subletal. Menurut Mitrovic (1972) beberapa tolak ukur sublethal tersebut antara lain:

1. Perubahan sifat biologik penting seperti laju pertumbuhan, cara makan, pematangan (maturation) sel kelamin, kemampuan fertilisasi, perkembangan telur, kelangsungan hidup (*survival rate*) anak ikan, dan lain-lain.
2. Gangguan fungsi (patofisiologik), dapat diamati dengan pengukuran hematologik dan derajat metabolik, mempelajari aktivitas imunobiologik dan enzimatik atau pengamatan tingkah laku.

3. Perubahan patomorfologik, meliputi perubahan morfologi eksternal hingga kerusakan histologik dan sitologik.

Metode yang biasa digunakan dalam uji toksisitas adalah metode uji statik yakni uji yang dilakukan tanpa adanya pemberian pergantian air selama proses uji berlangsung, uji *flow-trough* (mengalir) yakni uji yang dilakukan dengan adanya pergantian air selama pengujian tergantung kebutuhan dan lama waktu pengujian, dan pembaruan (*renewal*) yakni uji yang dilakukan dengan adanya pembaruan air selama uji berlangsung (Werorilangi, 2015).

Metode uji statik dan *renewal* paling sering digunakan pada hewan uji seperti *fitoplankton* ataupun *zooplankton* sebab hewan uji ini mudah untuk dibersihkan dibandingkan dengan uji *flow-through*. Waktu uji pada uji statik ditentukan oleh jenis bahan uji yang di gunakan dan tujuan dari uji tersebut. Namun biasanya waktu untuk melakukan uji sama sesuai dengan kelompok hewan uji yakni sekitar 96 jam pengamatan (APHA, 1999).

Untuk melihat tingkatan sensitivitas organisme terhadap racun maka perlu pula dilakukan pengamatan parameter lingkungan seperti (suhu, DO, pH, CO₂, dan salinitas) yang sesuai dengan standar baku mutu media uji (APHA, 1999).

Dalam upaya penentuan toksisitas digunakan data hasil uji toksikologi untuk menentukan batas konsentrasi tanpa efek yang disebut dengan NOEC (*No Observed Effect Concentration*). NOEC merupakan konsentrasi maksimum bahan uji yang menghasilkan data yang secara statistik tidak secara signifikan menimbulkan efek berbahaya hewan uji dibandingkan dengan mekanisme kontrol pada uji toksisitas. Begitu pula dengan efek konsentrasi terendah LOEC (*Lowest Observed Effect Concentration*) dan dikenal pula dengan sebutan MTC (*Minimum Threshold Concentration*). LOEC merupakan Konsentrasi terendah bahan uji

yang secara signifikan menimbulkan efek terhadap organisme jika dibandingkan dengan organisme uji pada perlakuan kontrol uji toksisitas (Tahir, 2012).

C. Kadmium (Cd)

Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang, vulkanis dan sebagainya. Untuk kepentingan biologi Clark (1986) membagi logam kedalam 3 kelompok yaitu :

1. Logam ringan (seperti : natrium, kalium, kalsium, dan lain-lain), biasanya diangkut sebagai kation aktif di dalam larutan encer.
2. Logam transisi (seperti : besi, tembaga, kobalt dan mangan), diperlukan dalam konsentrasi yang rendah, tetapi dapat menjadi racun dalam konsentrasi yang tinggi.
3. Logam dan metaloid (seperti : raksa, hitam, timah, selenium, dan arsen), umumnya tidak dipergunakan dalam metabolisme dan sebagai racun bagi racun dalam konsentrasi rendah.

Adanya logam di perairan dapat berbahaya secara langsung terhadap kehidupan organisme maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alamiah sulit terurai sehingga dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengonsumsi organisme tersebut (Nontji, 1993).

Sifat racun logam berbeda-beda tergantung dari anion-kation yang terdapat bersamanya, proses ini dikenal sebagai faktor sinergistik. Dalam perairan, logam dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan

anorganik, sedangkan logam yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel yang membentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi (Razak, 1980).

Menurut Fardiaz (1992) logam Cd mempunyai nomor atom 46 dengan berat atom 112,40 serta memiliki beberapa sifat antara lain, kadmium adalah logam yang lemah dan lunak serta mudah dibentuk serta dapat membentuk ikatan kovalen dengan sulfida. Sebagaimana penjelasan Palar (1994) seperti halnya dengan unsur-unsur kimia lainnya terutama ikatan logam, logam Cd mempunyai sifat fisika dan kimia tersendiri. Berdasarkan sifat fisiknya logam Cd merupakan logam yang lunak.

Sumber-sumber logam Cd berasal dari tanah-tanah pertanian yang tercemar, sampah pertambangan, penggunaan logam Cd dalam industri, pembakaran sampah-sampah kotoran dan aliran lumpur perkotaan serta yang berasal dari tempat itu sendiri. Logam Cd juga terdapat pada sedimen atau partikel-partikel tersuspensi (Connel dan Miller, 1995).

Kandungan logam Cd yang sesuai dengan baku mutu air laut berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (SK.MENLH) No. 51 tahun 2004 untuk kepentingan pariwisata yaitu 0,002 mg/L dan untuk biota laut yaitu 0,001 mg/L.

D. Toksisitas Kadmium (Cd) pada Organisme Perairan

Logam yang terlarut dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi perairan. Meskipun daya racun yang dihasilkan oleh suatu jenis logam tidak sama, namun kehancuran dari suatu kelompok dapat menjadi terputusnya satu rantai kehidupan. Pada tingkat

selanjutnya keadaan tersebut tentu saja dapat menghancurkan suatu tatanan ekosistem (Palar, 1994).

Palar (1994) mengemukakan bahwa logam dapat mengumpul dalam tubuh organisme dan akan tetap tinggal dalam tubuh pada waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi. Pengeluaran logam dari tubuh organisme laut melalui dua cara yaitu ekskresi permukaan tubuh dan insang, serta melalui isi perut dan urine (Bryan, 1984).

Pencemaran logam pada air laut akan menyebabkan terkontaminasinya organisme perairan seperti gastropoda, udang, cumi – cumi, kerang dan lain – lain (UNEP, 1982). Peningkatan kandungan logam dalam perairan dapat menyebabkan peningkatan kandungan logam yang terakumulasi dalam tubuh organisme laut (Sanusi *et al.*, 1984).

Sebagian logam dalam jumlah mikro bersifat penting (esensial) bagi organisme dan juga dapat bersifat racun yang sangat berbahaya (Zulfitri, 1990), sehingga merugikan pertumbuhan organisme dan mengganggu metabolisme sel (Hutagalung, 1993).

Suatu logam dapat dipandang sebagai racun apabila logam - logam tersebut merugikan pertumbuhan atau metabolisme sel, bila logam tersebut berada di atas konsentrasi yang diperkenankan (Hutagalung, 1993). Kadar logam yang terlalu rendah dalam suatu perairan dapat menyebabkan organisme yang hidup di dalamnya menderita *defisiensi* (Bryan, 1984). Menurut Thoha (1991) bahan pencemar yang masuk ke dalam perairan akan membunuh biota yang paling peka, sehingga mengganggu rantai makanan dalam perairan tersebut. Terputusnya salah satu rantai makanan dapat menyebabkan beberapa jenis biota tidak hidup normal. Agar biota perairan dapat hidup layak, yaitu dapat

tumbuh dan berkembang biak secara normal, maka diperlukan baku mutu untuk biota tersebut.

Kandungan logam tertinggi umumnya ditemukan pada invertebrata jenis *mollusca* (Plasket dan Potter, 1979). Akumulasi terjadi karena logam pada organisme cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat – zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme sehingga terfiksasi dan tidak diekskresikan oleh organisme yang bersangkutan (Waldichuk, 1974).

Suatu hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi Hg pada kerang tropis *Saccostrea echinata* lebih besar pada suhu air 30°C dari pada 20°C, dan akumulasi tersebut tinggi pada jaringan insang. Logam Hg, Cd, dan Pb, daya penetrasinya berturut – turut dari yang besar ke yang kecil adalah $Hg > Cd > Pb$ (Denton *et al.*, 1981). Berdasarkan sifat akumulatornya yang tinggi terhadap logam maka jenis kerang tersebut banyak digunakan sebagai sampel untuk memonitoring pencemaran logam di lingkungan perairan (Darmono, 2001).

Darmono (2001) berpendapat bahwa dari data LC_{50} diketahui daya toksisitas logam pada jenis kerang dari yang kuat ke yang lemah secara berturut – turut sebagai berikut : $Hg > Ag > Cu > Zn > Ni > Pb > Cd > As > Cr > Mn$.

