



**PENGARUH PERENDAMAN LARUTAN JERUK NIPIS (*Citrus aurantifolia*  
Swingle) TERHADAP PENURUNAN KANDUNGAN TIMBAL (Pb)  
KERANG MANIS (*Maetra grandis* Gmelin) SERTA  
APLIKASINYA SEBAGAI BUKU PENGAYAAN**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Meita Valentina Zuhro**  
**NIM 100210103065**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**



**PENGARUH PERENDAMAN LARUTAN JERUK NIPIS (*Citrus aurantifolia*  
Swingle) TERHADAP PENURUNAN KANDUNGAN TIMBAL (Pb)  
KERANG MANIS (*Maetra grandis* Gmelin) SERTA  
APLIKASINYA SEBAGAI BUKU PENGAYAAN**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Pendidikan Biologi dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh

**Meita Valentina Zuhro**  
**NIM 100210103065**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI**  
**JURUSAN PENDIDIKAN MIPA**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
**UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang, saya persembahkan skripsi ini dengan segala cinta dan kasih kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda yang tiada lelah mendukung setiap langkahku, memberi kasih sayang, motivasi, doa, pengorbanan baik moral maupun materi, nasihat, dan semangat yang selalu mengalir tak pernah henti, semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan barokahnya untuk Ayahanda dan Ibunda sekalian.
2. Kakak tersayang Anas Bakhtiar Abadi yang selalu memberiku semangat dan kasih sayang yang tulus.
3. Suami tercinta Catur Cahyadi Akbar yang senantiasa memberi dukungan dan semangat dengan segenap cinta dan kasih.
4. Bapak dan ibu guru dari TK, SD, MTsN, MAN, sampai PTN yang telah memberikan bekal ilmu yang bermanfaat dan bimbingan dengan sepenuh hati.
5. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang kubanggakan.

**MOTTO**

“Maha Suci Engkau, tidak ada yang kami ketahuiselain dari apa yang telah Engkau ajarkan kepada kami; sesungguhnya Engkau Yang Maha Mengetahui lagi Maha Bijaksana”

(Terjemahan Q.S. Al-Baqarah : 25)<sup>1)</sup>

“Pikirkanlah bahwa hari ini tidak akan pernah muncul kembali”

(Dante)<sup>2)</sup>

---

<sup>1)</sup> Dikutipdari: <http://endangar.wordpress.com/2009/01/19/ayat-ayat-motivasi/> [06 September 2015].

<sup>2)</sup> Dikutipdari: Al Qarni, ‘A. 2003. *La Tahzan*. Jakarta: Qisthi Press.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Meita Valentina Zuhro

Nim : 100210103065

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Perendaman Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) Kerang Manis (*Macra grandis* Gmelin) serta Aplikasinya sebagai Buku Pengayaan” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum diajukan pada institusi manapun, dan buku karya jiplakan.

Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenarannya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Oktober 2015

Yang menyatakan,

Meita Valentina Zuhro

NIM 100210103065

**SKRIPSI**

**PENGARUH PERENDAMAN LARUTAN JERUK NIPIS (*Citrus aurantifolia*  
Swingle) TERHADAP PENURUNAN KANDUNGAN TIMBAL (Pb)  
KERANG MANIS (*Maclura grandis* Gmelin) SERTA  
APLIKASINYA SEBAGAI BUKU PENGAYAAN**

Oleh

Meita Valentina Zuhro

NIM 100210103065

Pembimbing

PembimbingUtama : Prof. Dr. Suratno, M. Si

PembimbingAnggota : Dr. JektiPrihatin, M.Si

**PERSETUJUAN**

**PENGARUH PERENDAMAN LARUTAN JERUK NIPIS (*Citrus aurantifolia*  
Swingle) TERHADAP PENURUNAN KANDUNGAN TIMBAL (Pb)  
KERANG MANIS (*MacrgrandisGmelin*) SERTA  
APLIKASINYA SEBAGAI BUKU PENGAYAAN**

**SKRIPSI**

diajukan untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Program Studi Pendidikan Biologi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh

Nama Mahasiswa : Meita Valentina Zuhro  
NIM : 100210103065  
Jurusan : Pendidikan MIPA  
Program Studi : Pendidikan Biologi  
Angkatan Tahun : 2010  
Daerah Asal : Jember  
Tempat, Tanggal Lahir : Jember, 16 Mei 1992

Disetujui Oleh

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Prof. Dr. Suratno, M.Si  
NIP. 19670625199203 1 003

Dr. Jekti Prihatin, M.Si  
NIP. 19651009 199103 2 001

**PENGESAHAN**

Skripsi Berjudul “Pengaruh Perendaman Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) Kerang Manis (*Macra grandis* Gmelin) Serta Aplikasinya Sebagai Buku Pengayaan” telah diujikan dan disahkan pada:

hari : Senin

tanggal : 19-Oktober-2015

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Prof. Dr. Suratno, M.Si  
NIP. 19670625199203 1 003

Dr. Jekti Prihatin, M.Si  
NIP. 19651009 199103 2 001

Penguji Utama,

Penguji Anggota,

Prof. Dr. Joko Waluyo, M.Si  
NIP. 19571028 198503 1 001

Kamalia Fikri, S.Pd., M.Pd  
NIP. 19840223 201012 2 004

Mengesahkan  
Dekan FKIP Universitas Jember,

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd.  
NIP. 19540501 198303 1 005

## RINGKASAN

**Pengaruh Perendaman Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) Kerang Manis (*Macra grandis* Gmelin) serta Aplikasinya sebagai Buku Pengayaan; Meita Valentina Zuhro; 100210103065; 2015; 66halaman; Program Studi Pendidikan Biologi; Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.**

Kegemaran masyarakat terhadap konsumsi *seafoods* saat ini perlu diwaspadai, hal ini dikarenakan telah banyak dampak buruk bagi kesehatan yang diakibatkan oleh makanan olahan laut. Tingginya jumlah industri dan rendahnya pengetahuan IPAL (Instalasi Pengelolaan Air Limbah) menjadikan laut tercemar oleh limbah berbahaya berupa logam berat. Upaya yang dilakukan untuk menurunkan kadar logam berat dalam tubuh biota laut adalah dengan memanfaatkan asam sitrat sebagai bahan pengkhelat logam. Senyawa asam sitrat banyak terdapat dalam buah-buahan, kadar tertinggi diketahui terdapat dalam buah jeruk nipis. Asam sitrat mampu mengikat logam berat dikarenakan mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam, ion sitrat akan mengikat logam sehingga dapat menghilangkan ion logam yang terakumulasi pada kerang sebagai kompleks sitrat..

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui (1) pengaruh larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan kandungan logam berat Pb daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin), konsentrasi optimum larutan Jeruk Nipis yang memberikan signifikansi penurunan terhadap akumulasi logam berat Pb pada daging kerang manis dan (3) hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai buku pengayaan pengetahuan.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember, menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan jumlah sampel pada masing-masing kelompok kontrol dan perlakuan adalah 100 gr. Kelompok kontrol negatif / K (-) perendaman dalam aquades, kelompok perlakuan dengan perendaman 30% larutan jeruk nipis (P1), 60% larutan jeruk nipis (P2), dan

90% larutan jeruk nipis. Perlakuan dilaksanakan dalam 3 kali pengulangan. Tahap pertama yang dilakukan adalah persiapan sampel kerang dan lautan jeruk nipis, tahap kedua adalah perlakuan perendaman dalam larutan jeruk nipis, tahap ketiga adalah pembilasan daging kerang dengan aquades kemudian pengeringan hingga daging kerang yang telah kering menjadi serbuk, tahap keempat adalah destruksi, kemudian analisis timbal(Pb) menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom).

Hasil penelitian eksperimen menunjukkan bahwa perendaman larutan jeruk nipis dapat menurunkan kadar logam berat daging kerang manis. Adapun selisih rerata hasil analisis kadar awal Pb daging kerang dan sesudah perendaman dalam larutan jeruk nipis menunjukkan bahwa perlakuan P2 memiliki penurunan kadar timbal (Pb) yang paling mendekati K (-) sebesar 15,95%. Adapun diantara masing-masing perlakuan, P3 menunjukkan penurunan kadar timbal (Pb) paling besar (38,58%) dibandingkan P1 dan P2. Hasil uji ANOVA membuktikan bahwa perendaman daging kerang manis dalam larutan jeruk nipis berpengaruh secara signifikan dengan  $p=0,024$  ( $p<0,05$ ). Adapun nilai persentase hasil penilaian produk penelitian berupa buku pengayaan pengetahuan dari dosen ahli media, dosen ahli malakologi dan guru SMA adalah sebesar 82,61%.

Kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan adalah larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kandungan logam berat Pb daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin), konsentrasi 90% larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) memberikan penurunan optimum terhadap akumulasi logam berat Pb pada daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin), buku pengayaan pengetahuan yang berjudul “Jeruk Nipis Amankan Kerang dari Cemaran Logam Berat” dinyatakan layak digunakan sebagai buku pengayaan pengetahuan untuk siswa SMA/MA kelas X semester genap.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Perendaman Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) Terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) Kerang Manis (*Macrtragrandis*, Gmelin) Serta Aplikasinya Sebagai Buku Pengayaan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Sunardi, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember;
3. Prof. Dr. Suratno, M.Si selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember dan sebagai Dosen pembimbing I, serta Dr. Jekti Prihatin, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Prof. Dr. Joko Waluyo, M.Si. dan Ibu Kamalia Fikri, S.Pd., M.Pd. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran dalam penulisan skripsi ini;
5. Semua dosen FKIP Pendidikan Biologi, atas semua ilmu yang diberikannya selama menjadi mahasiswa Pendidikan Biologi;
6. Bapak Tamyis selaku teknisi laboratorium di Program Studi Pendidikan Biologi;

7. Drs. Mukh. Mintadi, M.Sc. selaku Ketua CIA (*Chemistry Implementation and Application*) Laboratorium Kimia Fakultas MIPA dan Ibu Jun Rachmasari selaku Teknisi Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember;
8. Keluargabesarkudi Jember yang selalumemberisemangat, doa, dan dukungan baik moral maupun materi;
9. Suamiku tercinta Catur Cahyadi Akbar S.ST yang selalusabarmendampingi, mendoakan, dan memberikan dukungan lahir dan batin;
10. Sahabat-sahabatku Mami-Oki, Uyut-Tanti, Bebek-One, Omma-Misa, Oennie-Dita, Mbokla-Merla, Mbakyuk-Ika, Cimenk-Fatma, yang selalumemberikudukungan dan semangat;
11. Teman-temanku angkatan 2010 Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember, yang telah memberikandukungan, motivasi, dan kenangan terindah yang tak pernah terlupakan;
12. Semuapihak yang tidak dapat disebut kانسatupersatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semuapihak demi kesempurnaan kripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga kripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Oktober 2015

Penulis

DAFTAR ISI

<b>Halaman</b>	
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 LatarBelakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Jeruk Nipis (<i>Citrus aurantiifolia</i>)</b> .....	6
2.1.1 Morfologi Tanaman Jeruk Nipis ( <i>Citrus aurantiifolia</i> ).....	8
2.1.2 Kandungan Buah Jeruk Nipis ( <i>Citrus aurantiifolia</i> ) .....	10
2.1.3 Asam Sitrat .....	11
<b>2.2 Industri Ikan di Kecamatan Muncar</b> .....	13
2.2.1 Potensi Sumber Pencemaran/Sumber Limbah.....	14

