

**ANALISIS KADAR LOGAM MERKURI (Hg) DAN TIMBAL (Pb) PADA
TERIPANG TERUNG (*Phyllophorus sp.*) ASAL PANTAI KENJERAN
SURABAYA SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

Oleh:
WAHYU FAJER LESTARI
NIM. 10630078



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2015**

**ANALISIS KADAR LOGAM MERKURI (Hg) DAN TIMBAL (Pb) PADA
TERIPANG TERUNG (*Phyllophorus sp.*) ASAL PANTAI KENJERAN
SURABAYA SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**Oleh:
WAHYU FAJER LESTARI
NIM. 10630078**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim
Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2015**

**ANALISIS KADAR LOGAM MERKURI (Hg) DAN TIMBAL (Pb) PADA
TERIPANG TERUNG (*Phyllophorus sp.*) ASAL PANTAI KENJERAN
SURABAYA SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

Oleh:
WAHYU FAJER LESTARI
NIM. 10630078

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 10 Desember 2015

Pembimbing I

Pembimbing II

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**ANALISIS KADAR LOGAM MERKURI (Hg) DAN TIMBAL (Pb) PADA
TERIPANG TERUNG (*Phyllophorus sp.*) ASAL PANTAI KENJERAN
SURABAYA SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

Oleh :
WAHYU FAJER LESTARI
NIM. 10630078

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 10 Desember 2015

Penguji Utama	: Diana Candra Dewi, M.Si	(.....)
	NIP. 19770720 200312 2 001	
Ketua Penguji	: Tri Kustono Adi, M.Sc	(.....)
	NIP. 19710311 200312 1 002	
Sekretaris Penguji	: Elok Kamilah Hayati, M.Si	(.....)
	NIP. 19790620 200604 2 002	
Anggota Penguji	: Ahmad Abtokhi, M.Pd	(.....)
	NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Fajer Lestari

NIM : 10630078

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) asal Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 30 Desember 2015

Yang membuat pernyataan,

Wahyu Fajer Lestari

NIM. 10630078

KATA PENGANTAR

'BISMILLAHIRRAHMANIRRAHIM'

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya. Dan juga kepada junjungan besar Nabi Muhammad Saw atas suri tauladan beliau. Adapun judul skripsi ini adalah: **“Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) asal Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)”** sebagai persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana sains (S.Si) di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan skripsi ini yang tak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.SI, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku ketua jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, serta pembimbing utama penulis yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat dan tidak pernah lelah dalam menuntun serta memberi arahan pada skripsi ini.
4. Tri Kustono Adi, M.Sc, selaku konsultan yang senantiasa membimbing penulis dengan sabar hingga skripsi ini selesai dengan baik.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd, selaku pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan untuk kesempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh dosen dan laboran jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan segenap ilmu pengetahuannya dan bimbingannya.
7. Ibu dan Ayah tercinta sebagai orang tua serta saudara dan keluarga besar, yang selalu memberi dukungan baik moril maupun material, teriring doa dan cinta selalu kepada penulis.

8. Teman-teman seangkatan Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberi semangat demi kesuksesan bersama.
9. Dan semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Malang, Desember 2015

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
التلخيص	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan	8
1.4 Batasan Masalah	8
1.5 Manfaat	9
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	10
2.1 Pencemaran Air Laut	10
2.2 Logam	12
2.2.1 Pengertian Logam	13
2.2.2 Macam-macam Logam berat	15
2.3 Biomonitoring	20
2.4 Teripang	21
2.5 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)	24
2.5.1 Persiapan Sampel dengan Destruksi Basah	25
2.5.2 Prinsip Kerja Spektroskopi Serapan Atom (SSA)	29
2.5.3 Instrumentasi Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	30
2.5.4 Teknik Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	33
2.5.5 Analisis Data	34
2.5.6 Kajian tentang Pencemaran Lingkungan dalam Perpektif Islam.....	36
BAB III. METODE PENELITIAN	40
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	40
3.2 Obyek Penelitian	40
3.3 Alat dan Bahan.....	40
3.3.1 Alat.....	40
3.3.2 Bahan	41
3.4 Tahapan Penelitian	41
3.5 Metode Penelitian	41
3.5.1 Preparasi Sampel.....	41

3.5.2	Penentuan Kadar Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) dalam Sampel dengan Menggunakan Destruksi Basah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	42
3.5.2.1	Pengaturan Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	42
3.5.2.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi Standar Merkuri (Hg)	42
3.5.2.3	Pembuatan Kurva Kalibrasi Standar Timbal (Pb).....	43
3.5.2.4	Analisis Kadar Merkuri (Hg).....	43
3.5.2.5	Analisis Kadar Timbal (Pb)	44
3.6	Analisis Data	45
BAB IV. PEMBAHASAN	47
4.1	Preparasi Sampel.....	47
4.2	Penentuan Kadar Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) dalam Sampel dengan Menggunakan Destruksi Basah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	49
4.2.1	Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	49
4.2.2	Kadar Logam Merkuri (Hg).....	52
4.2.3	Kadar Logam Timbal (Pb)	62
4.3	Kajian Hasil Penelitian tentang Pencemaran Lingkungan dalam Perspektif Islam	72
BAB V. PENUTUP	74
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	80