Di dalam perairan, kadmium (Cd) merupakan bentuk ikatan ion kovalen yang terikat membentuk $CdCl_2$, $Cd(COCl_2)$, $CdSO_4$ dan $Cd(NO_3)_2$. Kadmium dapat menyebabkan keracunan akut pada manusia yang mendapat unsur tersebut dari makanan. Konsumsi makanan dan air dengan konsentrasi kadmium (Cd) yang melebihi standar yang ditetapkan dapat menyebabkan unsur tersebut terakumulasi dalam jaringan ginjal, gangguan lambung, kerapuhan tulang, mengurangi hemoglobin darah dan pigmentasi tinggi (Tamsil, 2000).

Kadmium (Cd) akan terakumulasi dalam jumlah yang cukup banyak pada invertebrata terutama kerang (*bivalvia*) dan gastropoda (Bryan, 1984). Pada organisme logam membentuk ikatan protein-logam (*metallothionein*). Darah terutama *eritrosit* akan mendistribusikan kadmium (Cd) yang terserap ke seluruh organ tubuh. Organ tubuh yang banyak mengakumulasi kadmium (Cd) adalah saluran pencernaan (Stoeppler, 1992).

Berbagai penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa meningkatnya toksisitas kadmium (Cd) pada organisme disebabkan adanya reduksi salinitas dan bertambahnya suhu, kadmium (Cd) akan berada dalam tubuh organisme selama 3 bulan dan selanjutnya akan mengakibatkan efek yang mematikan pada organisme (Mance, 1990).

Selanjutnya Palar (1994) mengemukakan bahwa keracunan kadmium (Cd) dapat bersifat kronis terjadi dalam selang waktu yang cukup panjang. Peristiwa ini terjadi karena kadmium (Cd) yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang kecil sehingga dapat ditolerir oleh tubuh. Tetapi dengan terjadi proses pemasukkan terus menerus kondisi tubuh pada akhirnya tidak mampu bertoleransi terhadap daya racun kadmium (Cd). Kerusakan-kerusakan yang disebabkan kadmium (Cd) pada umumnya pada sistem fisiologi tubuh. Sistem-sistem yang rusak oleh keracunan kronis kadmium (Cd) ini adalah pada sistem *urinera* (ginjal), sistem respirasi (pernafasan dan paru-paru), sistem sirkulasi (darah), jantung, kelenjar reproduksi, sistem pencernaan dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan tulang.

Kadmium (Cd) mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan, dan manusia). Dalam biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan

(biomagnifikasi) dan dalam rantai makanan biota yang tertinggi akan mengalami akumulasi kadmium (Cd) yang lebih banyak (Palar, 1994).

Kasus toksisitas kadmium (Cd) dilaporkan sejak pertengahan tahun 1980-an dan kasus tersebut semakin meningkat sejalan dengan perkembangan ilmu kimia diakhir abad 20-an. Sampai sekarang diketahui bahwa kadmium (Cd) merupakan logam yang paling banyak menimbulkan toksisitas pada makhluk hidup (Nasution, 2009).

Studi kasus tentang toksisitas kadmium, penelitian yang telah dilakukan Hendri *et al.*, (2010) menemukan kadmium dengan LC_{50} 48 jam terhadap juwana kuda laut (*Hippocampus* spp) adalah 0.36 mg/L, yang sebelumnya ditandai dengan gejala stress di mana aktifitas renang yang menurun dan lebih banyak di dasar wadah. Penelitian lain yang dilakukan oleh Aripai, *et al.*, (2012) menemukan bahwa kadmium pada kerang putih di sungai Pangkajene berkisar antara 0.206-0.333 mg/L memiliki resiko besar yang mengindikasikan bahwa masyarakat di sekitar sungai Pangkajene mempunyai resiko yang tinggi untuk terpapar. Penelitian yang telah dilakukan Muhajir (2009) memberikan dampak terhadap kesehatan manusia yang menemukan kandungan kadmium pada insang kerang darah (*Anadara granosa*) berkisar antara 1.0285 mg/L sampai dengan 2.1055 mg/L, sedangkan jaringan otot berkisar antara 0.3255 mg/L sampai dengan 0.637 mg/L dapat memberikan kematian terhadap manusia bila dikonsumsi. Penelitian yang telah dilakukan Desratriyanti (2009) menemukan kadmium (Cd) dengan *median effect concentration* (EC_{50}) 48 jam terhadap larva kerang hijau adalah 1,97 mg/L, di mana konsentrasi terendah yang memberikan pengaruh nyata pada larva kerang LOEC (*Lowest Observed Effect Concentration*) adalah 0,33 mg/L, sedangkan konsentrasi tertinggi yang belum

mempengaruhi larva kerang NOEC (*No Observed Effect Concentration*) diperkirakan terletak antara nilai LOEC dan kontrol masing-masing perlakuan.

E. Distribusi Kadmium (Cd) Di Perairan

Berdasarkan waktu riset perbandingan konsentrasi kadmium di beberapa perairan Indonesia antara lain; pada bulan oktober 2002 kisaran konsentrasi kadmium di Perairan Laut Arifin berkisar $<0,001$ mg/L (Rochyatun *et al.*, 2004), pada bulan april 2006 kisaran konsentrasi kadmium di Pulau Muna, Kabaena dan Buton berkisar $<0,001$ - $0,001$ (Ahmad, 2009), pada bulan maret dan juli 2006 kisaran konsentrasi kadmium di Teluk Klabat berkisar $1,0$ - $3,0$ mg/L (Pratiwi *et al.*, 2013), pada bulan november 2012 kisaran konsentrasi kadmium di perairan Natuna berkisar $<0,001$ mg/L (Sagala *et al.*, 2014), pada bulan November 2013 konsentrasi kadmium di Tanjung Pinang berkisar 0.093 - $0,129$ mg/L (Arifin, 2011).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2015, bertempat di Hatchery Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Pulau Barrang Lompo, Kota Makassar.

B. Alat dan Bahan

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri diameter 90 mm sebanyak 24 buah sebagai wadah uji, pipet ukur skala 10 mL, pipet tetes (*plastic*) skala 3 mL sebanyak 8 buah, pipet tetes (*glasses*) skala 3 ml sebanyak 8 buah, lup (kaca pembesar), erlemeyer 1 buah, gelas kimia 1000 mL 1 buah, gelas kimia 600 mL 1 buah, *beaker glass* 250 mL, labu semprot 250 mL, mikropipet skala 100-1000 μ L tipe SOCOREX dan tip mikropipet 10 buah, gunting, *tintometer* GMBH loribon dan water digunakan untuk mengukur pH dan DO, *master refractor manual* tipe Master-s/MILLM (ATAGO) digunakan untuk mengukur salinitas, termometer ($^{\circ}$ C) skala 0-200 $^{\circ}$ C digunakan untuk mengukur suhu, mikroskop MOTIC tipe BA210 pembesaran 4 x 100 dan 10 x 100, *macroscope motic* tipe 102 M digunakan untuk menghitung larva, senter 2 buah, dan kamera HP ASUS tipe ZenFone 5 resolusi 8 Mp digunakan untuk mengambil gambar selama penelitian berlangsung, saringan 50 μ berfungsi untuk mengambil larva, preparat sebagai wadah dalam pengamatan larva, *autoclave* berfungsi untuk mensterilkan air laut.

Sedangkan bahan yang di gunakan pada penelitian ini adalah Kadmium Klorida ($\text{CdCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$) merk MERCK, air laut steril, masker, sarung tangan, tissue,

lakban, spidol permanen, form data, kertas label, kertas manila, *clipboard* dan buku catatan.

C. Bahan Uji

Bahan uji yang digunakan dalam penelitian uji toksik ini adalah Kadmium Klorida ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) merk MERCK.

D. Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah veliger kima (*Tridacna squamosa*) yang berukuran 80-100 μ dengan masa umur 6 hari setelah masa pemijahan. Veliger kima (*Tridacna squamosa*) diperoleh dari hasil pemijahan yang dilakukan di Hatchery Universitas Hasanuddin Pulau Barrang Lompo, Kota Makassar.

E. Media Uji

Media uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah air laut steril yang sudah disterilisasi dengan *autoclave* dan dicampurkan dengan kadmium (Cd) yang sudah dilarutkan dalam wadah larutan stok.

F. Metode Uji

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode uji statik yang dilakukan dengan tidak memberi pakan dan tidak memberikan air selama proses uji. Waktu yang digunakan dalam uji statik ini selama ± 24 jam.