2.2.2 Potensi Sumber Limbah yang Dihasilkan.....	14
2.2.3 Peta Sebaran Limbah .....	14
<b>2.3 Logam Berat .....</b>	<b>16</b>
2.3.1 Sumber Alamiah Logam.....	16
2.3.2 Pencemaran oleh Logam Berat.....	17
2.3.3 Sumber Pencemaran Logam .....	17
2.3.4 Logam Berat dalam Organisme Air.....	18
2.3.5 Dampak Pencemaran Logam Berat .....	19
2.3.6 Timbal (Pb .....	20
2.3.7 Mekanisme Toksisitas Logam .....	22
<b>2.4 Kerang Manis .....</b>	<b>22</b>
2.4.1 Klasifikasi Kerang Manis .....	23
2.4.2 Morfologi dan Anatomi Kerang Manis .....	24
2.4.3 Komposisi Kimia Kerang.....	25
2.4.4 Logam Berat dalam Kerang .....	25
<b>2.5 Hasil Penelitian Asam Sitrat Jeruk Nipis sebagai <i>Chelating Agent</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>2.6 Buku Nonteks/Suplemen .....</b>	<b>27</b>
2.6.1 Ciri-Ciri dan Fungsi Buku Suplemen/Buku Nonteks .....	27
2.6.2 Jenis-Jenis Buku Suplemen/Buku Nonteks .....	28
2.6.3 Pengertian Buku Pengayaan Pengetahuan .....	29
<b>2.7 Hipotesis .....</b>	<b>29</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Jenis Penelitian .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Identifikasi Variabel Penelitian .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4 Definisi Operasional Variabel .....</b>	<b>31</b>
<b>3.5 Rancangan Penelitian .....</b>	<b>32</b>

<b>3.6 Populasi dan Sampel .....</b>	<b>32</b>
3.6.1 Penelitian Eksperimental .....	32
<b>3.7 Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>33</b>
3.7.1 Alat Penelitian.....	34
3.7.2 Bahan Penelitian .....	34
<b>3.8 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>34</b>
3.8.1 Penelitian Eksperimental .....	34
3.8.2 Uji Kelayakan Buku Pengayaan .....	36
<b>3.9 Analisis Data .....</b>	<b>38</b>
3.9.1 Analisis Data Hasil Penelitian .....	38
3.9.2 Analisis Uji Kelayakan Buku Pengayaan .....	39
<b>3.10 Alur Penelitian .....</b>	<b>40</b>
3.10.1 Alur Penelitian Eksperimental .....	40
3.10.2 Alur Uji Kelayakan Buku Pengayaan.....	40
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	42
4.1.1 Penelitian Eksperimental.....	42
4.1.2 Uji Kelayakan Buku Pengayaan.....	47
4.2 Pembahasan.....	52
4.2.1 Penelitian Eksperimental .....	52
4.2.2 Uji Kelayakan Buku Pengayaan .....	56
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>62</b>
5.1 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>67</b>

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 KandunganAsamSitratPadaJeruk .....	13
Tabel 3.1 RancanganUjiPengaruhLarutanJerukNipis terhadapKandunganTimbal (Pb)Kerang Manis .....	31
Tabel 3.2 Kriteria Uji Kelayakan Buku Pengayaan .....	38
Tabel 4.1 HasilAnalisis SSA (SpektrofotometerSerapan Atom) terhadapKandunganTimbalpadaSampelKerangManis ( <i>Maclragrandis</i> ) .....	44
Tabel 4.2 HasilUjiAnova Kadar PbKerangManis.....	46
Tabel 4.3 HasilUjiDuncan Kadar PbKerangManis.....	47
Tabel 4.4 Hasil Uji Kelayakan Buku Pengayaan.....	49
Tabel 4.5 Kelemahan dan Keunggulan Produk Buku Pengayaan ..	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jeruk Nipis .....	6
Gambar 2.2 Tanaman Jeruk Nipis.....	9
Gambar 2.3 Struktur Kimia Asam Sitrat .....	12
Gambar 2.4 Proses Pengikatan Elektron Bebas Asam Sitrat .....	13
Gambar 2.5 Sistem Pengolahan Limbah Industri di Muncar .....	15
Gambar 2.6 Kerang Manis .....	23
Gambar 2.7 Morfologi Cangkang Kerang Manis Bagian Dalam dan Luar .....	24
Gambar 2.8 Cara Hewan Bivalvia Memperoleh Makanan .....	25
Gambar 3.10.1 Bagan Alur Penelitian Eksperimen .....	39
Gambar 3.10.2 Bagan Alur Uji Kelayakan Buku Pengayaan .....	40
Gambar 4.1 Reratakadar pb kerang manis ( <i>Macrgrandis</i> ) selama penelitian.....	45
Gambar 4.2 Produk Hasil Penelitian Berupa Buku Pengayaan Pengetahuan .....	48
Gambar 4.3 Proses Pengikatan Elektron Bebas Asam Sitrat dengan Ion Logam Pb.....	54

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran A. Matriks Penelitian .....	68
Lampiran B. Foto Penelitian .....	70
Lampiran C. Hasil Analisis SSA .....	77
Lampiran D. Cover Buku .....	78
Lampiran E. Daftar Isi Buku .....	79
Lampiran F. Angket Guru dan Siswa .....	80
Lampiran G. Instrumen Penilaian Buku Pengayaan .....	87
Lampiran H. Rubrik Uji Kelayakan Buku Pengayaan .....	92
Lampiran I. Hasil Uji Buku .....	101
Lampiran J. Analisis Uji Kelayakan Buku .....	121
Lampiran K. Surat-Surat Penelitian .....	123
Lampiran L. Peta Pabrik Pengalengan Ikan Muncar .....	131
Lampiran M. Surat Lembar Konsultasi .....	132
Lampiran N. Validasi Instrumen Uji Kelayakan Buku Pengayaan .....	134

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri pengolahan ikan di Muncar Kabupaten Banyuwangi telah berkembang sejak masa pendudukan Belanda. Pada awalnya industri ini merupakan industri kecil, tetapi saat ini sebagian dari industri tersebut telah berkembang menjadi industri besar yang berorientasi ekspor. Industri pengolahan ikan disamping memberikan peningkatan kesejahteraan dan pendapatan daerah, juga telah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya. Salah satu dampak negatif yang telah menjadi sorotan masyarakat luas adalah timbulnya pencemaran terhadap lingkungan sekitarnya. Rendahnya tingkat pemahaman IPAL (Instalasi Pengolahan Air dan Limbah) dan sistem manajemen limbah menyebabkan sulitnya untuk mengelola limbah yang ada, sehingga hampir semua limbah yang dihasilkan di wilayah ini langsung dibuang ke saluran umum. Pembuangan limbah secara langsung tanpa pengolahan ini menyebabkan tingginya tingkat pencemaran lingkungan di sekitar lokasi industri (Setyono *et al.*, 2008).

Sebagian besar masyarakat pesisir Muncar Banyuwangi yang berprofesi sebagai nelayan menggunakan perahu motor untuk mencari hasil laut memungkinkan perairan sekitar pesisir pun ikut tercemar oleh sisa bahan bakar solar (*tetraetil Pb*). Adanya industri pengalengan ikan di Muncar juga membuat lingkungan semakin terancam oleh pencemaran limbah yang dibuang ke pantai berupa logam berat yang digunakan sebagai bahan baku untuk penyorderan kaleng serta pewarnaan menggunakan cat. Gudang Satelit merupakan salah satu daerah pesisir di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi yang dikarenakan aktifitas manusia diduga perairan Muncar tersebut telah tercemar. Data dari dinas perikanan yang diperoleh dari pos TNI AL Kecamatan Muncar menunjukkan bahwa pada tahun 2013 hingga 2014 kapal motor yang dimiliki nelayan Muncar sebanyak 2.079 unit sedangkan untuk perahu motor tempel sebanyak 671 unit. Selain kapal dan perahu motor juga terdapat 12 perusahaan pengalengan

ikan yang terdapat di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi yang sampai tahun 2007 telah memproduksi ikan dalam kemasan kaleng 145 ton/hari.

Kerang merupakan hewan lunak yang pola hidupnya bersifat pasif dan mengakumulasi benda asing dalam perairan seperti logam berat (Hg, Cd dan Pb) sehingga dapat dipakai sebagai indikator pencemaran suatu perairan. Uji pendahuluan terhadap kandungan logam berat pada sampel daging kerang manis yang diambil di daerah Gudang Satelit di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam sampel daging kerang manis adalah sebesar 2,470 ppm, kadar tersebut telah melampaui batas maksimum timbal dalam makanan laut yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI dan FAO yaitu sebesar 2,0 ppm (Apriadi, 2005).

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat pencemaran logam berat pada produk perairan adalah dengan memanfaatkan *chelating agent*. *Chelating agent* adalah suatu senyawa yang terdiri dari dua atau lebih atom pendonor elektron yang dapat membentuk suatu ikatan koordinat dengan sebuah atom logam tunggal. Berdasarkan peraturan menteri kesehatan PERMENKES no 722/Men.Kes/IX/88 bahan tambahan makanan yang dijadikan sebagai *chelating agent* salah satunya adalah asam sitrat (Hudaya, 2010). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Septiana dkk. (2013) komponen utama jeruk nipis yang memiliki peran utama sebagai *chelating agent* adalah asam sitrat, jumlah asam sitrat yang ada di dalam jeruk nipis mencukupi standar asam sitrat yang dibutuhkan sebagai senyawa pengkelat.

Masyarakat umumnya menggunakan jeruk nipis pada kerang untuk menambah cita rasa dan menghilangkan bau amis pada kerang. Tanpa disadari, hal ini dapat mengurangi konsentrasi logam berat pada kerang karena larutan jeruk nipis juga mengandung asam sitrat yang dapat menyebabkan logam kehilangan sifat ionnya sehingga dapat mengurangi daya toksisitasnya logam tersebut (Sinaga, 2013). Pada Penelitian yang dilakukan oleh Sari dkk, menunjukkan bahwa penggunaan bahan sekuestran/*chelating agent* asam sitrat yang ada dalam buah jeruk nipis yang efektif

dalam menurunkan kadar kadmium dan timbal pada kerang darah adalah selama 30 menit dengan konsentrasi larutan jeruk nipis 1:1, untuk kadmium sebesar 44,39% sedangkan untuk timbal sebesar 60,67% (Sari *et al.*, 2014).

Berdasarkan uraian di atas maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut terkait dengan pemanfaatan asam sitrat yang secara alami terdapat dalam air perasan jeruk nipis sebagai *chelating agent* pada kerang manis yang keberadaannya di pesisir pantai Muncar, Banyuwangi telah tercemar oleh timbal (Pb) dan belum pernah diteliti. Hasil penelitian yang dilakukan akan dibuat menjadi sebuah buku pengayaan pengetahuan untuk siswa kelas X SMA agar pengetahuan mengenai dampak pencemaran air oleh logam berat terhadap bivalvia serta upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan logam berat pada kerang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Tidak adanya contoh penerapan tentang usaha untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan air oleh logam berat dalam buku siswa BSE khususnya pada KD 4.2 menjelaskan keterkaitan antara kegiatan manusia dengan masalah kerusakan/pencemaran lingkungan dan pelestarian lingkungan, menjadikan hasil penelitian berupa buku pengayaan dapat menambah referensi BSE. Peneliti mengambil judul “Pengaruh Perendaman Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) Kerang Manis (*Macra grandis* Gmelin) serta Aplikasinya sebagai Buku Pengayaan”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

- a. Apakah larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) mempengaruhi penurunan kadar logam berat Pb pada daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin)?
- b. Berapakah konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang secara maksimal mempengaruhi penurunan kandungan logam berat Pb pada daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin)?

- c. Apakah hasil penelitian tentang pengaruh larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan kandungan logam berat Pb daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin) layak dijadikan sebagai buku pengayaan pengetahuan?

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini masalah dibatasi sebagai berikut.

- a. Jeruk nipis yang digunakan adalah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang diperoleh dari Kecamatan Kencong Kabupaten Jember.
- b. Kerang manis diambil dari Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi.
- c. Konsentrasi yang mempengaruhi penurunan Pb daging kerang merupakan konsentrasi dari air perasan jeruk nipis yang mampu menurunkan kadar logam berat Pb pada daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin).
- d. Penurunan kandungan logam berat Pb pada daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin) dapat diuji dengan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom).