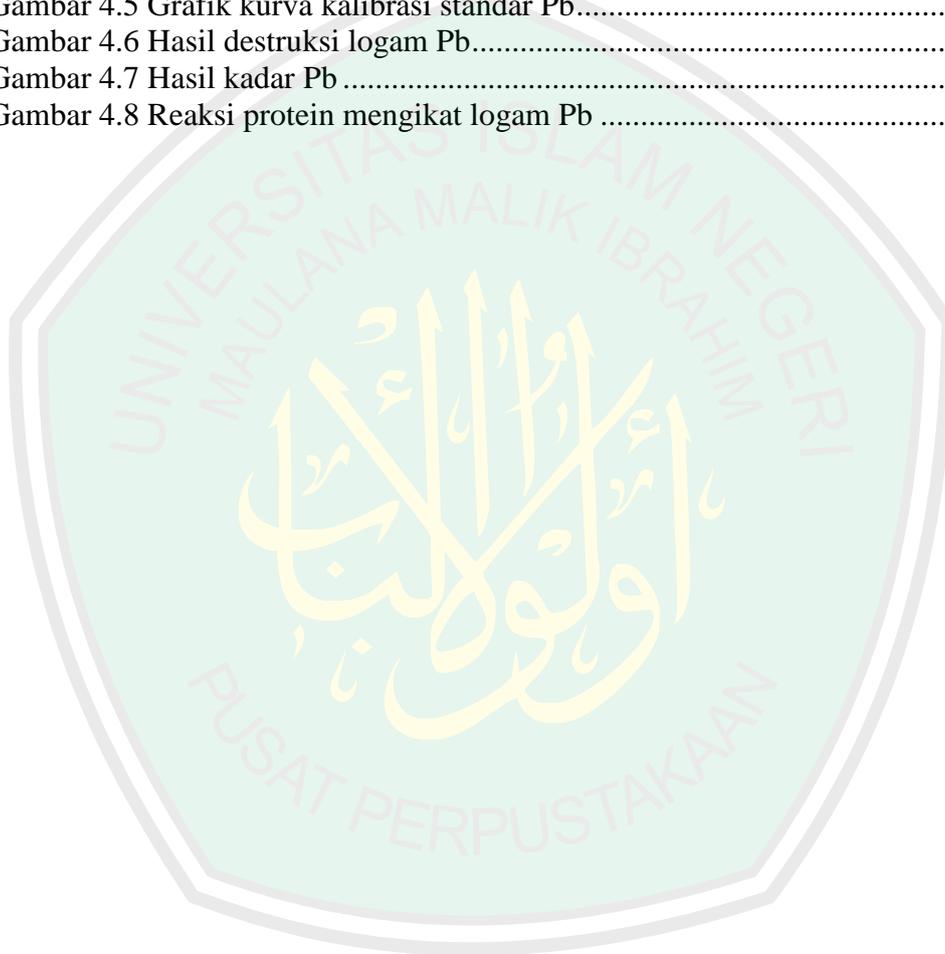
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas maksimum cemaran logam berat pada biota-biota laut menurut Pemerintahan RI (SNI, 2009).....	15
Tabel 2.2 Jenis-jenis gas pembakaran pada SSA.....	32
Tabel 2.3 Panjang gelombang optimum untuk timbal (Pb).....	32
Tabel 4.1 Parameter pada SSA untuk logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb).....	50