G. Prosedur Kerja

1. Tahap Persiapan Pemijahan Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)

Kima yang digunakan adalah veliger Kima Sisik (*Tridacna squamosa*) hasil pemijahan yang telah berumur 6 hari. Proses yang dilakukan sebelum pemijahan yakni mengambil kima dari bak penampungan pembudidayaan di Hatchery Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Selanjutnya membersihkan cangkang kima yang menempel kotoran/parasit dengan menggunakan sikat cuci. Membilas kima dengan menggunakan air mengalir dan terakhir membilas dengan air dengan melarutkan kaporit untuk membunuh bakteri pada cangkang kima. Menjemur kima selama 2-3 jam agar kima mengalami stres sebelum dimasukkan ke dalam wadah bak pemijahan. Setelah menjemur kima selanjutnya memasukkan ke dalam wadah bak pemijahan yang telah berisi air laut. Sebelum kima melakukan pemijahan, menyuntikkan cairan serotonin 0,06 gram/100 cc air laut bersih untuk merangsang kima. Pemijahan terjadi secara eksternal sebagaimana penjelasan Niartiningsih (2001) proses pemijahan ditandai oleh pengeluaran sperma, kemudian beberapa jam telur keluar. Telur kemudian menyebar terbawa arus dan dapat merangsang induk-induk kima yang lain untuk memijah secara serempak dan simultan. Pada saat sperma keluar, sperma dipindahkan ke dalam bak pemijahan yang telah diberi aerasi sebagai suplai oksigen. Setelah 2-3 jam telur keluar, selanjutnya telur dipindahkan ke dalam bak pemijahan yang telah terisi sperma dan terjadi fertilisasi.

Setelah fertilisasi selama 12 jam telur kima dengan diameter sekitar 100 μm dan menetas menjadi larva *trochopor*. Selanjutnya, telur berkembang menjadi veliger atau larva (burayak) yang dilengkapi dengan *velum* yang dikelilingi oleh

bulu-bulu getar. Pada umur 2 hari setelah fertilisasi veliger berukuran kira-kira 160 μ , dan sudah mempunyai cangkang transparan yang berbentuk “D” biasa disebut D-veliger (Panggabean, 1991).

2. Sterilisasi Alat dan Bahan

Sebelum menggunakan peralatan terlebih dahulu medium disterilkan dengan mencuci dan membilas semua peralatan yang digunakan selama proses uji belum berlangsung dengan menggunakan larutan asam nitrat 65% sebanyak 153 mL yang dicampur dengan aquades sebanyak 10 Liter. Hal ini bertujuan untuk menghindari atau meminimalisasi adanya kontaminasi logam yang ada pada setiap peralatan yang akan digunakan.

3. Pembuatan Larutan Stok

Menyiapkan larutan stok dengan konsentrasi sebesar 10 mg/L sebanyak 1000 mL. Membuat larutan stok dengan menambahkan kadmium (CdCl) 10 mg/L ke dalam 1 liter air laut. Kemudian membuat konsentrasi 0 mg/L, 0,1 mg/L, 1 mg/L, 2,5 mg/L, 5 mg/L, dan 10 mg/L dengan menggunakan metode pengenceran yang mengacu pada persamaan Koesoemadinata (2003), berikut:

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

Di mana :

N_1 = Volume larutan Stok (mg/L)

V_1 = Volume konsentrasi bahan uji (mL)

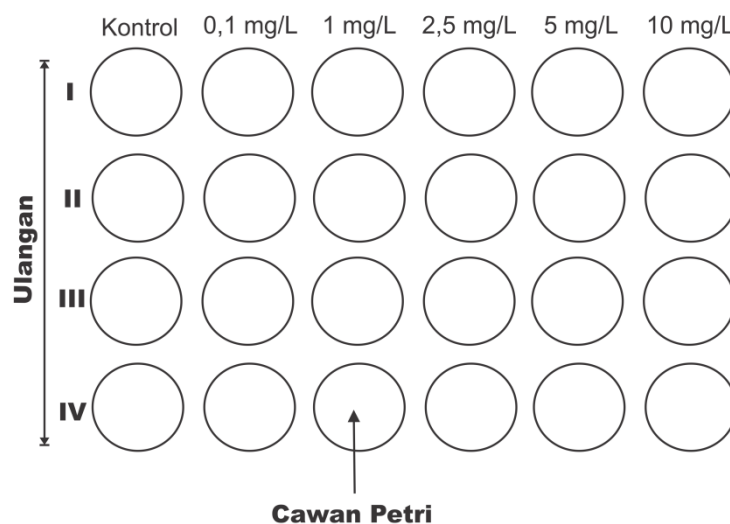
N_2 = Konsentrasi

V_2 = Volume Uji (mL)

4. Desain Penelitian Uji Toksisitas Akut Kadmium (Cd)

Dalam penelitian ini digunakan percobaan yaitu rancangan acak lengkap, yang terdiri dari 6 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga terdapat 24 cawan petri

percobaan dengan jumlah hewan uji (n=40 ekor) dan kemudian tiap cawan petri terisi (n=10 ekor) veliger kima (*Tridacna squamosa*). Dalam penelitian ini tidak dilakukan uji pendahuluan dalam menentukan konsentrasi yang digunakan. Konsentrasi yang digunakan yaitu; 0 mg/L, 0,1 mg/L, 1 mg/L, 2,5 mg/L, 5 mg/L, dan 10 mg/L (mengacu pada penelitian Nimzet, 2015). Setiap tata letak wadah cawan petri dilakukan secara berurut, namun dalam memasukkan hewan uji ke dalam cawan petri dilakukan secara acak guna menghindari subjektifitas (Steel and Torrie, 1985; Gasperz, 1991). Desain penelitian (Gambar 3).



Gambar 3. Desain percobaan uji toksisitas akut kadmium (Cd)

Setelah memasukkan hewan uji ke dalam cawan petri yang telah terisi larutan stok, selanjutnya mencatat mortalitas individu dan kualitas air uji (DO, salinitas, suhu, dan pH) setiap 6 jam pengamatan selama 24 jam, memperhatikan pola tingkah laku, morfologi dan hal-hal lain yang dianggap tidak normal.

5. Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur yaitu DO, suhu, pH, dan salinitas. Pengambilan data berdasarkan konsentrasi pemaparan hewan uji yang dilakukan setelah pengamatan 24 jam.

Tabel 1. Parameter Lingkungan yang Diamati

Parameter lingkungan	Metode Pengukuran
DO	Titrasi
Suhu	Termometer
pH	pH meter
Salinitas	Handrefraktometer

6. Analisis Data

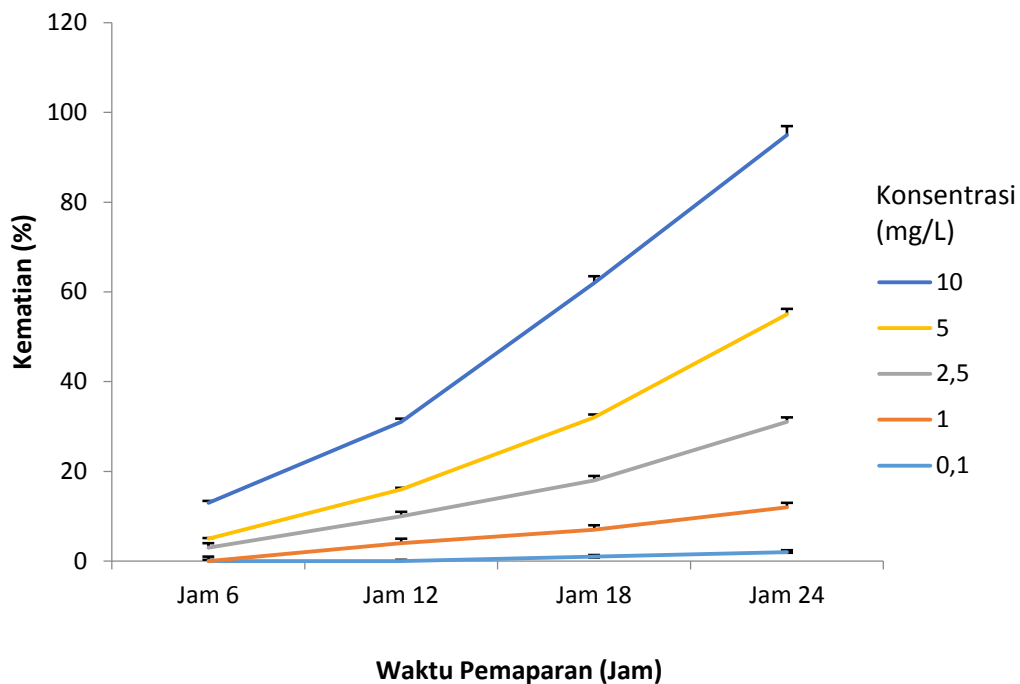
Analisis data yang digunakan untuk menentukan nilai LC_{50} 24 jam adalah *Software Trimmed Spearman-Kärber Method version 4.1* (Hamilton *et al.*, 1977). Nilai konsentrasi tertinggi yang tidak menimbulkan dampak (NOEC) dan nilai konsentrasi terendah yang menimbulkan dampak (LOEC) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) ditentukan berdasarkan Uji Dunnett (satu arah) dengan menggunakan *software SPSS 16.0* (EPA, 2002). Konsentrasi yang aman atau MATC (*Maximum Acceptable Toxicant Concentration*) ditentukan dengan menggunakan nilai NOEC dan LOEC (APHA, 1999), di mana :

$$MATC = \sqrt{(NOEC)(LOEC)}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Laju Kematian

Laju kematian veliger kima (*Tridacna squamosa*) selama 24 jam akibat dari paparan kadmium (Cd), terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi laju kematian (Gambar 4).