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk menganalisis pengaruh larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan kandungan logam berat Pb daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin).
- b. Untuk mengetahui konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) yang secara maksimal dapat menurunkan akumulasi logam berat Pb pada daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin).
- c. Untuk mengetahui hasil penelitian tentang pengaruh larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) terhadap penurunan kandungan logam berat Pb daging kerang manis (*Macra grandis* Gmelin) layak dijadikan sebagai buku pengayaan pengetahuan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini diantaranya.

a. Manfaat bagi peneliti

Untuk melatih keterampilan dalam melakukan penelitian khususnya dalam bidang biologi, mengenai pengaruh perendaman dalam air perasan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) terhadap penurunan kandungan logam berat daging kerang manis (*Macra grandis*).

b. Manfaat bagi masyarakat

Dapat memberikan informasi baru bahwa air perasan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dapat menurunkan kandungan logam berat pada daging kerang manis (*Macra grandis*).

c. Manfaat bagi lembaga

Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan penelitian untuk biomonitoring logam dalam perairan menggunakan hewan invertebrata serta penggunaan skueteran (*chelating agent*) dalam menurunkan logam berat yang terakumulasi dalam daging kerang.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)

Jeruk nipis dikenal dengan sinonim *Limonia aurantifolia*, *Citrus javanica*, *Citrus notissima*. Jeruk nipis juga dikenal dengan nama lokal jeruk pecel (Jawa), jeruk durga (Madura), limau asam atau limau nipis (Malaysia), *somma nao* atau *manao* (Thailand). Asal usul dan penyebaran geografis jeruk nipis diduga berasal dari India Utara yang berbatasan dengan Myanmar, atau Malaysia bagian utara. Jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Sarwono, 2001:1).



Gambar 2.1 Jeruk Nipis (Sumber: Koleksi Pribadi)

Secara lengkap dari segi taksonomi tumbuhan, tanaman jeruk nipis diklasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Division	: Tracheophyta
Class	: Magnoliopsida
Order	: Sapindales
Family	: Rutaceae
Genus	: <i>Citrus</i>
Species	: <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle(ITIS, 2014).

### 2.1.1 Morfologi Tanaman Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)

Tanaman jeruk nipis merupakan pohon yang berukuran kecil bercabang lebat, tetapi tak beraturan. Akar tunggangnya berbentuk bulat dan berwarna putih kekuningan (Sarwono, 2001:2).

#### a. Batang (*Caulis*)

Batangnya tergolong dalam batang berkayu (*lignosus*), yaitu batang yang biasanya keras dan kuat, karena sebagian besar tergolong kayu. Batangnya berbentuk bulat (*teres*), berduri (*spina*) pendek, kaku dan juga tajam. Selain itu arah tumbuh batangnya mengangguk (*nutans*), dimana batangnya tumbuh tegak lurus ke atas tetapi lalu ujungnya lalu membengkok kembali ke bawah. Sifat percabangan batang monopodial yaitu dimana batang pokok selalu tampak jelas, karena lebih besar dan lebih panjang (Hidayat, 1990 dalam Samsiatun 2012). Tajuknya selalu hijau. Tinggi pohon berkisar antara 1,5-5 m. Ranting-rantingnya berduri pendek, kaku dan tajam (Sarwono, 2001:2).

#### b. Daun (*Folia*)

Daunnya hijau dan berwarna segar, tetapi jika sudah tua warna kulitnya menjadi kuning, tangkai daun bersayap sempit. Helaian daun berbentuk jorong, pangkal bulat, ujung tumpul, tepi beringgit, permukaan atas berwarna hijau tua mengkilap, permukaan daun bagian bawah berwarna hijau muda, daging daun seperti kertas. Panjang daun 2,5-9 cm, lebar 2,5 cmsedangkan tulang daunnya menyirip dengan tangkai bersayap, hijau dan lebar 5-25 mm. Duduk daun tersebar (*folia sparsa*), karena disetiap buku-buku terdapat hanya satu daun (Samsiatun, 2012).

#### c. Organ Reproduksi

Adapun organ-organ reproduksi tanaman jeruk nipis adalah sebagai berikut.

##### 1) Bunga (*Flos*)

Bunga merupakan alat reproduksi seksual (*generatif*).

Dalam *Citrusaurantifolia* memiliki bunga majemuk (*inflorescentia*). Bunga majemuk (*inflorescentia*), tersusun dalam malai yang keluar dari ketiak daun dengan diameter 1,5-2,5 cm, bunga berbentuk mangkuk berbagi 4-5 dengan diameter 0,4-0,7

cm berwarna putih dan tangkai putik silindris putih kekuningan. Daun mahkota berjumlah 4-5 berbentuk lanset dengan panjang 0,7-1,25 dan lebar 0,25 -0,5 cm dan berwarna putih. Termasuk bunga hermafrodit atau sering kita sebut bunga banci, dimana terdapat putik dan benang sari. Bunga pada jeruk memiliki benang sari yang banyak. Jumlah lingkaran benang sari sama dengan jumlah lingkaran mahkota bunga. Kepala sari menghadap ke dalam beruang dua, dan membuka dengan celah membujur. Bakal buah pada jeruk letaknya superus dengan banyak ruang, aroma bunga harum sehingga menarik lebah (Samsiatun, 2012).

## 2) Buah (*Fructus*)

Buah hampir bulat telur, diameter 3,5-5 cm, tebal kulitnya 0,2-0,5 cm. Tipe buah, buah sejati tunggal berdaging jeruk (*hesperidium*), permukaan licin, dan berkulit tipis. Saat masih muda, buah berwarna hijau. Semakin tua, warna buah semakin hijau muda atau kekuningan. Rasa buahnya asam segar. Kulit buahnya memiliki 3 lapisan diantaranya sebagai berikut.

- a) Lapisan luar yang kaku menjangat dan mengandung banyak kelenjar minyak astiri, yang mula-mula berwarna hijau, tetapi jika buah masak warnanya berubah menjadi kekuning-kuningan lapisan ini disebut flavedo.
- b) Lapisan tengah yang bersifat seperti spons, terdiri atas jaringan bunga karang yang biasanya berwarna putih, dinamakan albedo.
- c) Dan kemudian suatu lapisan dalam yang bersekat-sekat, hingga terbentuk beberapa ruangan. Dalam ruangan-ruangan ini terdapat gelembung-gelembung berair, dan bijinya terdapat bebas di antara gelembung-gelembung (Samsiatun, 2012).

## d. Kulit Buah Jeruk nipis

Kepingan panjang atau berbentuk spiral, melengkung atau datar, lebar sampai 15mm, tebal lebih kurang 3mm, keras. Permukaan luar berbenjol-benjol, parut gagang buah berupa lingkaran lebih menonjol. Permukaan dalam lebih rata, warna putih dengan bercak kuning kecoklatan dan bintik-bintik rongga minyak dengan

warna kehijauan bergaris tengah lebih kurang 1 mm. Berkas patahan tidak berserabut (Samsiatun, 2012).

f. Biji (*Semen*)

Bijinya berbentuk bulat telur, pipih, dan berwarna putih kehijauan. Jumlah bijinya banyak, kecil-kecil dan licin. Biji *Citrus aurantifolia* ini juga memiliki lapisan kulit luar (*testa*) yang tipis, dan bagian pelindung utama bagi bagian biji yang ada didalam dan lapisan kulit dalam (*tegmen*) biasanya tipis seperti selaput (Samsiatun, 2012). Tanaman jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tanaman Jeruk Nipis (Sumber: Koleksi Pribadi)

### 2.1.2 Kandungan Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)

Daging buah jeruk nipis bersegmen. Segmen buahnya berdaging hijau kekuning-kuningan dan mengandung banyak sari buah yang beraroma harum. Sari buahnya asam sekali. Sari buahnya yang sangat asam berisi asam sitrat berkadar 7-8% dari berat daging buah. Ekstrak sari buahnya sekitar 41% dari bobot buah yang sudah masak. Menurut hasil analisis di Thailand, per 100 gram bagian buah yang dapat dimakan, komposisinya sebagai berikut: 91 gram kandungan air, 0,5 gram protein, 2,4 gram lemak, 5,9 gram karbohidrat, 0,3 gram serat, vitamin A 17 Si, vitamin C 46 mg, dan nilai energi sekitar 150 kJ (Sarwono, 2001:4).

Berdasarkan Daftar Komposisi Bahan Makanan, yang dikeluarkan Lembaga Makanan Rakyat Departemen Kesehatan, setiap 100 gram jeruk nipis mengandung 86,0 gram air, 0,8 gram protein, 0,3 gram lemak, 12,3 gram karbohidrat, 40 mg kalsium, 22 gram fosfor, 0,6 mg zat besi, 0,04 mg vitamin B1, 27 mg vitamin C, dan 37 kalori energi. Bagian yang dapat dimakan sekitar 76% dari bobot keseluruhan (Sarwono, 2001:4).

Senyawa pengkelat adalah molekul yang bermuatan negatif atau berisi oksigen yang bereaksi dengan ion logam bermuatan positif membentuk kompleks yang stabil. Senyawa pengkelat sering disebut juga *chelating agent*. *Chelating agent* (*chelant*) adalah suatu senyawa yang terdiri dari dua atau lebih atom pendonor elektron yang dapat membentuk suatu ikatan koordinat dengan sebuah atom logam tunggal. Atom pendonor utama pada *chelating agent* adalah N, O, S dan P. Setelah membentuk ikatan koordinat, masing-masing atom pendonor berturut-turut membentuk sebuah cincin yang berisi atom tunggal. Struktur melingkar ini disebut sebagai kompleks *chelation* atau *chelate*. Secara etimologi, *chelate* berasal dari bahasa Yunani, yaitu *chela*, yang artinya cakar besar lobster (Alpatih, 2010).

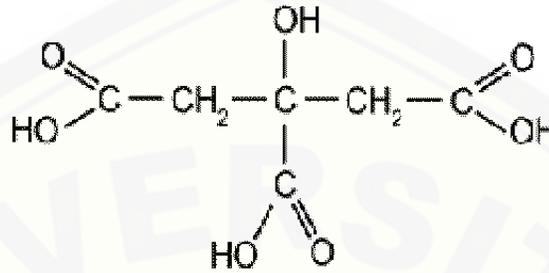
### 2.1.3 Asam Sitrat

Asam sitrat merupakan asam organik yang larut dalam air dengan citarasa yang sangat asam dan banyak digunakan dalam industri pangan. Di samping itu asam sitrat dapat menginaktivkan beberapa enzim dan mengikat elemen dalam larutan mikroelemen. Asam sitrat juga dapat membentuk kompleks dengan logam. Menurut Anwar (1998) dalam Meidianasari 2010, asam sitrat merupakan *food aditif* yang bersifat mengikat logam (*chelating agent*) sehingga dapat membebaskan bahan makanan dari cemaran logam. Selain sebagai *chelating agent*, asam sitrat juga dapat meningkatkan efisiensi dan antioksidan (Meidianasari, 2010).

Asam sitrat bersifat korosif terhadap banyak logam seperti besi, magnesium, seng dan cadmium, yang membentuk gas hidrogen dan garam-garam sitrat (disebut logam sitrat). Logam sitrat juga dapat diperoleh dengan asam sitrat dengan suatu basa yang cocok. Asam jeruk nipis/ asam sitrat adalah pelarut hidrofilik (polar), mirip seperti air dan etanol. Asam sitrat memiliki konstanta dielektrik yang sedang yaitu 6.2, sehingga ia bisa melarutkan baik senyawa polar seperti garam anorganik dan gula maupun senyawa non polar seperti minyak dan unsur-unsur seperti sulfur dan iodin (termasuk Timbal (Pb) di dalamnya). Asam sitrat bercampur dengan mudah dengan pelarut polar atau nonpolar lainnya seperti air, kloroform dan heksana. Sehingga sifat kelarutan dan kemudahan bercampur dari asam sitrat ini digunakan sebagai pelarut logam berat (Andhi, 2014).