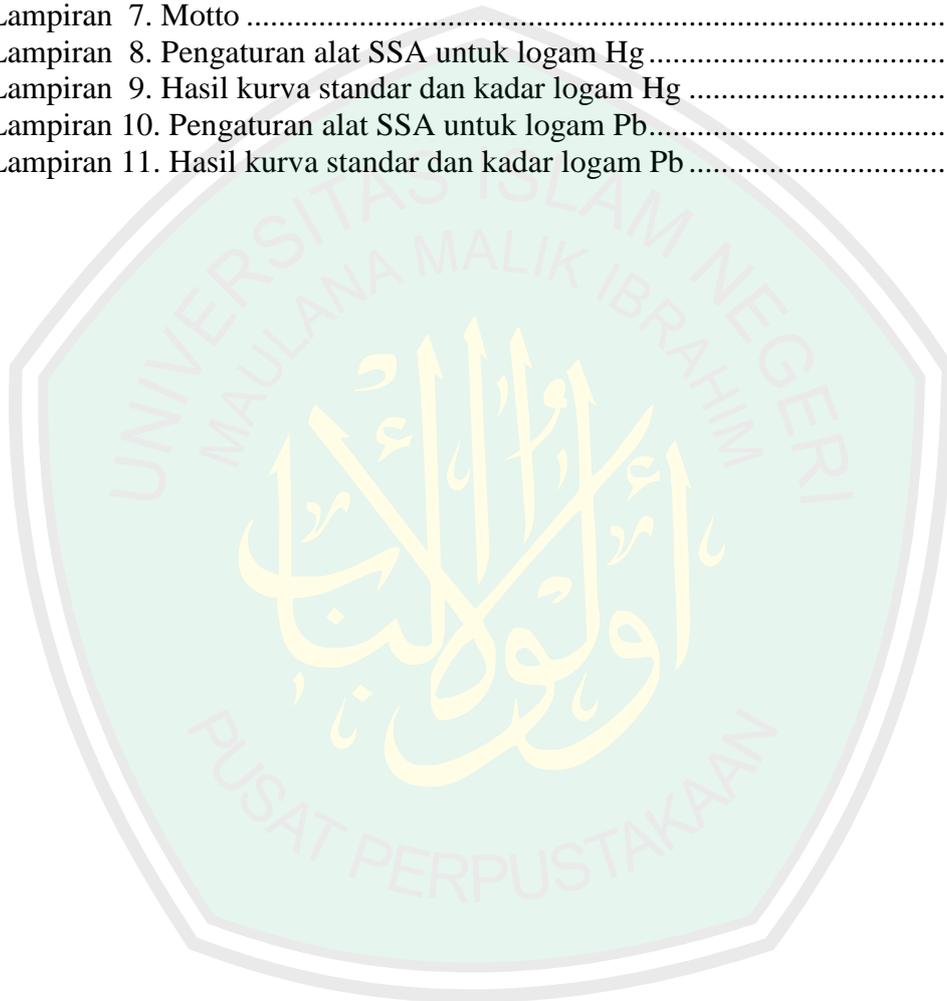
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Teripang Terung (<i>Phyllophorus sp.</i>).....	24
Gambar 2.2 Diagram Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	30
Gambar 2.3 Kurva standar	34
Gambar 4.1 Grafik kurva kalibrasi standar Hg.....	53
Gambar 4.2 Hasil destruksi logam Hg.....	58
Gambar 4.3 Hasil kadar Hg.....	59
Gambar 4.4 Reaksi protein mengikat logam Hg.....	61
Gambar 4.5 Grafik kurva kalibrasi standar Pb.....	63
Gambar 4.6 Hasil destruksi logam Pb.....	68
Gambar 4.7 Hasil kadar Pb	69
Gambar 4.8 Reaksi protein mengikat logam Pb	71



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema kerja	80
Lampiran 2. Cara kerja.....	81
Lampiran 3. Data pengamatan	84
Lampiran 4. Perhitungan larutan.....	87
Lampiran 5. Dokumentasi.....	106
Lampiran 6. Halaman persembahan.....	108
Lampiran 7. Motto	109
Lampiran 8. Pengaturan alat SSA untuk logam Hg	110
Lampiran 9. Hasil kurva standar dan kadar logam Hg	111
Lampiran 10. Pengaturan alat SSA untuk logam Pb.....	112
Lampiran 11. Hasil kurva standar dan kadar logam Pb	113



ABSTRAK

Lestari, W. F. 2015. **Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) asal Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Elok Kamilah Hayati, M.Si; Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Kata Kunci : destruksi basah, merkuri, *Phyllophorus sp.*, Spektrofotometri Serapan Atom, timbal

Kerusakan lingkungan perairan disebabkan kontaminasi logam Hg dan Pb. Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) di pantai Kenjeran Surabaya merupakan salah satu biota yang mampu menyerap logam tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam Hg dan Pb yang terkandung dari berbagai ukuran *Phyllophorus sp.* secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Metode penelitian ini meliputi pembuatan kurva standar Hg dengan rentang 10 – 50 ppb, dan Pb dengan rentang 0,5 – 5 ppm. Sampel dibedakan berdasarkan ukuran yaitu: ukuran kecil, sedang dan besar. Larutan pendestruksi logam Hg yaitu HNO₃ p.a, H₂SO₄ p.a, dan H₂O₂ p.a (6:2:1) dengan total volume 45 mL, dan Pb yaitu HNO₃ p.a dan H₂O₂ p.a (6:2) dengan total volume 40 mL. Proses destruksi logam Hg menggunakan refluks (tertutup) selama 3 jam, sedangkan pada logam Pb menggunakan sistem terbuka selama 8 jam. Hasil penelitian diperoleh kurva standar untuk logam Hg yaitu $y = 0,0085x - 0,0033$ dengan nilai R² sebesar 0,9911 dan untuk logam Pb yaitu $y = 0,0386x + 0,0047$ dengan nilai R² sebesar 0,9975. Hasil rata-rata kadar Hg yang terkandung dalam *Phyllophorus sp.* ukuran kecil: 0,099 ppm; ukuran sedang: 0,112 ppm; dan ukuran besar: 0,106 ppm. Hasil rata-rata kadar Pb yang terkandung dalam *Phyllophorus sp.* ukuran kecil: 9,86 ppm; ukuran sedang: 11,55 ppm; dan ukuran besar: 15,27 ppm. Dapat disimpulkan bahwa kadar logam dalam *Phyllophorus sp.* untuk logam Hg masih memenuhi ambang batas SNI sebesar 1 ppm, dan kadar Pb dalam *Phyllophorus sp.* melebihi ambang batas SNI yaitu sebesar 1,5 ppm. Namun metode destruksi yang dilakukan kurang sempurna, sehingga data yang diperoleh kurang maksimal.