Gambar 4. Kematian Veliger Kima (*Tridacna Squamosa*) Akibat Paparan Kadmium (Cd) (n=10 ekor)

Pemaparan kadmium (Cd) selama 24 jam menimbulkan efek kematian terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*). Pada konsentrasi 0 – 1 mg/L, 6 jam pertama waktu paparan kematian berada di bawah 20% dan terus meningkat selama 24 jam. Pada konsentrasi rendah 0,1 – 2,5 mg/L, kematian terjadi di bawah 50% hingga akhir uji (24 jam). Kematian di atas 50% mulai terjadi dikonsentrasi 10 mg/L pada waktu paparan 18 jam dan konsentrasi 5 mg/L pada akhir uji. Pada 24 jam pengamatan terakhir kematian berada 100%, terjadi pada konsentrasi 10 mg/L. Terkait penelitian yang dilakukan Nimzet (2015)

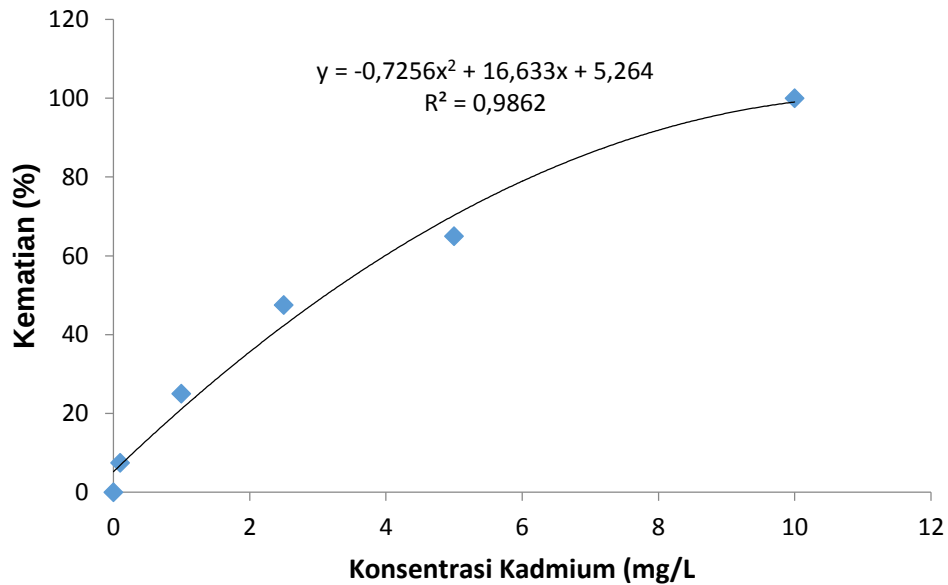
bahwa pada konsentrasi rendah, 3.2 dan 5.6 mg Cd/L, terlihat kematian planula karang *Acropora* sp. terjadi di bawah 50% hingga waktu ke 24 jam. Sedangkan pada konsentrasi 10 mg/L, kematian planula karang *Acropora* sp. di atas 80% terjadi pada 6 jam pertama waktu pemaparan. Kemudian konsentrasi tertinggi (32 mg/L) diawal 6 jam pertama waktu pemaparan telah terjadi kematian 100%. Bahwa semakin tinggi konsentrasi kadmium (Cd) maka semakin tinggi pula tingkat kematian.

Widowati (2008) mengemukakan bahwa pengaruh kadmium (Cd) dalam jaringan biota laut dapat merusak sistem fisiologis, sistem respirasi, sistem sirkulasi dan jantung, sehingga berdampak terhadap proses kalsifikasi. Keracunan kadmium (Cd) dapat bersifat kronis terjadi dalam selang waktu yang cukup panjang. Peristiwa ini terjadi karena kadmium (Cd) yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang kecil sehingga dapat ditolerir oleh tubuh. Tetapi dengan terjadi proses pemasukkan terus menerus kondisi tubuh pada akhirnya tidak mampu bertoleransi terhadap daya racun kadmium (Cd). Kerusakan-kerusakan yang disebabkan kadmium (Cd) umumnya terjadi pada jaringan fisiologi tubuh. Jaringan yang rusak oleh keracunan kronis kadmium (Cd) ini seperti sistem *urinera* (ginjal), sistem respirasi (pernafasan dan paru-paru), sistem sirkulasi (darah), jantung, kelenjar reproduksi, sistem pencernaan dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan tulang (Palar, 1994).

B. Nilai LC₅₀-24 Jam

Hasil persentasi mortalitas 24 jam kadmium (Cd) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) menunjukkan tingkat kematian berbeda, disebabkan oleh dosis konsentrasi yang beragam. Semakin tinggi tingkat konsentrasi kadmium

(Cd) maka semakin tinggi laju kematian, seiring dengan lamanya waktu pemaparan (Gambar 5).



Gambar 5. Kurva Kematian Veliger Kima (*Tridacna squamosa*) yang Terpapar Kadmium (Cd) selama 24 Jam

Nilai koefisien korelasinya (R) pada kurva kematian (Gambar 5) sebesar 0,9931 yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang kuat ($p < 0.05$) antara persen kematian dengan konsentrasi kadmium (Cd).

Dalam penelitian ini pada kontrol tidak terjadi kematian, sebagaimana EPA (1999) untuk menghitung LC_{50} , kematian hewan uji pada kontrol tidak boleh lebih dari 10%.

Hasil perhitungan LC_{50} 24 jam cadmium (Cd) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) dengan menggunakan Metode *Trimmed Spearman Karber version 4.1*, adalah LC_{50} sebesar 2,12 mg/L (CI:1,151-2,99 mg/L). Nilai ini menunjukkan konsentrasi kadmium (Cd) yang menyebabkan kematian 50% veliger kima (*Tridacna squamosa*). Berdasarkan kriteria toksisitas (Koesoemadinta, 1983) bahwa toksisitas kadmium (Cd) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) memiliki toksisitas yang tinggi (Tabel 2).

Tabel 2. Kriteria Toksisitas Untuk Pengujian Laboratorium yang Dikeluarkan Oleh Komisi Pestisida Departemen Pertanian (Koesoemadinata, 1983).

Nilai LC ₅₀ (mg/L)	Tingkat Toksisitas
< 1	Sangat Tinggi
1-10	Tinggi
>10-100	Sedang
>100	Rendah

Penelitian yang dilakukan Nimzet (2015) tentang LC₅₀ 24 jam kadmium (Cd) terhadap larva planula karang *Acropora* sp. didapatkan sebesar 5.062 mg/L. Sedangkan penelitian yang dilakukan Purwiyanto (2009) LC₅₀ 48 jam kadmium (Cd) terhadap larva ikan kerapu bebek sebesar 0.3098 mg/L.

Penelitian yang dilakukan Hendri *et al.*, (2010) di mana LC₅₀ 48 jam kadmium (Cd) terhadap juwana kuda laut (*Hippocampus* spp) sebesar 0.36 mg/L. Sedangkan penelitian yang dilakukan Muhajir (2009), di mana kandungan kadmium (Cd) di dalam insang kerang darah (*Anadara granosa*) berkisar antara 1.0285 - 2.1055 mg/L, sedangkan di jaringan otot berkisar antara 0.3255 - 0.637 mg/L. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Aripai *et al.*, (2012) menemukan bahwa konsentrasi kadmium pada kerang putih di sungai Pangkajene berkisar antara 0.206-0.333 mg/L.

Berdasarkan penelitian Nimzet (2015) bila dibandingkan dengan LC₅₀ 24 jam kadmium terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) yang didapatkan adalah sebesar 2,12 mg/L, hal ini menunjukkan bahwa veliger kima (*Tridacna squamosa*) sensitif terhadap bahan pencemar seperti kadmium (Cd). Sedangkan

penelitian lain veliger kima (*Tridacna squamosa*) lebih kebal (resisten) terhadap kadmium (Cd).

Menurut Connel & Miller (1995) pengambilan awal logam oleh makhluk hidup air dapat melalui tiga proses utama, yaitu melalui pernafasan (permukaan insang), melalui permukaan tubuh (kulit) dan melalui makanan, partikel serta air yang masuk sistem pencernaan. Thoha (1991) bahan pencemar yang masuk ke dalam perairan dapat membunuh biota, sehingga dapat mengganggu rantai makanan dalam perairan. Selanjutnya Kadmium (Cd) mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan, dan manusia). Dalam biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan (biomagnifikasi) dan dalam rantai makanan biota yang tertinggi akan mengalami akumulasi Cd yang lebih banyak (Palar, 1994).