Adanya gugus fungsional  $-OH$  dan  $COOH$  pada asam sitrat menyebabkan ion sitrat dapat bereaksi dengan ion logam membentuk garam sitrat. Menurut Rusli (2010) dalam Sinaga *et al.*, (2013), ion sitrat akan mengikat logam sehingga dapat menghilangkan ion logam yang terakumulasi pada kerang sebagai kompleks sitrat. Rumus kimia asam sitrat adalah  $C_6H_8O_7$  atau  $CH_2(COOH)-COH(COOH)-CH_2(COOH)$ , struktur asam ini tercermin pada nama IUPAC-nya, asam 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat. Keasaman asam sitrat didapat dari tiga gugus karboksil  $COOH$  yang dapat melepas proton dalam larutan. Jika hal ini terjadi, ion yang

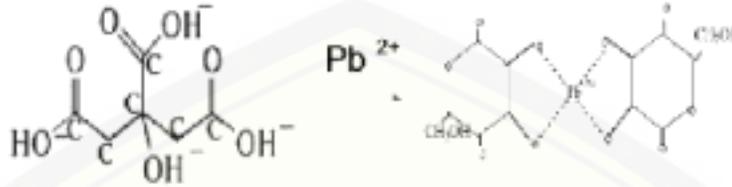
dihasilkan adalah ion sitrat (Fanti, 2011). Struktur kimia asam sitrat dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Struktur Kimia Asam Sitrat(Sumber: sparror.cube.cinema.com).

a. Reaksi Kimia Pb (Timbal) dengan Asam Cuka dan Asam Sitrat

Logam juga dapat berikatan dengan zat-zat organik alamiah atau buatan salah satunya dengan jalan gugus karboksilik yang membentuk garam dari asam organik. (Connell dan Miller, 1995: 351). Penurunan kandungan logam timbal disebabkan larutan asam dapat merusak ikatan kompleks logam protein. Ion logam yang terdapat dalam tubuh organisme hampir semuanya berikatan dengan protein. Interaksi kompleks antara ion logam dengan protein secara metaloenzim dan metal protein. Metaloenzim adalah protein yang berikatan dengan logam di dalam tubuh dan ion logamnya mudah saling bertukar dengan protein yang lain. Pb terikat dalam protein daging organisme kerang sehingga membentuk senyawa metaloenzim dengan adanya asam sitrat maka memiliki 4 elektron bebas yang diberikan kepada ion logam, maka Pb akan terlepas dan berikatan dengan ion OH<sup>-</sup> dan COOH<sup>-</sup> yang ada pada asam sitrat dan membentuk senyawa Pb sitrat. Proses pengikatan anatar ion logam dengan asam sitrat dapat dilihat pada Gambar (Izza *et al.*, 2014). Proses pengikatan elektron bebas asam sitrat dengan ion logam Pb dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses Pengikatan Elektron Bebas Asam Sitrat dengan Ion Logam Pb  
(Sumber: Izza *et al.*, 2014)

Kandungan asam sitrat pada jeruk ditampilkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Asam Sitrat Pada Jeruk

Produk	Tipe Produk	n	Total Asam Sitrat	
			Rerata	Standart Deviasi
<i>Lemon Juice</i>	<i>Fresh from fruit</i>	2	48,0	3,82
<i>Lime Juice</i>	<i>Fresh from fruit</i>	2	45,8	6,86
<i>Lemon Juice</i>	<i>Juice</i>	1	39,2	
<i>Concord Food</i>	<i>Concentrate</i>	1	35,4	
<i>Lime Juice</i>	<i>Juice</i>	1	34,1	
<i>Real Lime 100%</i>	<i>Concentrate</i>			
<i>Lemon Juice</i>				
<i>Real Lime 100%</i>				

(Sumber:Septiana, 2013).

## 2.2 Industri Ikan di Kecamatan Muncar

Kondisi setiap industri pengolahan ikan di Muncar tidak sama. Sebagian industri telah berkembang dengan teknologi modern dan hasilnya telah dapat menembus pasar ekspor, namun sebagian industri kondisinya masih sangat memprihatinkan, yaitu dilakasakan dengan cara-cara tradisional dan bahkan ada yang dikerjakan dengan kondisi yang kurang sehat, baik dilihat dari proses produksinya maupun dari lingkungan kerjanya (Setyono *et al.*, 2008).

## 2.2.1 Potensi Sumber Pencemaran/Sumber Limbah

Pencemaran yang ditimbulkan dari industri pengolahan ikan berasal dari transportasi bahan baku, pemindahan bahan baku, pencucian bahan, proses produksi, kegiatan laboratorium (quality control), aktivitas karyawan (limbah domestik) dan lain-lain. Dari hasil survei diketahui bahwa potensi sumber limbah industri pengolahan ikan mulai ada sejak kegiatan pendaratan ikan, transportasi ikan, pencucian bahan baku, proses produksi, sampai sarana pengolahan limbah yang kurang berfungsi dengan baik (Setyono *et al.*, 2008).

## 2.2.2 Potensi Jumlah Limbah yang Dihasilkan

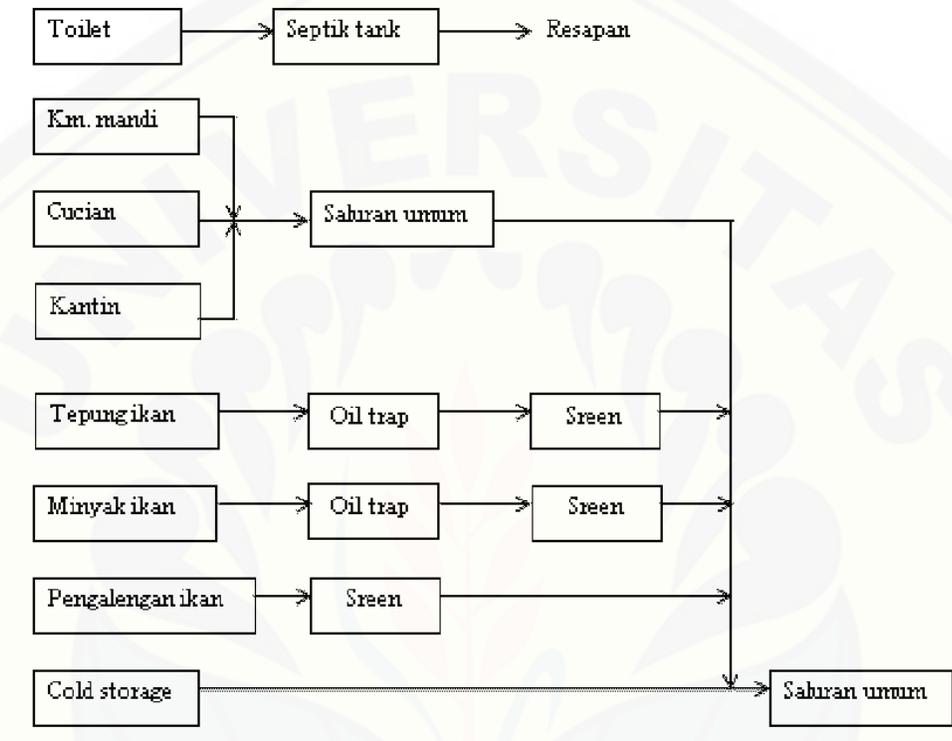
Menurut Setyono *et al.*, (2008) berdasarkan sumbernya, air limbah yang dihasilkan di kawasan industri pengolahan ikan ini dikelompokkan atas 2 jenis, yaitu:

- a. Air Limbah domestik, yaitu air limbah yang berasal dari kamar mandi, toilet, kantin, wastavel dan tempat wudhu. Sesuai dengan aktivitasnya, maka sumber air limbah domestik ini dihasilkan oleh semua industri yang ada.
- b. Air limbah produksi, berasal dari aktivitas produksi seperti pencucian komponen-komponen peralatan dan lantai ruang produksi. Sesuai dengan jenis kegiatannya/industri dan aktivitas yang ada di setiap perusahaan, maka air limbah ini dapat dikelompokkan dalam beberapa kelompok dengan karakteristik yang berlainan, yaitu air limbah industri tepung ikan, air limbah industri minyak ikan, air limbah industri cold storage, dan air limbah industri pengalengan ikan.

## 2.2.3 Peta Sebaran Limbah

Beberapa perusahaan telah melakukan penanganan limbah industrinya, namun upaya yang dilakukan masih sangat sederhana. Penanganan yang telah ada hanya berupa oil trap dan beberapa bak pengendap sederhana saja. Di beberapa perusahaan telah berusaha membuat instalasi pengolahan limbah, namun instalasi-instalasi tersebut tidak ada yang berfungsi dengan baik. Minimnya penanganan limbah di dalam lingkungan perusahaan, menyebabkan masih banyak kandungan minyak dan

kotoran (serpihan ikan dan sisik ikan) yang terikut dalam aliran limbah (Setyono *et al.*, 2008). Sistem Pengolahan Limbah Industri di Muncar dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sistem Pengolahan Limbah Industri di Muncar  
(Sumber : Setyono *et al.*, 2008)

Lokasi industri pengolahan ikan di Muncar ini tumbuh secara alami di suatu kawasan yang tidak dipersiapkan secara khusus sebagai kawasan industri. Karena tidak adanya perencanaan kawasan secara khusus, maka keberadaan industrinya menyebar ke seluruh kawasan Muncar. Dengan kondisi yang demikian, maka sumber limbah yang dihasilkan juga menyebar sesuai dengan penyebaran lokasi industrinya. Limbah industri di kawasan ini belum dikelola secara khusus, sehingga semua limbah akan disalurkan mengikuti sistem drainase yang ada atau langsung disalurkan ke sungai atau laut sesuai dengan keberadaan industri dan kondisi lingkungan yang termudah untuk menyalurkan limbah (Setyono *et al.*, 2008).

### 2.3 Logam Berat

Logam berat merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan perlu diwaspadai. Nilai baku mutu air untuk budidaya ikan (Kep.02/MENKLH/I/1988) yang diperbolehkan untuk kandungan logam berat Hg, Cd, dan Pb berturut-turut adalah 0,003 ppm, 0,1 ppm, dan 0,01 ppm. Toksisitas logam berat terhadap hewan air, mulai dari yang paling toksik, adalah Hg, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, dan Co. Tingkat toksisitas terhadap manusia dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, dan Zn (Widowati *et al.*,2008).

Logam berat sebagian bersifat *essensial* bagi organisme air untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya, antara lain dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik pada biota. Apabila logam berat masuk ke dalam tubuh dengan jumlah yang berlebih, maka akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh (Palar, 2004). Faktor yang menyebabkan logam berat dikelompokkan ke dalam bahan pencemar adalah karena logam berat tidak dapat terurai melalui biodegradasi seperti pencemaran organik. Logam berat dapat terakumulasi dalam lingkungan terutama dalam sedimen sungai kemudian terikat dengan senyawa organik dan anorganik melalui absorpsi dan pembentukan kompleks (Harahap, 1991).

#### 2.3.1 Sumber Alamiah Logam

Masukan ke dalam lingkungan laut secara alamiah dapat digolongkan sebagai: (1) pasokan dari daerah pantai, yang meliputi masukan dari sungai-sungai dan erosi yang disebabkan oleh gerakan gelombang dan gletser, (2) pasokan dari laut dalam yang dilepaskan gunung berapi di lautan dalam dan dari partikel atau endapan oleh adanya proses kimiawi;(3) pasokan yang melampaui lingkungan dekat pantai dan meliputi logam yang diangkut ke dalam atmosfer sebagai partikel-partikel debu atau sebagai aerosol dan juga bahan yang dihasilkan oleh erosi gletser di daerah kutub dan diangkut oleh es-es yang mengambang (Connell dan Miller, 1995: 345).