ABSTRACT

Lestari, W. F. 2015. **The Analysis of Mercury (Hg) and Lead (Pb) on Eggplant Cucumber (*Phyllophorus sp.*) in Kenjeran Surabaya by using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)**. Thesis. Department of chemistry, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor I: Elok Kamilah Hayati, M.Si; Supervisor II: Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Keywords: Atomic Absorption Spectrophotometry, lead, mercury, *Phyllophorus sp.*, wet destruction

Environmental damage caused by water contamination Hg and Pb. Sea cucumbers eggplant (*Phyllophorus sp.*) on the beach Kenjeran Surabaya is one organism that is able to absorb these metal. This study aims to determine the levels of Hg and Pb which contained various *Phyllophorus sp.* by Atomic Absorption spectrophotometry (AAS). The research methods include making Hg standard curve with a range of 10 – 50 ppb, and Pb in the range of 0,5 to 5 ppm. Samples are differentiated by size: small, medium and large. Hg solution is HNO₃ p.a, H₂SO₄ p.a and H₂O₂ p.a (6: 2: 1) with a total volume of 45 mL, and Pb which HNO₃ p.a and H₂O₂ p.a (6: 2) with a total volume of 40 mL. Destruction process Hg using reflux (covered) for 3 hours, while the Pb using open system for 8 hours. The result obtained by standard curve of Hg is $y = 0,0085x - 0,0033$ with R² values of 0,9911 and for Pb, namely $y = 0,0386x + 0,0047$ with R² values of 0,9975. The average yield levels of Hg contained in *Phyllophorus sp.* small size: 0,099 ppm; medium size: 0,112 ppm; and large size: 0,106 ppm. The average yield levels of Pb contained *Phyllophorus sp.* small size: 9,86 ppm; medium size 11,55 ppm; and large size 15,27 ppm. It can be concluded that levels of metals in *Phyllophorus sp.* for metals Hg, still meet the Indonesia National Standard (SNI) the threshold of 1 ppm, and Pb in *Phyllophorus sp.* which exceeds the threshold of 1,5 ppm. But the method of destruction is done less than perfect, so that the data obtained less than the maximum.

التلخيص

لستاري، وف. ٢٠١٥ **Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) asal Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).** مولانا مالك ابراهيم الإسلامية الحكومية مالنج. المشرف الأولى : إيلوك كاملة حياتي، الماجستير المدير / المربي الثاني : أحمد أبطخي، الماجستير.

الكلمة الرئيسية : الزئبق، متبادلة، التدمير الرطب، القياس الطيفي للإمتصاص الذري

الفساد البيئة المياه بسبب بتلوث من المعدن Hg و Pb. *Phyllophorus* في البحر كنجيران سورابايا هو من إحدى الكائنات الحية الذي يستطيع أن استعاب ذلك المعدن. أهداف هذا البحث العلمي لمعرفة صعيد المعدن Hg و Pb الذي فيها أنواع الحجم *Phyllophorus sp* ب SSA (*Spektrofotometri Serapan Atom*) (طريقة هذا البحث العلمي تتكون من إعداد العينات و تقرير الحجم Hg و Pb في نموذج بتدمير الرطب ب SSA) *Spektrofotometri Serapan Atom*. نموذج يقسم نوعان. هما حجم الصغير وحجم الكبير. هذا الحجم استنادا بالحجم الكتوم لأن الكائنات الحية عنهما لطريق الحية وتقريبا متساوي. جملة النموذج يأخذ في كل إختبار 5 غرام. نوب pendestruksi معدن Hg هو (6:3:1) H₂O₂ p.a, H₂SO₄ p.a, dan HNO₃ p.a اما معدن Pb pendestruksi هو (6:2) H₂O₂ p.a dan HNO₃ p.a طريقة pendestruksi معدن بمستور ثلاثة ساعات. اما معدن Pb ثمانية ساعات. نتائج البحث المنحني المعياري لمعدن Hg هو $y = 0,0085x - 0,0033$ وبالنتيجة R²0,9911 و لمعدن Pb هو $y = 0,0386x + 0,0047$ وبالنتيجة R²0,9975 ونتائج متوسطة محتوى Hg تتضمن في *Phyllophorus sp.* معيار الصغير 0,099 ppm. معيار المعتدل 0,112 ppm معيار الكبير : 0,106 ppm. ونتائج متوسطة Pb تتضمن في *Phyllophorus sp.* معيار الصغير 9,86 ppm معيار المعتدل: 11,55 ppm معيار الكبير 15,27 ppm. هذا قادر أن يستنتج أن محتوى معدن في *Phyllophorus sp* لمعدن Hg يلتقي على عتبات مع SNI وهو 1 ppm، وقدر Pb في كل معيار متجاوزا على عتبات مع SNI وهو 1,5 ppm