C. NOEC dan LOEC

Tahir (2002) menyatakan bahwa data hasil uji toksikologi digunakan untuk menentukan batas konsentrasi tanpa efek berbahaya hewan uji dibandingkan dengan mekanisme kontrol pada uji toksisitas yang disebut dengan NOEC (*No Observed Effect Concentration*). Begitu pula dengan efek konsentrasi terendah LOEC (*Lowest Observed Effect Concentration*) atau dikenal pula dengan sebutan MTC (*Minimum Threshold Concentration*). LOEC merupakan konsentrasi terendah bahan uji yang secara signifikan menimbulkan efek terhadap organisme jika dibandingkan dengan organisme uji pada perlakuan kontrol uji toksisitas. Nilai konsentrasi efektif MATC (*Maximum Acceptable Toxicant Concentration*) merupakan nilai yang berada diantara nilai NOEC dan LOEC. Di mana nilai NOEC dan LOEC digunakan dalam menentukan nilai konsentrasi maksimum (MATC) yang aman bagi veliger kima (Tabel 3).

Tabel 3. Pengamatan Mortalitas Veliger kima (*Tridacna squamosa*)

Konsentrasi (mg/L)	Waktu (Jam)				Mortalitas (%)
	6	12	18	24	
0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
0,1	0	0	1	1	8
	0	0	0	1	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	25
	0	1	1	2	
	0	1	0	1	
	0	2	1	0	
2,5	0	1	1	3	48*
	1	0	2	2	
	1	2	0	3	
	1	0	2	0	
5	1	1	2	2	65*
	0	1	2	4	
	0	2	3	1	
	1	2	1	3	
10	2	0	4	4	100*
	1	3	3	3	
	1	2	4	3	
	4	2	4	0	

Berdasarkan penelitian ini menunjukkan persen mortalitas pada setiap konsentrasi dan hasil Uji Dunnet, di mana nilai NOEC merupakan nilai persen mortalitas yang paling tinggi yang tidak berbeda nyata dengan kontrol adalah konsentrasi 1 mg/L. Sedangkan nilai LOEC merupakan nilai persen mortalitas terendah yang berbeda nyata dengan kontrol yaitu konsentrasi 2,5 mg/L. Berdasarkan nilai NOEC dan LOEC, konsentrasi yang dapat ditelorir (MATC) adalah sebesar 1, 581 mg/L.

Penelitian yang dilakukan Yuniananda (1996) pengamatan 96 jam kadmium (Cd) terhadap *Chaetoceros gracilis* diperoleh nilai NOEC dan LOEC adalah 0,29 mg/L dan 0,73 mg/L. Bagi *Chaetoceros ceratosporum* diperoleh nilai NOEC dan LOEC adalah 0.59 mg/L dan 1,10 mg/L. Sedangkan penelitian yang dilakukan Puvaneswari dan Karuppasamy (2007) LC₅₀ 96 jam kadmium (Cd) terhadap larva *Heteropnuestes fossilis* didapatkan nilai NOEC yakni 500 mg/L dan nilai LOEC sebesar 750 mg/L.

D. Hubungan Konsentrasi Kadmium (Cd) dengan Jumlah *Zooxanthella*

Veliger kima

Dari hasil penelitian uji toksisitas akut kadmium (Cd) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) yang memberikan efek kematian 50%. Dilakukan pula pengamatan pengaruh konsentrasi terhadap jumlah *zooxanthella* yang menunjukkan adanya perbedaan jumlah *zooxanthella* pada setiap konsentrasi (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil pengukuran jumlah *zooxanthella* yang ada pada mantel veliger kima (*Tridacna squamosa*)

Konsentrasi (mg/L)	Nilai Rata – Rata (n=2)
0	24
0,1	8
1	10
2,5	9
5	0
10	0

Dari hasil perhitungan rata-rata jumlah *zooxanthella* pada mantel veliger kima (*Tridacna squamosa*) yang terpapar akibat kadmium (Cd) selama 24 jam, dari konsentrasi 0 – 10 mg/L terjadi penurunan jumlah *zooxanthella* secara

signifikan. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan respon terhadap lepasnya *zooxanthella* dengan meningkatnya konsentrasi kadmium (Cd).

Penurunan jumlah *zooxanthella* pada mantel veliger kima (*Tridacna squamosa*) sejalan dengan makin meningkatnya konsentrasi kadmium (Cd), yang bisa menyebabkan keluarnya *zooxanthella* dari hewan simbiotiknya. Hal ini diperjelas oleh Brown (1988) bahwa keluarnya *zooxanthella* disebabkan adanya respon dari gangguan atau perubahan lingkungan seperti adanya logam di kolom perairan. Penjelasan dari Stoeppler (1992) mengemukakan bahwa kadmium (Cd) lebih terakumulasi terhadap saluran pencernaan kerang dibanding pada jaringan otot atau mantel. Sedangkan Duquesne dan Coll (1995) bahwa akumulasi kadmium (Cd) dengan konsentrasi yang tinggi pada kerang ditemukan dijinjal dan yang terendah ditemukan diotot atau mantel.

Kurangnya efek kadmium terhadap *zooxanthella* karena logam kadmium sebagian besar terikat pada cangkang sebelum masuk ke dalam tubuh kerang. Di mana Madkour (2005) menemukan dalam penelitiannya bahwa konsentrasi kadmium tertinggi berada pada bagian cangkang dibandingkan dalam daging kerang.

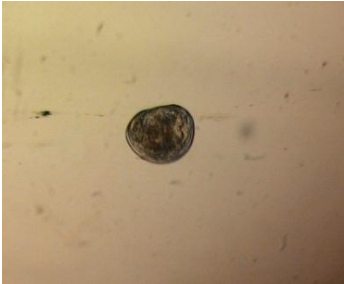
Burzynsky dan Zurek (2007) menyatakan bahwa organisme fotosintesis sangat sensitif terhadap keberadaan logam. Logam menimbulkan terjadinya gangguan terhadap fungsi fisiologis seperti penyerapan air, respirasi, penyerapan nutrient dan fotosintesis. Torres (2008) juga menyatakan bahwa logam berikatan dengan gugus sulfhidril (SH) yang terdapat dalam sistem sel membentuk ikatan *metalloenzim* dan *metalproteion* sehingga aktivitas enzim untuk proses kehidupan sel tidak dapat berlangsung.

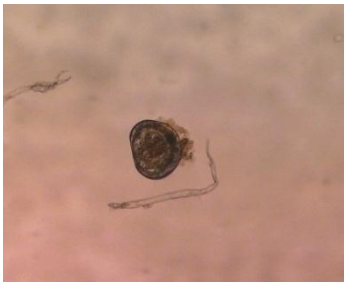
E. Dampak Kadmium (Cd) Terhadap Morfologi dan Anatomi Veliger Kima (*Tridacna squamosa*)

Kima sisik termasuk kelas *bivalvia* yang memiliki dua tangkup cangkang simetris yang terbuat dari zat kapur (Kalsium Karbonat- CaCO_3) dan berwarna kekuning-kuningan. Permukaan cangkang bagian luar membentuk lekukan dan tonjolan yang tersusun sedemikian rupa sehingga terbentuklah bangunan seperti kipas. Dalam cangkang terdapat mantel tebal yang membungkus organ-organ. Pada saat fase larva *trochopor* kima telah mempunyai 2 tangkup cangkang yang berwarna kekuning-kuningan.

Dari pengamatan yang dilakukan selama 24 jam ternyata menunjukkan pengaruh kadmium (Cd) terhadap bentuk morfologi veliger kima (*Tridacna squamosa*) memberikan efek adanya kerusakan pada cangkang. Pengaruh kadmium (Cd) yang terjadi yakni kerusakan jaringan otot atau mantel dan yang paling fatal adanya respon kematian setelah beberapa jam pemaparan logam. Selain itu adanya perubahan tingkah laku yang terjadi seperti warna yang berubah menjadi putih saat veliger mati, dan keluarnya *zooxanthella* dari dalam cangkang (Tabel 5).