## 2.3.2 Pencemaran oleh Logam Berat

Pencemaran lingkungan perairan oleh logam berat beracun (*toxic heavy metals*) disebabkan terutama oleh meningkatnya skala kegiatan sektor perindustrian yang tidak disertai dengan proses penanggulangan air limbah yang dihasilkan. Umumnya air limbah industri mengandung unsur logam berat beracun seperti Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, dan lainnya. Penggunaan logam sebagai bahan baku berbagai jenis industri untuk memenuhi kebutuhan manusia akan mempengaruhi kesehatan manusia melalui dua jalur (Widowati *et al.*, 2008), yaitu:

- a. kegiatan industri akan menambah polutan logam dalam lingkungan udara, air, tanah, dan makanan.
- b. perubahan biokimia logam sebagai bahan baku berbagai jenis industri bisa mempengaruhi kesehatan manusia.

## 2.3.3 Sumber Pencemaran Logam

Kegiatan manusia juga merupakan suatu sumber utama pemasukan logam ke dalam lingkungan perairan. Masukan logam berasal dari buangan langsung berbagai jenis limbah yang terancu, gangguan pada cekungan-cekungan pengairan, presipitasi dan jatuhnya dari atmosfer. Masukan utama dirangkum sebagai berikut (Wittmann dalam Connell dan Miller, 1995: 345-348).

- a. Kegiatan pertambangan. Eksploitasi timbunan bijih membongkar permukaan bantuan baru dan sejumlah besar sisa-sisa batu atau tanah untuk mempercepat kondisi pelapukan. Sebagai contoh, terbukanya mineral pirit dan sulfida lainnya terhadap oksigen atmosfer dan kelembapan mengakibatkan oksidasi mineral ini dan pembentukan “air saluran buangan tambang yang asam.”
- b. Cairan limbah rumah tangga. Jumlah logam runtuhan yang cukup besar disumbangkan ke dalam cairan limbah rumah tangga oleh sampah-sampah metabolik, korosi pipa-pipa air (Cu, Pb, Zn, dan Cd) dan produk-produk konsumen (misalnya formula detergen yang mengandung Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Zn, Cr, B dan As).

- c. Limbah dan buangan industri. Beberapa logam runtuhan dibuang ke dalam lingkungan perairan melalui cairan limbah industri demikian juga dengan penimbunan dan pencucian lumpur industri. Emisi logam dari pembakaran bahan bakar fosil juga merupakan sumber utama perancu logam di udara yang ada di dalam air alamiah dan daerah aliran sungai.
- d. Aliran pertanian. Sifat yang berbeda-beda mengenai kegiatan dan praktik pertanian di seluruh dunia mempersulit pengujian sumber-sumber logam ini secara keseluruhan. Tanah-tanah pertanian dapat menjadi kaya akan logam runtuhan dari sisa-sisa hewan dan tumbuhan, pupuk fosfat, herbisida dan fungisida tertentu, serta pemakaian cairan limbah atau lumpur sebagai sumber makanan tanaman.

Unsur-unsur logam berat secara alamiah terdapat di seluruh alam baik di tanah, air maupun udara, namun dalam kadar yang sangat rendah. Kadar ini akan meningkat bila limbah perkotaan, pertambangan, pertanian, dan perindustrian yang banyak mengandung logam berat masuk ke lingkungan perairan secara kontinyu tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu (Hutagalung, 1991).

#### 2.3.4 Logam Berat dalam Organisme Air

Bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami tiga macam proses akumulasi, yaitu fisik, kimia, dan biologis. Buangan limbah industri yang mengandung bahan berbahaya dengan toksisitas yang tinggi dan kemampuan biota laut untuk menimbun logam-logam bahan pencemar mengakibatkan bahan pencemar langsung terakumulasi secara fisik dan kimia kemudian mengendap di dasar perairan. Metabolisme bahan berbahaya terjadi melalui rantai makanan secara biologis yang disebut bioakumulasi. Akumulasi terjadi karena kecenderungan logam berat untuk membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme sehingga logam berat terfiksasi dan tidak segera diekskresikan oleh organisme yang bersangkutan (Hutagalung, 1991).

Kadar logam berat yang terdapat dalam tubuh organisme perairan lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar logam berat yang terdapat dalam lingkungan hidupnya. Organisme air mengambil logam berat dari badan air atau sedimen dan memekatkannya ke dalam tubuh hingga 100-1000 kali lebih besar dari lingkungan. Akumulasi melalui proses ini disebut bioakumulasi. Pengambilan awal logam oleh makhluk hidup air dapat dianggap dalam tiga proses utama : (1) dari air melalui permukaan pernapasan (misalnya, insang); (2) penyerapan dari air ke dalam permukaan tubuh; dan (3) dari makanan, partikel atau air yang dicerna melalui sistem pencernaan (Connell dan Miller, 1995:360). Kadar normal logam berat timbal (Pb) yang masuk ke lingkungan laut adalah sebesar 0,00003 (ppm) sedangkan kadar maksimumnya adalah 0,01 (ppm) (Bangun, 2005).

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya toksisitas logam dalam air terhadap makhluk yang hidup di dalamnya adalah :

- a. Bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut
- b. Pengaruh interaksi antara logam dan jenis toksiklainnya.
- c. Pengaruh lingkungan seperti suhu, kadar garam, pH dan kadar oksigen yang terlarut dalam air
- d. Kondisi hewan, fase siklus hidup (telur, larva, dewasa), besarnya ukuran organisme, jenis kelamin, dan kecukupan kebutuhan nutrisi.
- e. Kemampuan hewan untuk menghindar dari pengaruh polusi.
- f. Kemampuan organisme untuk beradaptasi terhadap bahan toksik logam.
- g. Logam yang bersifat toksik seperti Cd, Pb, Hg, Cu, Zn, dan Ni bila masuk ke dalam sel hewan biasanya selalu proporsional dengan tingkat konsentrasi logam dalam air di sekitarnya (Ratnawati, 2008).

#### 2.3.5 Dampak Pencemaran Logam Berat

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup (Palar, 1994). Logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup, tetapi beberapa jenis logam masih dibutuhkan oleh

mahluk hidup, walaupun dalam jumlah yang sedikit. Daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (*detoksikasi*) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi. Toksisitas pada spesies biota dibedakan menurut kriteria sebagai berikut : biota air, biota darat, dan biota laboratorium. Sedangkan toksisitas menurut lokasi dibagi menurut kondisi tempat mereka hidup, yaitu daerah pencemaran berat, sedang, dan daerah nonpolusi. Umur biota juga sangat berpengaruh terhadap daya toksisitas logam, dalam hal ini yang umurnya muda lebih peka. Daya tahan makhluk hidup terhadap toksisitas logam juga bergantung pada daya detoksikasi individu yang bersangkutan, dan faktor kesehatan sangat mempengaruhi (Palar, 1994).

Pencemaran logam berat dapat menimbulkan berbagai masalah, antara lain:

- a. berhubungan dengan estetika seperti perubahan bau, warna, dan rasa air.
- b. dapat menimbulkan bahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang.
- c. berbahaya bagi kesehatan manusia.
- d. dapat menyebabkan kerusakan ekosistem (Harahap, 1991).

#### 2.3.6 Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum* dan disimbolkan dengan Pb. Pb mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan berat atom (BA) 207.2 (Palar, 2004). Dalam pertambangan, logam ini berbentuk sulfida logam (PbS) yang sering disebut *galena* (Darmono, 1995). Timbal (Pb) memiliki titik lebur rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif, sehingga bisa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan (Widowati *et al.*, 2008). Masuknya logam Pb ke dalam perairan melalui proses pengendapan yang berasal dari aktivitas di darat seperti industri, rumah tangga dan erosi, jatuhnya partikel-partikel dari sisa proses pembakaran yang mengandung tetraetil Pb, air buangan dari pertambangan bijih timah dan buangan sisa industri baterai (Apriadi, 2005).

Logam Pb dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui udara, air dan makanan, baik yang berasal dari tanaman, hewan, dan organisme laut. Pb yang masuk ke dalam tubuh dapat dalam bentuk Pb-organik seperti tetra etil Pb dan Pb anorganik seperti oksida Pb. Toksisitas Pb baru akan terlihat bila orang mengkonsumsi Pb lebih dari 2 mg perhari, ambang batas dari Pb yang boleh dikonsumsi adalah 0,2-2,0 mg perhari. Keracunan yang disebabkan oleh logam Pb dapat mengakibatkan efek yang kronis dan akut. Keracunan akut dapat mengakibatkan terbakarnya mulut, terjadinya perangsangan dalam gastrointestinal dan disertai diare. Keracunan yang kronis dapat menyebabkan anemia, sakit di sekitar perut serta dapat pula mengakibatkan kelumpuhan. Logam Pb dapat mempengaruhi kerja dari enzim-enzim atau fungsi dari protein (Hamidah, 1980).

Logam Pb di dalam tubuh manusia bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan sebagian kecil Pb diekskresikan lewat urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut. Waktu paruh timbal (Pb) dalam eritrosit adalah selama 35 hari, dalam jaringan ginjal dan hati selama 40 hari, sedangkan waktu paruh dalam tulang adalah selama 30 hari. Tingkat ekskresi Pb melalui sistem urinaria adalah sebesar 76%, gastrointestinal 16%, dan rambut, kuku, serta keringat sebesar 8% (Klaassen *et al.*, 1986 dalam Widowati *et al.*, 2008).

Daya racun Pb dalam tubuh diantaranya disebabkan penghambatan enzim oleh ion-ion  $Pb^{2+}$  dengan grup sulfur yang terdapat di dalam asam-asam amino, misalnya sistein dari enzim tersebut. Sifat toksik logam timbal terikat dalam gugus sulfhidril (-SH) dalam enzim seperti karboksil sisteinil, histidil, hidroksil, dan fosfatil dari protein dan purin (Nurjanah *et al.*, 1997).

Timbal bersifat kumulatif. Mekanisme toksisitas Pb berdasarkan organ yang dipengaruhi (Widowati *et al.*, 2008) adalah sebagai berikut.

- a. Sistem haemopoitik; logam Pb menghambat sistem pembentukan hemoglobin (Hb) sehingga menyebabkan anemia.

- b. Sistem saraf; logam Pb bisa menimbulkan kerusakan otak dengan gejala epilepsi, halusinasi, kerusakan otak besar, dan delirium.
- c. Sistem urinaria; logam Pb bisa menyebabkan lesi tubulus proksimalis, *loop of Henle*, serta menyebabkan aminosiduria.
- d. Sistem gastro-intestinal; logam Pb menyebabkan kolik dan konstipasi.
- e. Sistem kardiovaskuler; logam Pb bisa menyebabkan peningkatan permeabilitas pembuluh darah.
- f. Sistem reproduksi berpengaruh terutama terhadap gametotoksisitas atau janin belum lahir menjadi peka terhadap Pb. Ibu hamil yang terkontaminasi Pb bisa mengalami keguguran, tidak berkembangnya sel otak embrio, kematian janin waktu lahir, serta hipospermia dan teratospermia pada pria.
- g. Sistem endokrin; logam Pb mengakibatkan gangguan fungsi tiroid dan fungsi adrenal.
- h. Bersifat karsinogenik dalam dosis tinggi.

### 2.3.7 Mekanisme Toksisitas Logam

Ochiai, 1977 (dalam Connell dan Miller, 1995:370) telah membagi mekanisme toksisitas secara umum untuk ion-ion logam ke dalam tiga kategori sebagai berikut: (1) yang menahan gugus fungsi biologis yang esensial dalam biomolekul (misalnya, protein dan enzim); (2) yang menggantikan ion logam esensial dalam biomolekul; dan (3) yang mengubah konformasi aktif biomolekul.

### 2.4 Kerang Manis (*Macra grandis*)

Kerang manis merupakan jenis kerang komersil yang berhabitat di daerah dengan iklim tropis mulaidari Jepang Selatan, Filipina, dan Indonesia. *Macra grandis* atau yang biasa disebut kerang manis adalah kerang yang banyak ditemukan dipesisir teluk Pangpang khususnya di wilayah Kecamatan Muncar. Di kawasan Taman Nasional Alas Purwo juga masih dapat ditemui kerang jenis ini namun kepadatannya

lebih kecil jika dibandingkan dengan di kawasan Kecamatan Muncar (Pratama, 2015).