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah Swt berfirman dalam surah al Baqarah ayat 30 sebagai berikut:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا
مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ
إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya: “Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat: “Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi.” mereka berkata: “Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?” Tuhan berfirman: “Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui”, (Qs. al Baqarah: 30).

Ayat tersebut menggambarkan tentang penciptaan manusia di muka bumi adalah sebagai khalifah atau sebagai pemimpin. Akan tetapi seiring dengan bertambahnya waktu, maka perilaku manusia sebagai khalifah banyak menyimpang, banyak kerusakan di darat dan di laut, sebagaimana firman Allah Swt surah ar Rum ayat 41 bunyinya:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah Swt merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka (ke jalan yang benar)”, (Qs. ar Rum: 41).

Firman ini menjelaskan bahwa timbulnya kerusakan baik di darat maupun di laut adalah sebagai perbuatan manusia itu sendiri. Ibnu Abbas, 'Ikrimah dan Mujahid mengatakan, yang dimaksud kerusakan di daratan yaitu seseorang membunuh saudaranya (saling membunuh diantara mereka), sedangkan kerusakan yang berada di lautan adalah mereka membawa kapal-kapal (mencari hasil laut) dengan paksa. Menurut An-Nuhhas, kerusakan yang ada di laut maksudnya yaitu kurangnya hewan buruan (ikan dan sejenisnya) dikarenakan dosa manusia (LTQ Al-Hikmah, 2014).

Allah Swt membekali manusia dengan akal dan pikiran untuk menjalankan tugasnya sebagai khalifah. Tujuannya yaitu agar manusia memiliki kreatifitas, inovasi, dan memecahkan masalah, sehingga bumi dapat lestari. Melalui akal dan pikiran, manusia dapat mengembangkan kreatifitas dan inovasinya melalui produk ilmu dan teknologi.

Perkembangan teknologi memiliki dampak positif dan negatif. Dampak positifnya salah satunya adalah manusia dapat memenuhi kebutuhannya secara mudah dan cepat, dan salah satu dampak negatifnya yaitu terjadinya pencemaran lingkungan. Salah satu contoh dari bentuk pencemaran lingkungan di wilayah perairan yaitu adanya atau masuknya kontaminan berupa zat-zat kimia yang berbahaya di daerah perairan. Hal tersebut terjadi bahkan terkadang melebihi standar kesehatan yang telah ditentukan bersama. Salah satu contoh bentuk pencemaran adalah banyaknya logam yang berada di wilayah perairan.

Tahun 1958 telah terjadi kasus Minamata di Jepang. Kasus Minamata merupakan kasus keracunan logam merkuri (Hg) yang bersumber dari limbah pabrik batu baterai Chisso di kota Minamata. Limbah tersebut mengkontaminasi

air laut dan biota di dalamnya, seperti ikan. Setiap harinya penduduk setempat banyak mengkonsumsi ikan-ikan tersebut, sehingga keracunan logam berat merkuri tidak dapat dihindari lagi. Penduduk setempat mengalami penyakit mematikan yang diawali dengan gejala kelumpuhan saraf.

Kasus lainnya yaitu keracunan logam timbal (Pb) di Nigeria. Pada tahun 2010, sedikitnya 300 anak tewas dan 30.000 lainnya terkontaminasi logam timbal. Logam timbal tersebut bersumber dari penambangan emas ilegal di kota Zamfara. Keracunan timbal merupakan konsekuensi atas pengeluaran emas skala kecil dari biji besi yang mengandung timbal. Proses tersebut melibatkan penghancuran dan pengeringan biji besi yang biasanya dilakukan di dalam rumah, sehingga tanah menjadi terkontaminasi.

Logam pada umumnya memiliki sifat toksik bagi organisme hidup, walaupun dengan kadar yang relatif kecil (Koestoer, 1995). Secara langsung maupun tidak langsung toksisitas logam mampu mencemari lingkungan sekitarnya. Padahal logam mudah bereaksi dengan bahan pangan, sehingga bahan pangan tidak aman lagi untuk dikonsumsi (Nurjanah dkk., 1999). Contohnya bila ada pencemaran logam di daerah perairan, maka hewan laut yang biasanya dikonsumsi masyarakat akan tercemar pula oleh logam.