Tabel 5. Hewan Uji Verliger Kima (*Tridacna squamosa*) yang Terpapar Kadmium (Cd) dengan Berbagai Perlakuan

Perlakuan Konsentrasi (mg/L)	Hewan Uji	Keterangan
Kontrol		Keadaan normal
0,1		Jaringan otot rusak, cangkang utuh, dan mati
1		Cangkang belum rusak, jaringan otot rusak, dan mati
2,5		Tangkup cangkang terbuka dengan keluarnya mantel/otot dan mati

Perlakuan Konsentrasi (mg/L)	Hewan Uji	Keterangan
5		Tangkup cangkang terbuka dengan keluarnya mantel/otot dan mati
10		Tangkup cangkang rusak dan jaringan otot/mantel hancur

Pada konsentrasi 0,1 dan 1 mg/L telah terjadi kematian dengan menunjukkan adanya kerusakan pada jaringan otot atau mantel. Sedangkan pada konsentrasi 2,5 dan 5 mg/L terlihat nampak keluarnya jaringan otot atau mantel dari tangkup cangkang, hal ini disebabkan adanya akumulasi kadmium (Cd) yang tinggi. Berbeda dengan konsentrasi 10 mg/L veliger kima (*Tridacna squamosa*) tangkup cangkang dan jaringan otot hancur. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin mempengaruhi tingkat kerusakan. Menurut Palar (1994) bahwa kerusakan terjadi pada sistem ginjal, pernapasan, paru-paru, sistem sirkulasi darah, jantung, kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan mengakibatkan kerapuhan tulang.

F. Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang dilakukan pada pengamatan logam Cd selama 24 jam terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*), meliputi suhu, pH, dan salinitas. Hasil yang diperoleh dalam pengamatan kualitas air (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Toksisitas terhadap Veliger kima (*Tridacna squamosa*)

No	Parameter	Rataan	Standar Baku Mutu
1	DO	6,1	>5
2	Suhu	26°C	Alami (nihil)
3	pH	8,4	7 - 8,5
4	Salinitas	34 ‰	34-35 ‰

*KEPMENLH No. 51 Tahun 2004

1. DO (*Dissolved Oxygen*)

Pengamatan DO (*Dissolved Oxygen*) yang dilakukan selama penelitian adalah 6,1 yang masih berada dalam status normal. Hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang standar baku mutu DO untuk biota laut yakni >5.

2. Suhu

Pengamatan suhu yang telah dilakukan pada penelitian ini memiliki variasi tiap konsentrasi yang berkisar 26°C. Hal ini sesuai dengan Rahman (2006) bahwa biota laut dapat mentoleransi suhu yang berkisar 20-35°C. Penjelasan Jameson (1976) mengatakan bahwa suhu yang baik untuk laju pertumbuhan kima adalah 20-35°C. Suhu yang baik untuk kelangsungan hidup organimes *benthos* (*Tridacnidae*) berkisar 25-35°C. Selanjutnya Hutabarat dan Evans (1985) bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi perkembangan organisme laut, juga berpengaruh terhadap aktifitas metabolisme organisme.

3. pH

Nilai pH selama penelitian diukur adalah 8,4. Masih berada dalam batas yang tidak berbahaya bagi biota perairan. Menurut Jameson (1976) kisaran pH yang baik bagi kima antara 8-8,5. Menambahkan Yulianti (2007) bahwa biota perairan peka terhadap pH antara 7-8,5.

4. Salinitas

Pengamatan salinitas yang dilakukan selama penelitian adalah 34 ‰ masih berada dalam batas normal. Menurut Razak (1980) suhu yang dapat ditolerir dalam kelangsungan hidup organisme berkisar 32-36 ‰. Jameson (1976) menambahkan salinitas yang sesuai dalam proses kelangsungan hidup kima (*Tridacna*) berkisar 25-40 ‰.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari hasil penelitian uji toksisitas kadmium (Cd) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai LC_{50} -24 jam kadmium (Cd) terhadap veliger kima (*Tridacna squamosa*) yakni sebesar 2,12 mg/L.
2. Nilai NOEC (*No Observed Effect Concentration*) merupakan konsentrasi tertinggi yang tidak menimbulkan efek berbahaya terhadap larva veliger kima (*Tridacna squamosa*) adalah 1 mg/L. Sedangkan nilai LOEC (*Lowest Observed Effect Cocentration*) konsentrasi terendah yang dapat mematikan veliger kima (*Tridacna squamosa*) adalah 2,5 mg/L. Nilai MATC yang dapat ditorelir oleh veliger kima (*Tridacna squamosa*) adalah 1,581 mg/L.
3. Pada konsentrasi tertinggi 10 mg/L terlihat jelas kerusakan jaringan otot/mantel dan kerusakan cangkang. Perubahan tingkah laku seperti perubahan warna dan keluarnya *zooxhantella*.

B. Saran

Saran dari penulis adalah perlu ada penelitian selanjutnya mengenai uji toksisitas akut dengan logam yang berbeda. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi indikator kualitas air dalam penentuan lokasi transplantasi kima.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. 2009. Tingkat Pencemaran Logam Berat dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Pulau Muna, Kabaena, dan Buton Sulawesi Tenggara. *Makara Sains*, Vol. 13 (2):117-124.
- APHA, 1999. Standard methods for the examination of water and freshwater. 20th edition. Edited by L.S. Clescery; A. E. Greenberg; A.B. Eato.
- Arifin, Z. 2011. Konsentrasi Logam Berat di Air, Sedimen dan Biota di Teluk Kelabat Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 3 (1):104-114.
- Aripai, M. A., Daud, dan R. L. Ane. 2012. Analisis Risiko Paparan Kadmium (Cd) Pada Air dan Kerang Putih (*Anadonata woodiana*) Di Sungai Pangkajene. Bagian Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
- Burzynski, M., and Zurek, A. 2007. Effect of Copper and Cadmium on PHotosynthesis in Cucumber Cotyledons. *PHotosynthetica* 45, 239-244.
- Braley, R. D. 1992. The Giant Clam: Hatchrey and Nursery Culture Manual. ACIAR Monograph No.15. Canberra. Australian Centre For Internasional Agriculture Research. 144p
- Brown. 1988. Assessing Enviromental Impacts on Coral Reefs. Prol 6th. Coral Reef Symp. 1:71-79.
- Bryan, G. W. 1984. Pollution due to Heavy metals and Their Compounds, in O. Kinne (ed), Marine Ecology. Vol. 5. Jhon Willey and Sons Ltd, London. 1289 – 1431 pp.
- Calumpang, H. P. (editor). 1992. The Giant Clam: An Ocean Culture Manual. ACIAR.Canbera.65 p.
- Clark, R. B.1986. Marine Pollution. Clarendon Press. Oxford.
- Connel, D. W., and G. J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Jakarta: UI Press.
- Copland, J. W., and J. S. Lucas. 1988. Giant Clam In Asia and the Pasific. ACIAR, Canberra.
- Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungan Dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia Press, Jakarta. 167 hal.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Biologi Mahluk Hidup. UI-Pres. Jakarta.
- Denton, G. R. W., and Burdon – Jones C. 1981. Influence on Bioaccumulation of an Essentian Trace Element (Zn) and Pollutant Metal (Cd) in Larvae of Prawn *Palaemon serratus*. *Marine Biol.* 86: 139 – 143.
- Desratriyanti, R. 2009. Toksisitas Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) Terhadap Perkembangan Embrio-Larva Kerang Hijau (*Perna viridis*). Skripsi. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Duquesne, SJ and Coll. JS. 1995. Metal Accumulation in The Clam *Tridacna crocea* Under Natural and Experimental Conditions. *Aquatic Toxicology*. 32, 239-253
- EPA, 2002. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms. Fifth Edition. Washington DC, USA. 275 pp.
- Fardiaz, S., 1992. Polusi Air Dan Udara. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Gasperz, V. 1991. Metode Perancangan Percobaan. Penerbit Armico. Bandung
- Hall, JL. 2002. Cellular Mechanisms for Heavy Metal Detoxification and Tolerance. *J. Exp. Bot* 53:1-11.
- Hamilton, Martin A., Russo, Rosemarie C., Thurston, and Robert V., 1977. Trimmed Spearman-Kärber Method for Estimating Median Lethal Concentration in Toxicity Bioassays. *Environmental Science and Technology*, 11, pp. 714-719; Correction (1978), 12, pp. 417.
- Hendri, M., G. Diansyah, dan J. Tampubolon. 2010. Konsentrasi Lethal (LC₅₀-24 jam) Logam Tembaga (Cu) dan Kadmium (Cd) Terhadap Tingkat Mortalitas Juwana Kuda laut (*Hippocampus* spp). *Jurnal Penelitian Sains* Vol. 13. Program Studi Ilmu Kelautan FMIPA. Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan. Indonesia.
- Hubert, JJ. 1979. Bioassay. Kendali Hunt Publishing Company, USA.
- Hutabarat, S. dan Evan, S. M. 1985. Pengantar Oseanografi. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hutagalung, H.P. 1993. Pencemaran Logam dan Analisa Logam. Kerjasama antara UNESCO/UNDP, P₃OLIP dan Universitas Riau, Puslit UNRI, Pekanbaru. 15 hal.
- Ibrahim, M., Anwar, A., dan Yusuf N. I. 2012. Uji lethal dosis 50% (LD₅₀) pada polih herbal (*Curcuma xanthorrhiza*, *Kleinhovia hospita*, *Nigella sativa*, *Arcangelisia flava* dan *OpHiochepalus stratus*) pada heparmin terhadap mencit (*Mus mucullus*). Research & Development PT ROYAL MEDICAL LINK PHARMALAB. Makassar.
- Jameson, C. S. 1976. Early Life History of The Giant Clams *Tridacna crocea* Lamarck, *Tridacna maxima* (Roding) and *Hippopus hippopus* (Linnaeus) *Asific Science*. 30 No 3 219-233.
- KEPMENLH. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51/MENLH/2004 tahun 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut. Jakarta.
- Koesoemadinata, S. 2003. Metode Standar Pengujian Toksisitas Pestisida Terhadap Ikan, 73 pp.
- Lucas, J.S. 1994. The Biology, Exploitation and Mariculture of Giant Clams (*Tridacnae*). Reviews In Fisheries Science. C.R.C. Press.
- Ludvianto, B. 1993. Budidaya Kima (*Tridacna* sp dan *Hippopus* sp). Indonesia Marine Scienc Education Project, UNDIP. LIPI, Semarang.