#### 2.4.1 Klasifikasi Kerang Manis (*Mactra grandis*)

Adapun klasifikasi kerang manis (*Mactra grandis*) menurut ITIS, 2014 adalah sebagai berikut.

Kingdom : Animalia  
Phylum : Mollusca  
Class : Bivalvia  
Order : Veneroida  
Family : Mactridae  
Genus : *Mactra*  
Spesies : *Mactra grandis* Gmelin, 1791

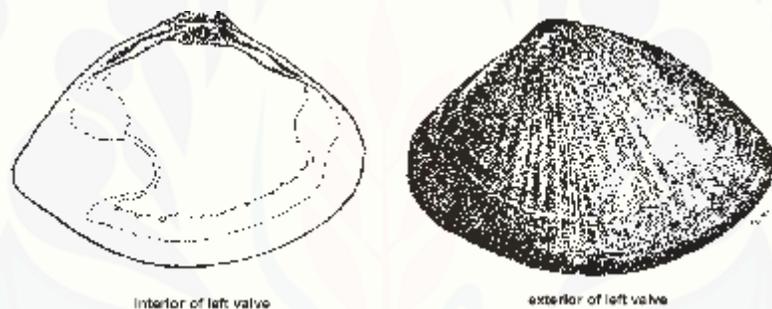
Kerang manis dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kerang Manis (*Mactra grandis*)  
(Sumber : Koleksi Pribadi)

#### 2.4.2 Morfologi dan Anatomi Kerang Manis

Kerang manis memiliki bentuk membulat dengan alur membujur yang tampak samar. Kerang ini memiliki cangkang keras dengan warna bermacam-macam seperti hijau kehitaman, abu-abu, coklat, putih, dan ungu dengan bagian dalam cangkang berwarna ungu terang atau putih. Panjang rata-rata cangkang 7 cm dan panjang maksimum cangkang mencapai 9 cm. Bagian tubuh kerang berwarna putih dengan kaki yang dapat menjulur keluar untuk menggali pasir. Kerang manis di Teluk Pangpang lebih sering ditemukan di daerah dengan tekstur tanah berpasir daripada lingkungan berlumpur. Kerang ini menjadi komoditas nomor 2 yang paling banyak dikonsumsi masyarakat sekitar Teluk Pangpang setelah kerang darah (*Anadara granosa*) (Pratama, 2015).



Gambar 2.7 Morfologi cangkang kerang manis bagian dalam dan luar  
(sumber : [www.ftp.fao.org](http://www.ftp.fao.org))

Struktur anatomi dalam tubuh *Macra grandis* adalah jantung, perut, gonad, ginjal, usus, mulut, otot abductor, dan insang untuk pernafasan. Air yang masuk dan keluar dari tubuh kerang melalui dua tabung yang disebut sifon. Sistem pencernaan dimulai dari mulut, kerongkongan, lambung, usus, dan akhirnya bermuara pada anus. Anus ini terdapat di saluran yang sama dengan saluran untuk keluarnya air. Sedangkan makanan golongan hewan kerang ini adalah hewan-hewan kecil yang terdapat dalam perairan berupa protozoa diatom, dll. Makanan ini dicerna di lambung dengan bantuan getah pencernaan dan hati. Sisa-sisa makanan dikeluarkan melalui anus. Pada golongan pemakan endapan, bivalvia ini membenamkan diri dalam

lumpur atau pasir yang mengandung sisa-sisa zat organik dan fitoplankton yang hidup di dasar. Makanan tersebut dihisap dari dasar perairan melalui sifon (Pratama, 2015). Cara hewan bivalvia memperoleh makanan dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Cara Hewan Bivalvia Memperoleh Makanan (Sumber: [www.academia.edu](http://www.academia.edu))

#### 2.4.3 Komposisi Kimia Kerang

Menurut Ningsih (2009) kerang-kerangan yang berasal dari perairan tawar maupun laut memiliki kandungan gizi yang penting. Pertama, makanan ini merupakan sumber protein hewani dengan kategori protein yang komplit, karena kandungan asam amino esensialnya lengkap dan sekitar 85-95% mudah dicerna tubuh. Kedua, kerang-kerangan merupakan sumber utama mineral yang dibutuhkan tubuh, seperti iodium (I), besi (Fe), seng (Zn), selenium (Se), kalsium (Ca), fosfor (P), kalium (K), flour (F) dan lain-lain. Ketiga, kerang-kerangan merupakan sumber lemak yang aman. Asam lemak omega-3 dapat meningkatkan kadar *high density lipoprotein* (HDL) dan menurunkan *lowdensity lipoprotein* (LDL). Kekerangan dikenal mengandung HDL yang cukup tinggi, kadar lemak total dan lemak jenuhnya rendah.

#### 2.4.4 Logam Berat dalam Kerang

Akumulasi logam pada jaringan kerang sama dengan hewan air pada umumnya. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya derajat akumulasi logam pada hewan air lainnya juga sama, hanya jenis kerang ini dapat mengakumulasi logam lebih besar

daripada hewan air lainnya, karena sifatnya yang menetap, lambat untuk dapat menghindari diri dari pengaruh polusi, dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu (Ratnawati, 2008).

Didalam lingkungan perairan yang tercemar kesukaan terhadap bahan makanan atau kebiasaan makan sangat penting disebabkan oleh penambahan logam di dalam sedimen, partikula dan detritus. Kebiasaan makan harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kepekatan logam, misalnya: zooplankton, remis/kerang dan lokan yang makan dengan cara menyaring (*filter feeder*). Bivalvia merupakan pengatur logam yang relatif lemah, khususnya jenis nonesensial. Pengurangan dapat terjadi melalui difusi dan beberapa mekanisme lainnya pada moluska. Ini meliputi ekskresi sebagai granula dari ginjal dan bentuk partikulat pada ujung kerang (Connell dan Miller, 1995:363).

### **2.5 Hasil Penelitian Asam Sitrat Jeruk Nipis sebagai *Chelating Agent***

Terdapat beberapa penelitian tentang pemanfaatan asam sitrat jeruk nipis sebagai *chelating agent*. Pertama, dari penelitian yang dilakukan oleh Sinaga (2013) menunjukkan bahwa asam sitrat dalam jeruk nipis mampu menurunkan kadar kadmium (Cd) kerang darah (*Anadara granosa*). Konsentrasi larutan jeruk nipis yang digunakan dalam perlakuan adalah 0%, 25% dan 50% dengan perlakuan waktu 15 dan 30 menit, hasilnya menunjukkan bahwa konsentrasi dan lama perendaman larutan jeruk nipis yang paling optimal dalam menurunkan kadmium (Cd) pada kerang darah (*Anadara granosa*) adalah 25% selama 30 menit yakni sebesar 80,25% (Sinaga, 2013). Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Sari *et al.*, (2014) menunjukkan bahwa penggunaan bahan sekuestran/*chelating agent* asam sitrat yang ada dalam buah jeruk nipis yang efektif dalam menurunkan kadar kadmium dan timbal pada kerang darah adalah selama 30 menit dengan konsentrasi larutan jeruk nipis 1:1, untuk kadmium sebesar 44,39% sedangkan untuk timbal sebesar 60,67%. Ketiga, pada penelitian yang dilakukan oleh Kurniawati (2011) mengenai efektivitas jeruk nipis terhadap penurunan logam berat Ikan Gembung (*Rastrelliger kanagurta*) membuktikan bahwa

asam sitrat jeruk nipis paling efektif menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) pada konsentrasi 12,5% selama 90 menit sebesar 86,77%.

## 2.6 Buku Nonteks/Suplemen

Untuk memudahkan dalam memberikan klasifikasi dan pengertian pada buku-buku pendidikan, dilakukan dua pengelompokan buku pendidikan yang ditentukan berdasarkan ruang lingkup kewenangan dalam pengendalian kualitasnya, yaitu (1) Buku Teks Pelajaran dan (2) Buku Nonteks Pelajaran. Berdasarkan pengelompokan tersebut maka buku nonteks pelajaran berbeda dengan buku teks pelajaran. Buku suplemen atau buku nonteks pelajaran merupakan buku-buku yang tidak digunakan secara langsung sebagai buku untuk mempelajari salah satu bidang studi pada lembaga pendidikan (Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2008:2).

### 2.6.1 Ciri-ciri dan Fungsi Buku Suplemen/ Buku Nonteks

Buku suplemen atau buku nonteks pelajaran memiliki ciri-ciri yaitu:

- a. dapat digunakan di sekolah atau lembaga pendidikan, namun bukan merupakan buku acuan wajib bagi peserta didik dalam mengikuti kegiatan pembelajaran;
- b. menyajikan materi untuk memperkaya buku teks pelajaran, atau sebagai informasi tentang ipteks secara dalam dan luas, atau buku panduan bagi pembaca;
- c. tidak diterbitkan secara berseri berdasarkan tingkatan kelas atau jenjang pendidikan;
- d. berisi materi yang tidak terkait secara langsung dengan sebagian atau salah satu Standar Kompetensi atau Kompetensi Dasar yang tertuang dalam Standar Isi, namun memiliki keterhubungan dalam mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional;
- e. materi atau isi dari buku nonteks pelajaran dapat dimanfaatkan oleh pembaca dari semua jenjang pendidikan dan tingkatan kelas atau lintas pembaca, sehingga materi buku nonteks pelajaran dapat dimanfaatkan pula oleh pembaca secara umum;

- f. penyajiannya bersifat longgar, kreatif, dan inovatif sehingga tidak terikat pada ketentuan-ketentuan proses dan sistematika belajar, yang ditetapkan berdasarkan ilmu pendidikan dan pengajaran (Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2008:2-3).

Dengan mengacu pada ciri-ciri tersebut maka dapat dinyatakan bahwa buku suplemen atau buku nonteks pelajaran adalah buku-buku berisi materi pendukung, pelengkap, dan penunjang buku teks pelajaran yang berfungsi sebagai bahan pengayaan, referensi, atau panduan dalam kegiatan pendidikan dan pembelajaran dengan menggunakan penyajian yang longgar, kreatif, dan inovatif serta dapat dimanfaatkan oleh pembaca lintas jenjang dan tingkatan kelas atau pembaca umum (Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2008:3).

Buku nonteks pelajaran berfungsi sebagai bahan pengayaan, rujukan, atau panduan dalam kegiatan pendidikan dan pembelajaran. Berdasarkan fungsinya sebagai bahan pengayaan, buku nonteks pelajaran dapat memperkaya pembaca (termasuk peserta didik) dalam mengembangkan pengetahuan, keterampilan, dan kepribadian. Fungsi sebagai referensi, buku nonteks pelajaran dapat menjadi rujukan dan acuan bagi pembaca (termasuk peserta didik) dalam mendapatkan jawaban atau kejelasan tentang sesuatu hal secara rinci dan komprehensif yang dapat dicari dengan cepat. Fungsi sebagai panduan, buku nonteks pelajaran dapat menjadi pemandu dan tuntunan yang dapat digunakan oleh pendidik atau pihak lain yang berkepentingan dalam melaksanakan pendidikan dan proses pembelajaran serta kegiatan pendukung lainnya (Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2008:5).

#### 2.6.2 Jenis-Jenis Buku Suplemen/ Buku Nonteks

Buku suplemen atau buku nonteks pelajaran jika diklasifikasikan berdasarkan fungsinya terdiri atas jenis buku pengayaan, referensi, dan panduan pendidik (Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2008:7). Buku pengayaan di masyarakat sering dikenal dengan istilah buku bacaan atau buku perpustakaan. Buku ini dimaksudkan untuk memperkaya wawasan, pengalaman, dan pengetahuan

pembacanya. Buku pengayaan memiliki sifat penyajian yang khas, berbeda dengan buku teks pelajaran. Buku pengayaan dapat disajikan secara bervariasi, baik dengan menggunakan variasi gambar, ilustrasi, atau variasi alur wacana. Buku pengayaan dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu buku pengayaan pengetahuan, buku pengayaan keterampilan, dan buku pengayaan kepribadian (PusatPerbukuanDepartemenPendidikanNasional, 2008:8).