Logam memiliki efek yang sangat berbahaya bagi tubuh apabila dikonsumsi melebihi standar baku kesehatan yang telah ditentukan, yaitu tubuh akan mengalami gangguan kesehatan baik yang bersifat kronis maupun akut. Bahaya lainnya yaitu adanya logam yang lama tertimbun di dalam tubuh maka akan menjadi radikal bebas yang dapat memicu terjadinya penyakit kanker dan

tumor. Padahal seperti yang kita ketahui bahwa penyebab kematian pertama adalah penyakit kanker dan tumor.

Logam-logam yang mencemari perairan laut banyak jenisnya, salah satu diantaranya yang cukup banyak adalah logam timbal (Pb). Logam timbal (Pb) tersebut mudah bergabung bersama logam merkuri (Hg), sehingga memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia. Fitriyah (2007) menyatakan bahwa kedua logam tersebut yang paling sering ditemukan di alam sebagai bahan pencemar. Menurut SNI 2009 batas maksimum cemaran logam Hg dan Pb pada teripang sebesar 1 mg/kg dan 1,5 mg/kg.

Selama beberapa dekade terakhir biomonitoring telah banyak digunakan sebagai pendekatan untuk menganalisis status pencemaran logam berat yang berada di lingkungan. Biomonitoring merupakan suatu analisis jaringan dan molekul organisme yang terpapar logam sebagai dasar teknik evaluasi. Biasanya organisme yang dijadikan sebagai sampel merupakan organisme yang hidupnya menetap dalam suatu habitat tertentu, seperti teripang.

Winarni (2009) menyatakan bahwa spesies teripang yang tersebar di perairan Timur Surabaya ada tujuh spesies, yaitu: *Phyllophorus sp.*, *Paracaudina australis*, *Colochirus quadrangularis*, *Holothuria sanctori*, *Holothuria sp.*, *Holothuria forskali*, dan *Holothuria turriscelsa*. Kelimpahan dan distribusi yang paling dominan berturut-turut adalah *Paracaudina australis*, *Phyllophorus sp.* dan *Colochirus quadrangularis*. *Phyllophorus sp.* memiliki kelimpahan relatif sebesar 44,44% dibandingkan dengan spesies lainnya di perairan Timur Surabaya (Winarni, 2012).

Perairan Kenjeran Surabaya merupakan perairan pantai utara Jawa Timur yang mempunyai nilai ekonomis yaitu sebagai tempat wisata dan merupakan salah satu perairan di Indonesia yang mempunyai hasil perikanan terbesar. Masyarakat sekitar menjadikan hasil biota lautnya sebagai sumber mata pencahariannya. Namun sekarang banyak pencemaran terjadi karena banyaknya industri yang didirikan dengan penggunaan bahan kimia yang berbahaya. Selain itu juga industri tersebut sering kali membuang limbah ke perairan Kenjeran Surabaya. Hal ini sangat mengkhawatirkan, sebab perairan Kenjeran Surabaya menerima aliran dari berbagai sungai yang ada disekitarnya. Pencemaran ini secara langsung maupun tidak langsung mengkontaminasi biota yang berada di laut (Trisnawati, 2008).

Berdasarkan hasil penelitian Arjah (2012), diketahui bahwa konsentrasi timbal (Pb) tidak dapat terdeteksi, sedangkan logam merkuri (Hg) memiliki konsentrasi 0,1816 ppm pada sampel ikan glodok dan 0,0353 ppm pada sampel ikan bedukang yang berada di perairan Surabaya. Dilihat dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa perairan Surabaya tidak tercemar logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb), namun masih memiliki potensi cemarannya. Untuk itu perlu adanya penelitian lagi, sehingga dapat memperkuat penelitian sebelumnya tentang kadar logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb).

Penentuan logam berat lazimnya dilakukan dengan metode destruksi. Destruksi merupakan proses perusakan oksidatif dari bahan organik sebelum penetapan suatu analit anorganik atau untuk memecah ikatan dengan logam (Nuraini, 2009). Metode destruksi dibagi menjadi dua yaitu metode destruksi basah dan destruksi kering. Namun dalam banyak penelitian metode destruksi

basah lebih baik daripada destruksi kering. Hal ini dikarenakan pada metode destruksi basah tidak banyak bahan yang hilang saat dilakukan pengabuan pada suhu yang tinggi.