- Madkour, H. A. 2005. Distribution and Relationship of Heavy Metals in The Giant Clam (*Tridacna maxima*) and associated Sediments from Different Sites in The Egyptian Red Sea Coast. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 31, 45-59.
- Mance, G. 1990. Threat of Heavy Metal in Aquatic Environment. Occurrence Analysis and Biological Relevance. New York.
- Martuti, N. K. T. 2001. Akumulasi Logam Berat Cd Pada Ikan Lunjar (*Rasbora argyrotaenia*), Wader (*Barbodes balleroides*) dan Nilem (*Osteochilus haseltii*) di Kali Garang Semarang. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Mitrovic, V. V. 1972. Sublethal Effect of pollutant on Fish. In : Marine Pollution and Sea Life. Ruivo (ed) Fishing News (Books) Ltd. FAO.
- Muchsin. 1993. Distribusi Kima (*Tridacna* SPP dan *Hippopus* SPP) di Perairan Kepulauan Spermonde Kodya Ujung Pandang. Skripsi Program Ilmu dan Teknologi Kelautan UNHAS. Ujung Pandang.
- Mudjiono. 1988. Catatan Beberapa Aspek Kima Suku *Tridacnidae* (*Mollusca, Pelecypoda*). Warta Oseana, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Muhajir, A. 2009. Studi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) Dari Beberapa Pasar Kota Malang. Skripsi. Jurusan Ilmu Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Mukono. 2005. Toksikologi Lingkungan. Airlangga University Press. Surabaya.
- Munro, J. L. 1988. Growth Mortality and Potential Aquaculture Production of *Tridacna gigas* and *Tridacna derasa*, In: Giant Clams In Asia and The Pacific. *ACIAR Monograph* (9). Australian Centre For International Agriculture Research: 218-220.
- Nasution, 2009. Penentuan Jumlah Amoniak Dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Marangir. Karya Ilmiah. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ngatidjan. 1997. *Metode Laboratorium dalam Toksikologi*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Niartiningsih, A. 2001. Analisis Mutu *Zooxanthella* Dari Berbagai Inang dan Pengaruhnya Terhadap Sintasan dan Pertumbuhan Juvenil Kima Sisik (*Tridacna squamosa*). Tesis. Program Pascasarjana Unhas. Makassar.
- Nimzet, R. 2015. Toksisitas Akut Kadmium (Cd) Terhadap Larva Planula Karang *Acropora* sp. di Pulau Barrang Lompo. Skripsi. Program Studi Ilmu. Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Unhas. Makassar.
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara*. Penerbit Jembatan. Jakarta.
- Norton, J. H., and G. W. Jones. 1992. The Giant Clams: An Anatomical and Histological. ACIAR. Canberra.
- Nurhidayah. 1995. Pengaruh Padat Penebaran Terhadap Pertumbuhan Bibit Kima Air (*T. derasa*) di Hatcrey Pulau Barrang Lompo. Skripsi. Program

- Studi Ilmu. Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Unhas. Ujung Padang.
- Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut (Suatu Pendekatan Ekologis). PT. Gramedia. Jakarta.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam. Penerbit PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Panggabean, L. M. G. 1991. Rahasia Kehidupan Kima II: Evolusi Oseana. Volume XVI. Nomor 2: 35-45.
- Plasket, D., and G. Potter. 1979. Heavy Metals Concentration in The Muscle Tissue of 12 Species of Teleost From Cocburn Sound. Western Australia. *Australia. J. Mar. Freshw. Res.* 30 (5): 607 – 616.
- Pratiwi, A. R., A. Pramoto, dan N. Wilian. 2013. Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Cd Terhadap Lamun *Enhalus acoroides* Sebagai Indikator di Perairan Tanjung Lanjut Kota Tanjung Pinang. *E-Journal Tugas Akhir* (Online) <http://jurnal.umrah.ac.id/?p=2914>. [Diakses tanggal 1 November 2015 Pukul 03.00 WITA]
- Purwiyanto, dan A.I. Sunaryo. 2009. Uji Toksisitas Akut (LC50) Kadmium (Cd) Terhadap Larva Kerapu Bebek (*Cromileptes Altivelis*, CV). In: Seminar Nasional MIPA Net, 13-14 Agustus 2009. Bali (Online). <http://eprints.unsri.ac.id/2881/>. [Diakses pada tanggal 31 Oktober 2015 Pukul 12.24 WITA].
- Puvaneswari, S dan R. Karuppasamy. 2007. Akumulasi Kadmium (Cd) dan Efek pada Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Larva *Heteropneustes fossilis* (Bloch, 1794). *Jurnal Perikanan dan Perairan Ilmu*, 2: 27-37.
- Rahman, A. 2006. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Beberapa Jenis Krustasea Di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*. 3, 93-101.
- Razak H. 1980. Pengaruh Logam Terhadap Lingkungan. *Pewarta Oseana*: 2. Jakarta. LON-LIPI.
- Rochyatun, E., M. T. Kaisupy, dan A. Rozak. 2004. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*, Vol. 10 (1):35-40.
- Rosewater, J dan La Barberra. 1982. A New Species of *Hippopus hippopus* (Bivalvia; Tridacnae). *Nautilus* 96. 3-6.
- Sagala, L. S., R. Bramawanto., A. R. T. D. Kuswardani dan W. S. Pranowo. 2014. Distribusi Logam Berat di Perairan Natuna. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 6 (2): 297-310.
- Sanusi, H. S., H. P. Hutagalung dan H. Razak. 1984. Hubungan Antara Umur, Kadar Air Raksa (Hg) dan Kadmium (Cd) Yang Terakumulasi Oleh Kerang Hijau (*Mystylus viridis* L) Yang Dibudidayakan di Perairan Teluk Jakarta. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor or, Bogor. 70 hal (tidak diterbitkan).

- Steel, R. G. D and J.H Torrie. 1985. Principles and Procedure of statistic a Biometrical Aproach. Second Edition.Megraw Hill Internasional Book Company. New York.
- Stoeppler, M. 1992. Hazardous Metals in the Environment. Elsevier Science Publisher Jerman.
- Tahir, A. 2012. Ekotoksikologi dalam Perspektif Kesehatan Ekosistem Laut. Karya Putra Darwati. Bandung.
- Tamsil, 2000. Analisis Kandungan Kadmium, Timbal, Tembaga dan Seng di Pesisir Pantai Kota Makassar. Pusat Penelitian bidang Kualitas Lingkungan Hidup. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Muslim Indonesia. Makassar.
- Thoha, H. 1991. Pencemaran Laut dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. Amerta VI (2) : 10-13.
- Torres, A. M. 2008. Biochemical Biomarkers In Algae and Marine Pollution. Ecotoxycology and Environmental Savety. 71: 1-15.
- UNEP (United Nation Environment Program), 1982. Survey of Tar Oil. Chlorinated Hidrcarbon and Trace Metal Pollution in Coastal Water of The Sultanate of Oman. UNEP Regional Seas Report and Studies. No.5, 45 p.
- Waldichuk, M. 1974. Some Biological Concentration in Metals Pollution. 492 p. In W. Vernberg and D. Venberg (edss). Pollution and PHysiology of Organism. Ann Arbor. Michigan.
- Weil, CS. 1979. Table of Convenient Calculations of Median Effective Dose ED50 dan LD₅₀ and Instructions on Their Use. Biometric 8, 249-263.
- Werorilangi, S., 2015. Penuntun Praktikum Ekotoksikologi Laut. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Wilbur, K. M., and C. M. Yonge. 1964. PHysiology of Mollusca. Academic Press. New York.
- Widowati, W. Sastiono. A., dan Jusuf. R. R. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran.Andi.Yogyakarta.
- Yulianti, Eny. 2007. Kimia Lingkungan. Malang. UIN Press
- Yuniananda, D. 1996. Pengaruh Kronik Kadmium (Cd) dan Kromium Heksavalen (Cr⁶⁺) Terhadap Pertumbuhan *Chaetoceros* sp. Skripsi. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yusuf, S., dan W. Moka. 2000. Laju Pertumbuhan Kima Hasil Translokasi di Taman Nasional Laut Taka Bonerate. *Proseding Lokakarya Terumbu Karang Indonesia*. Coremap-LIPI. Jakarta.
- Zulfitri, 1990. Analisa Logam (Cu, Pb, Hg, As) Kesadahan Total dan Kandungan Garam (NaCl) dari Air Laut Sekitar Desa Mantang Besar Kabupaten Kepulauan Riau Sebagai Bahan Baku Garam Rakyat. Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru. 77 hal (tidak diterbitkan).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pengenceran Larutan Stok