### 2.6.3 Buku Pengayaan Pengetahuan

Buku pengayaan pengetahuan merupakan buku yang mampu memberikan tambahan pengetahuan kepada pembacanya, baik yang bersentuhan langsung dengan materi yang dipelajari dalam lembaga pendidikan maupun di luar itu. Dalam konteks lembaga pendidikan, buku pengayaan akan memosisikan peserta didik agar beroleh tambahan pengetahuan dari hasil membaca buku-buku tersebut yang dalam buku teks pelajaran tidak diperoleh informasi pengetahuan yang lebih lengkap dan luas sebagaimana tertuang dalam buku pengayaan. Buku pengayaan pengetahuan di antaranya memiliki fungsi pengayaan pengetahuan, yaitu (1) dapat meningkatkan pengetahuan (*knowledge*) pembaca; dan (2) dapat menambah wawasan pembaca tentang ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni (Pusat Perbukuan, 2008).

## 2.7 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantiifolia*) mempunyai pengaruh terhadap penurunan kadar logam berat Kerang Manis (*Macra grandis*).
- b. Pada konsentrasi tertentu larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) mempunyai pengaruh maksimal dalam menurunkan kadar logam berat pada Kerang Manis (*Macra grandis*).
- c. Hasil penelitian tentang pengaruh larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) terhadap penurunan kandungan logam berat Pb daging kerang manis (*Macra grandis*) layak dijadikan sebagai buku pengayaan pengetahuan

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis penelitian sebagai berikut.

- a. Penelitian termasuk  
penelitian kuantitatif karena dari hasil peneliti didapatkan data  
berupa angka dengan jenis dengan menggunakan model Rancangan Acak Lengkap (RAL).
- b. Penelitian kedua adalah uji kelayakan buku pengayaan sebagai produk dari penelitian eksperimen laboratorium. Validasi dilakukan dengan memberikan lembar penilaian kepada 5 validator yang terdiri dari ahli media, ahli malakologi dan guru SMA.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### a. Penelitian Eksperimen

Penelitian dilakukan pada tanggal 6-13 Februari 2015. Preparasi sampel dan pengukuran kadar Pb dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik FMIPA Universitas Jember. Objek pada penelitian ini adalah kerang yang diambil dari pesisir pantai di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi. Data primer diperoleh dari hasil pemeriksaan kadar Pb sebelum diberi perlakuan dengan perendaman dalam perasan air jeruk nipis dan setelah diberi perlakuan perendaman menggunakan alat SSA (Spektrofotometer Serapan Atom).

#### b. Uji kelayakan buku pengayaan

Uji kelayakan buku pengayaan oleh dosen dilakukan di  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember dan guru SMA di Kabupaten Banyuwangi. Angket keterbacaan buku pengayaan pengetahuan oleh guru dilakukan di SMAN 1 Muncar. Waktu peneliti dilaksanakan pada tanggal 2-7 September 2015.

### 3.3 Identifikasi Variabel

Penelitian ini memiliki tiga variabel yaitu sebagai berikut.

- a. Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi atau menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbedaankonsentrasi perasan jeruk nipis.
- b. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penurunan logam berat Pb pada dagingkerang manis.
- c. Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan sehingga hubungan variabel bebas dan variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak ikut diteliti. Variabel kontrol atau variabel kendali dalam penelitian ini adalah kerang manis dengan panjang 5-7,5 cm dan lebar 3,5-4 cm.

### 3.4 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional penelitian agar tidak menimbulkan pengertian ganda yaitu sebagai berikut.

- a. Konsentrasi larutan jeruk nipis diperoleh dari perasan bulir jeruk nipis, 30 ml perasan jeruk nipis untuk konsentrasi 30%, 60 ml perasan jeruk nipis untuk konsentrasi 60% dan 90 ml perasanjeruk nipis untuk konsentrasi 90%.
- b. Pemeriksaan kadar logam berat Pb daging kerang dilakukan sebelum dan setelah perendaman dalam perasan jeruk nipis menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) yang akan dilakukan di Laboratorium kimia anorganik FMIPA Universitas Jember.
- c. Buku pengayaan pelajaran yang dibuat adalah jenisbukupengayaanpengetahuan yang digunakan sebagai pelengkap/penunjang materi siswa SMA Kelas X Semester 2 bab perubahan dan pelestarian lingkungan hidup.

### 3.5 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Percobaan dibagi menjadi 2 kelompok, yang terdiri dari 1 kelompok kontrol negatif dan 1 kelompok perlakuan dengan peningkatan konsentrasi yang berbeda, dimana perlakuan konsentrasi perasan jeruk nipis dilambangkan dengan P sebagai faktor pertama, terdiri dari 3 konsentrasi, yaitu P<sub>1</sub>(30%) menggunakan 30 ml perasan jeruk nipis, P<sub>2</sub> (60%) menggunakan 60 ml perasan jeruk nipis dan P<sub>3</sub>(90%) menggunakan 90 ml perasan jeruk nipis, K<sub>(-)</sub> sebagai kontrol negatif menggunakan aquadest, Waktu (T) untuk masing-masing perlakuan adalah 30 menit.

Tabel 3.1 Rancangan uji pengaruh larutan jeruk nipis terhadap kandungan timbal (Pb) kerang manis.

Perlakuan	Ulangan ke-		
	1	2	3
K <sub>(-)</sub>	K <sub>(-)</sub> 1 U <sub>1</sub>	K <sub>(-)</sub> 2 U <sub>2</sub>	K <sub>(-)</sub> 3 U <sub>3</sub>
P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> U <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> U <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> U <sub>3</sub>
P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> U <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> U <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> U <sub>3</sub>
P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub> U <sub>1</sub>	P <sub>3</sub> U <sub>2</sub>	P <sub>3</sub> U <sub>3</sub>

Keterangan :

K (-) : Kontrol negatif dengan perendaman dalam aquadest

TP1 : Waktu perendaman 30 menit, perlakuan dengan 30% larutan jeruk nipis

TP2 : Waktu perendaman 30 menit, perlakuan dengan 60% larutan jeruk nipis

TP3 : Waktu perendaman 30 menit, perlakuan dengan 90% larutan jeruk nipis

### 3.6 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah kerang manis yang berasal dari pesisir pantai di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi daerah Gudang Satelit.

b. Sampel dalam penelitian ini adalah kerang manis berukuran panjang 5-7 cm dan lebar 3,5-4cm. Berat daging kerang manis untuk masing-masing perlakuan adalah 100 gram. Pada penelitian ini dilakukan 3 kali pengulangan untuk tiap-tiap

peningkatan konsentrasi sehingga sampel keseluruhan yang dibutuhkan adalah 1500 gr daging kerang dan 100 gr daging kerang untuk analisis Pb awal sebelum diberi perlakuan.

### **3.7 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3.7.1 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain *ice box* sebagai tempat menyimpan kerang dari lokasi pengambilan sampel menuju tempat penelitian (laboratorium), timbangan analitik Ohaus dan kaca arloji, tabung Erlenmeyer 200 ml, gelas ukur 250 ml dan 100ml, corong kaca, kertas saring, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) menggunakan HCL (*Hollow Cathode Lamp*) untuk mengukur kadar Pb, oven, pipet ukur, pipet tetes, pisau dapur, pengaduk, mortal dan pistil dan *aluminium foil*.

#### **3.7.2 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerang manis, jeruk nipis, asam nitrat pekat ( $\text{HNO}_3$ ) dan aquadest sebagai kontrol negatif.

### **3.8 Prosedur Penelitian**

#### **3.8.1 Penelitian Eksperimen**

##### **a. Persiapan Penelitian**

##### **1) Pengambilan Sampel**

Kerang diambil dari daerah pesisir Gudang Satelit di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi, titik pengambilan sampel berdasarkan informasi dari masyarakat setempat yang sering mengambil kerang di perairan tersebut. Selanjutnya kerang dikelompokkan berdasarkan ukuran dan berat yang sesuai dengan penelitian. Setelah sampel kerang disortir kemudian dimasukkan ke dalam *ice box* berisi hancuran es batu, penggunaan *ice box* dan hancuran es batu ini untuk mengurangi kerusakan kerang selama perjalanan menuju tempat penelitian (laboratorium).

## 2) Tahap sterilisasi

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya disterilisasi dengan tujuan agar terbebas dari mikroorganisme dan sisa zat kimia yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Proses sterilisasi dilakukan dengan penggunaan sabun cair pada alat-alat yang akan digunakan, kemudian diberi alkohol agar lebih steril.

## 3) Pembuatan larutan jeruk nipis

Untuk membuat larutan jeruk nipis maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- a) Dipilih buah jeruk nipis yang dalam keadaan baik, yaitu tidak terlalu muda dan tidak terlalu tua serta tidak busuk dengan ukuran dan berat yang sama.
- b) Dicuci seluruh buah jeruk nipis agar tidak ada kotoran yang melekat pada kulit buah.
- c) Dibelah masing-masing buah jeruk nipis menjadi dua, kemudian diperas untuk diambil airnya.
- d) Diukur air perasan jeruk nipis untuk masing-masing perlakuan 30%, 60% dan 90% .

## 4) Persiapan kerang manis

- a) Kerang dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang melekat pada cangkang bagian luar
- b) Kerang dimasukkan kedalam *ice box*.
- c) Dipisahkan kerang dari cangkang.
- d) Ditimbang sebanyak 1600 gr daging kerang, kemudian diambil 100 gr untuk diukur kadar logam berat Pb sebelum diberikan perlakuan.

## b. Uji Perlakuan

Pengujian larutan jeruk nipis terhadap penurunan kandungan timbal (Pb) kerang manis dilakukan dengan cara mengambil masing-masing 100 gr daging kerang,

kemudian dimasukkan kedalam *beaker glass* 250 ml. Untuk pengukuran Pb awal, 100 gr daging kerang manis dalam cawan porselen dimasukkan dalam oven dengan suhu 100°C sampai beratnya stabil. Serial konsentrasi jeruk nipis yang digunakan adalah 30%, 60% dan 90% sedangkan kontrol negatif menggunakan akuades, kemudian masing-masing serial perlakuan dan kontrol dituangkan kedalam *beaker glass* 250 ml yang masing-masing berisi 100 gr daging kerang manis selama 30 menit. Setelah 30 menit air perasan jeruk nipis dan akuades ditiriskan dari beaker glass, kemudian daging kerang yang direndam dalam perasan jeruk nipis dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali untuk menghilangkan kadar asamnya. Kemudian masing-masing daging kerang manis di tempatkan dalam cawan porselen dan dimasukkan dalam oven dengan suhu 100°C. Setelah masing-masing sampel telah mencapai berat stabil, langkah selanjutnya adalah menumbuk hingga halus. Dari masing-masing sampel perlakuan, ditimbang daging kerang manis yang telah halus sebanyak 5 gr dan ditempatkan kedalam labu erlenmeyer. Tahap selajutnya adalah destruksi, daging kerang yang telah halus dilarutkan dengan HNO<sub>3</sub> pekat sebanyak 5 ml dan 95 ml aquades dalam erlenmeyer kemudian ditutup dengan *aluminium foil* selama 24 jam (1 malam). Apabila ada endapan maka sampel disaring dengan kertas saring.