Larutan pendestruksi yang biasanya digunakan untuk mendestruksi sampel adalah larutan asam kuat. Hal ini dikarenakan asam kuat dapat melarutkan atau mengoksidasi mineral anorganik menjadi bentuk kation logam. Logam merkuri (Hg) biasanya di destruksi dengan campuran larutan HNO_3 pekat, H_2SO_4 pekat dan H_2O_2 30%. Dalam penelitian Ratmini (2009), sampel ikan sapu-sapu di destruksi dengan ketiga campuran larutan tersebut yaitu: HNO_3 pekat, H_2SO_4 pekat dan H_2O_2 30%. Diketahui hasil cemaran logam Hg adalah sebesar $< 0,0005$ ppm. Dimana hasil ini memiliki potensi cemaran yang cukup berbahaya apabila di konsumsi terus menerus dalam waktu lama. Dalam penelitian Dewi (2012), perbandingan volume terbaik larutan HNO_3 pekat, H_2SO_4 pekat dan H_2O_2 30% dalam mendestruksi sampel adalah 6:2:1.

Timbal (Pb) biasanya didestruksi dengan campuran larutan HNO_3 pekat dan H_2O_2 30%. Dalam penelitian Arifin (2011), sampel yang digunakan merupakan biota yang berada di perairan Teluk Kelabat dan didestruksi dengan campuran kedua larutan yaitu: HNO_3 pekat dan H_2O_2 30%. Hasil rata-rata cemaran logam Pb adalah sebesar 5,55 ppm. Dalam penelitian Wulandari dan Sukei (2013), perbandingan volume terbaik larutan HNO_3 pekat dan H_2O_2 30% dalam mendestruksi sampel adalah 6:2.

Ketiga larutan asam ini merupakan oksidator kuat. Larutan HNO_3 merupakan larutan inti dalam proses pendestruksian sampel. Larutan HNO_3 pekat berfungsi untuk mendestruksi zat organik pada suhu rendah agar tidak kehilangan

mineralnya. Larutan H_2SO_4 pekat biasanya digunakan untuk mempercepat terjadinya oksidasi. Hal ini dikarenakan H_2SO_4 pekat berfungsi sebagai katalis. Selain itu juga campuran larutan H_2SO_4 pekat dan HNO_3 pekat dapat menurunkan suhu destruksi sampel sampai suhu $350\text{ }^\circ\text{C}$. Dengan demikian komponen yang dapat menguap atau terdekomposisi pada suhu tinggi dapat dipertahankan dalam abu yang berarti penentuan kadar abu lebih baik. Larutan H_2O_2 digunakan untuk membantu proses destruksi tersebut, sama halnya seperti larutan H_2SO_4 pekat sebagai katalis.

Analisis selanjutnya menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Teknik SSA didasarkan pada emisi dan absorbansi dari uap atom. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya. Selain itu juga SSA mempunyai sensitifitas tinggi, mudah, murah, sederhana, cepat, dan cuplikan yang diperlukan sedikit serta tidak memerlukan pemisahan pendahuluan (Khopkar, 2002).

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapakah kandungan logam merkuri (Hg) dalam spesies teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) dengan berbagai ukuran yang berasal dari Pantai Kenjeran Surabaya dengan metode destruksi basah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)?
2. Berapakah kandungan logam timbal (Pb) dalam spesies teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) dengan berbagai ukuran yang berasal dari Pantai Kenjeran

Surabaya dengan metode destruksi basah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)?

1.3 Tujuan

1. Untuk menentukan kandungan logam merkuri (Hg) dalam spesies teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) dengan berbagai ukuran yang berasal dari Pantai Kenjeran Surabaya dengan metode destruksi basah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).
2. Untuk menentukan kandungan logam timbal (Pb) dalam spesies teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) dengan berbagai ukuran yang berasal dari Pantai Kenjeran Surabaya dengan metode destruksi basah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

1.4 Batasan Masalah

1. Sampel yang diambil berasal dari Pantai Kenjeran Surabaya.
2. Sampel yang dipakai adalah spesies teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) dengan berbagai macam ukuran yaitu: ukuran kecil (< 4 cm), ukuran sedang (4 – 6 cm), dan ukuran besar (> 6 cm).
3. Logam yang diuji adalah merkuri (Hg) dan timbal (Pb).
4. Metode yang dipakai adalah metode destruksi basah.
5. Larutan pendestruksi yang digunakan adalah:
 - a Logam merkuri (Hg): 30 mL larutan HNO₃ pekat, 10 mL larutan H₂SO₄ pekat dan 5 mL larutan H₂O₂ 30% (6:2:1).

- b Logam timbal (Pb): 30 mL larutan HNO_3 pekat dan 10 mL H_2O_2 30% (6:2).

6. Instrumen yang digunakan yaitu Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memperoleh informasi ilmiah mengenai potensi teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) sebagai biomonitoring penentu kandungan logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb) yang berasal dari Pantai Kenjeran Surabaya.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Air Laut

Pencemaran atau polusi adalah suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk. Pergeseran bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi yang buruk ini dapat terjadi sebagai akibat masukan bahan-bahan pencemar atau polutan. Bahan polutan tersebut pada umumnya mempunyai sifat racun atau toksik yang berbahaya bagi organisme. Toksisitas atau daya racun dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran (Palar, 1994).