Rumus Pengenceran :

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

Di mana :

N_1 = Volume larutan Stok (mg/L) = 10 mg/L

V_1 = Volume konsentrasi bahan uji (mL)

N_2 = Konsentrasi (0, 0,1, 1, 2,5, 5, 10)

V_2 = Volume Uji (mL) = 30 mL

0 mg/L : $10 \times V_1 = 0 \times 30$

$$V_1 = 0/10$$

$$V_1 = 0 \text{ mL}$$

$$\text{Air Laut} = 30 \text{ mL}$$

2,5 mg/L : $10 \times V_1 = 2,5 \times 30$

$$V_1 = 75/10$$

$$V_1 = 7,5 \text{ mL}$$

$$\text{Air Laut} = 22,5 \text{ mL}$$

0,1 mg/L : $10 \times V_1 = 0,1 \times 30$

$$V_1 = 3/10$$

$$V_1 = 0,3 \text{ mL}$$

$$\text{Air Laut} = 28,08 \text{ mL}$$

5 mg/L : $10 \times V_1 = 5 \times 30$

$$V_1 = 150/10$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

$$\text{Air laut} = 15 \text{ mL}$$

1 mg/L : $10 \times V_1 = 1 \times 30$

$$V_1 = 30/10$$

$$V_1 = 3 \text{ mL}$$

$$\text{Air laut} = 27 \text{ mL}$$

10 mg/L : $10 \times V_1 = 10 \times 30$

$$V_1 = 300/10$$

$$V_1 = 30 \text{ mL}$$

$$\text{Air laut} = 0 \text{ mL}$$

Lampiran 2. Analisis LC₅₀-24 jam Veliger Kima (*Tridacna squamosa*)
menggunakan Aplikasi *Trimmed Spearman Karber* versi 4.1

TRIMMED SPEARMAN-KARBER METHOD. MONTANA STATE UNIV

FOR REFERENCE, CITE: HAMILTON, M.A., R.C. RUSSO, AND R.V. THURSTON, 1977. TRIMMED SPEARMAN-KARBER METHOD FOR ESTIMATING MEDIAN LETHAL CONCENTRATIONS IN TOXICITY BIOASSAYS. ENVIRON. SCI. TECHNOL. 11(7): 714-719; CORRECTION 12(4):417 (1978).

DATE: 28 Januari 2016 TEST NUMBER: 2
CHEMICAL : Logam CdCl SPECIES: *Tridacna squamosa*
DURATION : 24 HOURS

RAW DATA:

CONCENTRATION (PPM)	0.10	1.00	2.50	5.00	10.00
NUMBER EXPOSED:	40	40	40	40	40
MORTALITIES :	3	10	19	26	40
SPEARMAN-KARBER TRIM :	7.50%				

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES :

LC50	: 2.12
95% LOWER CONFIDENCE	: 1.51
95% UPPER CONFIDENCE	: 2.99

Lampiran 3. Hasil Uji Dunnet dalam menentukan LOEC dan NOEC

Descriptives

Kematian

					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
0	4	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
0.1	4	.75	.957	.479	-.77	2.27	0	2
1	4	2.50	1.291	.645	.45	4.55	1	4
2.5	4	4.75	1.258	.629	2.75	6.75	3	6
5	4	6.50	.577	.289	5.58	7.42	6	7
10	4	10.00	.000	.000	10.00	10.00	10	10
Total	24	4.08	3.611	.737	2.56	5.61	0	10

Test of Homogeneity of Variances

Kematian

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.294	5	18	.010

ANOVA

Kematian					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	286.333	5	57.267	76.356	.000
Within Groups	13.500	18	.750		
Total	299.833	23			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variabel : Kematian

	(I)	(J)	Mean	Std.	Sig.	95% Confidence Interval	
Dunnett T3	Konsentrasi	Konsentrasi	Difference (I-J)	Error		Lower Bound	Upper Bound
0		0.1	-.750	.479	.786	-3.75	2.25
		1	-2.500	.645	.172	-6.54	1.54
		2.5	-4.750*	.629	.030	-8.69	-.81
		5	-6.500*	.289	.001	-8.31	-4.69
		10	-10.000	.000		-10.00	-10.00

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Lampiran 4. Foto-Foto Penelitian



Gambar 6. Pengambilan Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)



Gambar 7. Pembersian Cangkang Kima Sisi (*Tridacna squamosa*) dari Parasit



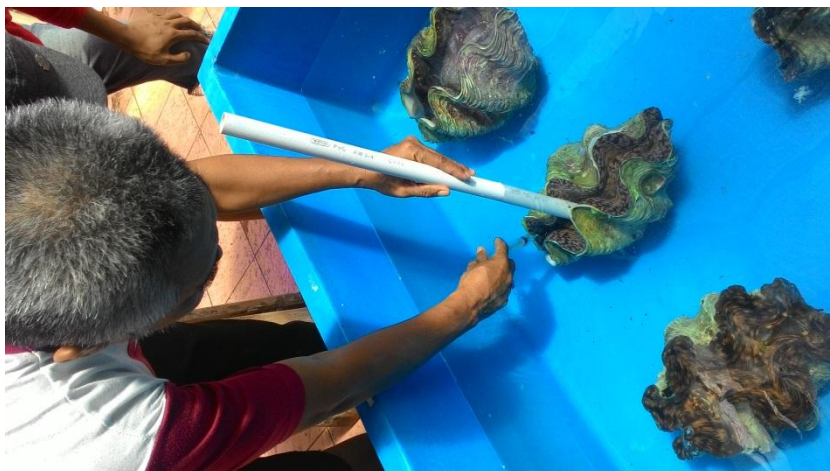
Gambar 8. Penjemuran Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)



Gambar 9. Pengisian Air Laut Bersih sebagai Tempat Pemijahan Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)



Gambar 10. Persiapan Pemijahan Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)



Gambar 11. Penyuntikan Sretolim Pada Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)



Gambar 12. Pemisahan Sel Sperma Dan Sel Telur Dari Tempat Pemijahan



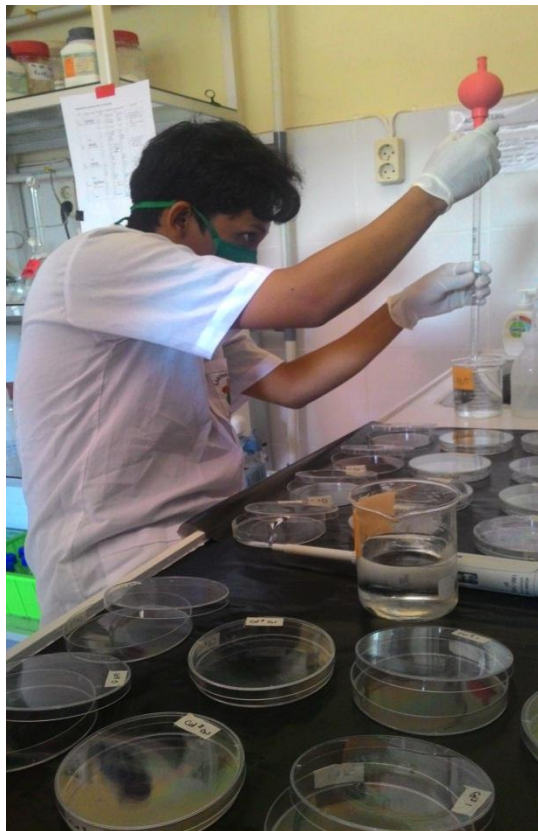
Gambar 13. Sterilisasi Alat Dengan Menggunakan Larutan HNO₃ 65% & Aquades.



Gambar 14. Proses Pembuatan Konsentrasi Kadmium (Cd)



Gambar 15. Proses Pengambilan Veliger Kima (*Tridacna squamosa*) dari bak penampungan.



Gambar 16. Pengisian Larutan Kadmium (Cd) Ke Dalam Cawan Petri



Gambar 17. Memasukkan Veliger Kima (*Tridacna squamosa*) ke dalam Cawan Petri



Gambar 18. Pengamatan Veliger Kima (*Tridacna squamosa*)