### c. Analisis Logam Berat Timbal

Analisis kadar logam berat timbal dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Fakultas MIPA-UNEJ. Pembacaan absorban contoh menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) menggunakan HCL (*Hollow Chatode Lamp*) dan perhitungan Pb dalam satuan ppm. Prinsip kerja SSA yaitu molekul larutan sampel diubah menjadi atom-atom bebas dengan bantuan nyala atau *flame*. Atom-atom tersebut akan mengabsorpsi cahaya yang sesuai dengan panjang gelombang dari atom tersebut dan intensitas cahaya yang diserap sebanding dengan banyaknya cahaya. Kadar logam berat dalam sampel dihitung dengan memasukkan nilai absorbans contoh ke dalam persamaan garis standar.

$$Y = bx - a$$

Dimana nilai absorbans sebagai Y sedang a dan b dari persamaan garis standar, maka diperoleh harga x yang merupakan konsentrasi contoh. Hasil perhitungan dinyatakan dengan ppm (Sembiring, 2009).

### 3.8.2 Uji Kelayakan Buku Pengayaan

#### a. Subjek Penelitian

Subjek pada penelitian ini adalah siswa SMA Kelas X Semester 2 tahun ajaran 2014/2015 di SMA N 1 Muncar, hal ini disesuaikan dengan Standar Kompetensi (SK) yakni menganalisis hubungan antara komponen ekosistem, perubahan materi dan energi serta peran manusia dalam keseimbangan ekosistem dan Kompetensi Dasar (KD) yakni menjelaskan keterkaitan antara kegiatan manusia dengan masalah kerusakan/pencemaran lingkungan dan pelestarian lingkungan.

#### b. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah buku pengayaan dengan judul “ Amankan Kerang dari Cemar Logam Berat”.

#### c. Model Pengembangan

Dalam pengembangan buku pengayaan pengetahuan dari hasil penelitian ini menggunakan 4D atau *Four D Models*. Model pengembangan bahan ajar ini dikembangkan oleh Thiagarajan, dan Semmel (Trianto, 2007:65). Terdapat empat tahap dalam pengembangan bahan ajar, yaitu sebagai berikut.

##### 1) Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan syarat-syarat pembelajaran. Penentuan dan penetapan syarat-syarat pembelajaran diawali dengan analisis tujuan dari materi yang dikembangkan (Trianto, 2007:65). Tahap ini dikatakan selesai setelah tujuan instruksional atau pembelajaran khusus dirumuskan sebagai petunjuk dalam proses pembelajaran (Ekawarna, 2007:43).

## 2) Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap ini bertujuan merancang perangkat pembelajaran, sehingga diperoleh prototip (contoh perangkat pembelajaran). Tahap ini dimulai setelah ditetapkan tujuan pembelajaran khusus. Aspek utama yang perlu dipertimbangkan dalam tahap ini adalah pemilihan format dan media untuk bahan dan produksi versi awal (Trianto, 2007:67). Beberapa cara yang dapat dipilih untuk menyusun desain bahan ajar adalah menulis sendiri (*starting from scratch*), mengemas kembali informasi (*information repackaging* atau *text transformation*), dan menata informasi (*compilation* atau *wrap around text*) (Ekawarna, 2007:43).

## 3) Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan perangkat pembelajaran yang sudah direvisi berdasarkan masukan para pakar. Tahap ini meliputi validasi oleh pakar dan diikuti revisi, simulasi rencana pelajaran, dan uji coba terbatas dengan siswa yang sesungguhnya. Hasil simulasi dan uji coba digunakan sebagai bahan revisi (Trianto, 2007:67-68).

## 4) Tahap Penyebaran (*Disseminate*)

Tahap ini merupakan tahap penggunaan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan pada skala yang lebih luas, misalnya di kelas lain, sekolah lain atau guru lain. Tahap ini bertujuan untuk menguji efektivitas penggunaan perangkat pembelajaran dalam kegiatan belajar mengajar (Trianto, 2007:68).

Pengembangan bahan ajar berupa buku pengayaan pengetahuan perubahan dan pelestarian lingkungan hidup hanya dilakukan sampai tahap Pengembangan (*Develop*) saja. Adapun *outline* buku pengayaan pengetahuan meliputi peta konsep, pendahuluan, mengenal tanaman jeruk nipis, kerang manis, dampak pencemaran logam berat timbal, cara mengurangi kadar logam berat timbal dengan jeruk nipis, penutup, daftar pustaka dan glosarium.

d. Kriteria penilaian dalam uji kelayakan produk penelitian ini menggunakan lembar kuesioner dengan pertanyaan yang terstruktur sebagaimana terlampir. Selain

itu juga terdapat rubrik skor nilai atau bobot nilai yang dapat dijadikan acuan dalam penilaian masing-masing pertanyaan terstruktur tersebut. Penyusunan naskah validasi (kuesioner) mengacu pada Pedoman Penilaian Buku Nonteks Pelajaran yang diterbitkan oleh Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2008. Format lembar kuesioner dengan koresponden dosen dan guru sebagaimana terlampir pada Lampiran G.

### 3.9 Analisis Data

#### 3.9.1 Analisis Data Hasil Penelitian

Analisis data penelitian dipergunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan analisis *One Way* ANOVA untuk mengetahui pengaruh perasan jeruk nipis terhadap penurunan kandungan Timbal (Pb) daging kerang manis dengan berbagai konsentrasi (30%, 60%, dan 90%). Kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan.

#### 3.9.2 Analisis Uji Kelayakan Buku Pengayaan

Analisis data yang diperoleh dari validator bersifat deskriptif yang berupa saran-saran serta komentar-komentar dan bersifat kuantitatif yang berupa data hasil perkalian antar skor dan bobot pada tiap aspek penilaian. Data yang dipakai dalam validasi buku suplemen ini berbeda-beda sesuai dengan keahlian dosen.

##### a. Analisis Uji Kelayakan Ahli Media, Ahli Malakologi dan Guru Bidang Studi Biologi

Data kuantitatif yang dipakai dalam validasi buku nontekspengayaan pengetahuan oleh ahli media, ahli malakologi, dan guru bidang studi biologi menggunakan 4 tingkatan penilaian dengan kriteria sebagai berikut.

- 1) Skor 9-10, apabila validator memberikan penilaian baik
- 2) Skor 6-8, apabila validator memberikan penilaian cukup baik
- 3) Skor 3-5, apabila validator memberikan penilaian kurang baik
- 4) Skor 1-2, apabila validator memberikan penilaian tidak baik

Teknik analisis data yang dipakai adalah dengan mengalikan skor (1-10) dengan bobot pada tiap-tiap butir komponen kelayakan. Sub total merupakan nilai dari hasil penjumlahan skor x bobot dari masing-masing butir dari komponen kelayakan. Total merupakan penjumlahan (skor x bobot) dari masing-masing sub total.

Selanjutnya data penilaian yang diperoleh diubah menjadi data kuantitatif deskriptif yang menggunakan pedoman klasifikasi buku untuk kepentingan pembintangan seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kriteria uji kelayakan buku pengayaan

No	Nilai	Kualifikasi	Keputusan
1	Skor $\geq$ 360	Layak dengan predikat sangat bagus (***)	Produk baru siap dimanfaatkan di lapangan sebenarnya
2	315 $\leq$ skor < 360	Layak dengan predikat bagus (**)	Produk dapat dilanjutkan dengan menambahkan sesuatu yang kurang, melakukan pertimbangan-pertimbangan tertentu, penambahan yang dilakukan tidak terlalu besar dan mendasar
3	260 $\leq$ skor < 315	Layak dengan predikat cukup (*)	Merevisi dengan meneliti kembali secara seksama dan mencari kelemahan-kelemahan produk untuk disempurnakan
4	skor < 260	Tidak Layak	Merevisi secara besar-besaran dan mendasar tentang isi produk

Kriteria uji kelayakan buku pengayaan di atas merupakan modifikasi dari kriteria penilaian Puskurbuk (2015) yang disesuaikan dengan jumlah kriteria pada tabel penilaian untuk kuesioner. Kemudian data yang diperoleh pada tahap pengumpulan data dengan instrument pengumpulan data, dianalisis dengan menggunakan teknik analisis data persentase dengan rumus pengolahan data secara keseluruhan sebagai berikut.

$$P = \frac{\text{Nilai}}{\text{Total}} \times 100\%$$

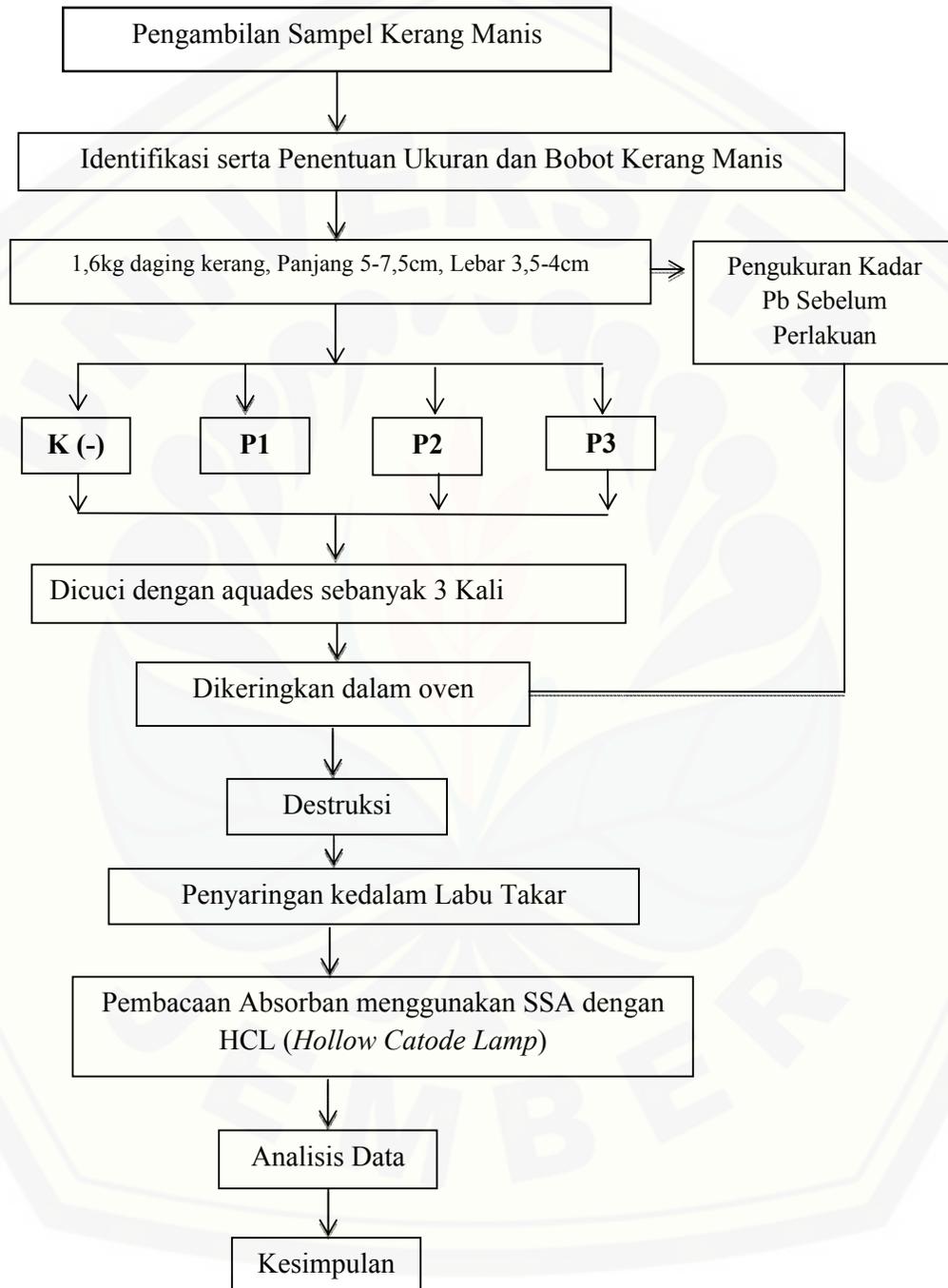
Keterangan :

P = Persentase penilaian



### 3.10 Alur Penelitian

#### 3.10.1 Alur Penelitian Eksperimental



Gambar 3.10.1 Bagan Alur Penelitian Eksperimental