Dalam undang-undang lingkungan hidup dijelaskan bahwa suatu tatanan lingkungan hidup dikatakan tercemar apabila dalam tatanan lingkungan hidup itu masuk atau dimasukkan suatu benda lain yang kemudian memberikan pengaruh buruk terhadap bagian-bagian yang menyusun tatanan lingkungan hidup itu sendiri, sehingga tidak dapat lagi hidup sesuai dengan aslinya (Kristanto, 2002).

Polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, tetapi bukan berarti semua air tercemar atau terpolusi (Fardiaz, 1992).

Menurut Sumardi (1981) dalam Mitha (2013), yang dimaksud dengan pencemaran laut adalah menurunnya kualitas air laut karena aktivitas manusia baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja memasukkan zat-zat pencemar dalam jumlah tertentu ke dalam lingkungan laut (termasuk muara sungai) sehingga menimbulkan akibat yang negatif bagi sumber daya hayati dan nabati di

laut, kesehatan manusia, aktivitas manusia di laut dan terhadap kelangsungan hidup dari sumber daya hidup di laut.

Bila ditinjau dari asalnya, maka bahan pencemar yang masuk ke ekosistem laut dapat dibagi menjadi dua yaitu (Fitriyah, 2007):

1. Berasal dari laut itu sendiri, misalnya pembuangan sampah air ballas dari kapal, lumpur, buangan dari kegiatan pertambangan di laut.
2. Berasal dari kegiatan di daratan. Bahan pencemar dapat masuk ke ekosistem laut melalui udara atau terbawa oleh air (sungai, sistem *drainase*).

Pada era globalisasi saat ini, keamanan pangan adalah hal yang paling penting yang harus diperhatikan. Adanya kontaminasi bahan-bahan pencemar dapat membuat kesehatan terganggu, terlebih lagi adanya kontaminan dari logam. Kontaminasi logam merupakan salah satu aspek kimia yang harus diwaspadai karena adanya efek toksisitas yang tinggi terhadap organisme hidup. Logam seperti Hg, Cd, Pb, As, dan Cu pada konsentrasi tinggi dapat menimbulkan pengaruh toksisitas yang besar. Racun logam ini bersifat akumulatif dan menyebabkan berbagai penyakit degeneratif pada manusia (Nurjanah dkk., 1999).

Perairan Kenjeran Surabaya merupakan suatu perairan pantai utara Jawa Timur yang mempunyai nilai ekonomis yaitu sebagai tempat wisata dan merupakan salah satu perairan di Indonesia yang mempunyai hasil perikanan terbesar. Masyarakat sekitar menjadikan hasil biota lautnya sebagai sumber mata pencahariannya. Namun sekarang banyak pencemaran terjadi karena banyaknya industri yang didirikan dengan penggunaan bahan kimia yang berbahaya. Selain itu juga industri tersebut sering kali membuang limbah ke perairan Kenjeran Surabaya. Hal ini sangat mengkhawatirkan sebab perairan Kenjeran Surabaya

menerima aliran dari berbagai sungai yang ada disekitarnya. Pencemaran ini secara langsung maupun tidak langsung mengkontaminasi biota yang berada di laut (Trisnawati, 2008).

Perairan timur Surabaya ini merupakan muara sungai Brantas, yaitu sungai terbesar yang berada di Jawa Timur. Dimana sungai ini menjadi muara anak sungai yang telah melintasi banyak kota besar, seperti Malang, Blitar, Kediri, Mojokerto, dan juga Surabaya. Sepanjang daerah aliran sungai ini telah tumbuh berbagai industri dengan pesatnya. Dari hal ini tidak dapat dihindari lagi bahwa sebagian limbah industri maupun limbah rumah tangga dibuang ke dalam sungai Surabaya (Tafzani, 2004).

Berdasarkan hasil penelitian Arjah (2012), diketahui bahwa konsentrasi timbal (Pb) tidak dapat terdeteksi, sedangkan logam merkuri (Hg) memiliki konsentrasi 0,1816 ppm pada sampel ikan glodok dan 0,0353 ppm pada sampel ikan bedukang yang berada di perairan Surabaya. Dilihat dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa perairan Surabaya tidak tercemar logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb), namun masih memiliki potensi cemarannya.

2.2 Logam

Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak terpisah dari benda-benda yang bersifat logam, bahkan masyarakat beranggapan bahwa logam diidentikkan dengan besi, padat, keras, dan sulit dibentuk. Biasanya benda ini digunakan sebagai alat perlengkapan rumah tangga seperti sendok, garpu, pisau dan lain-lain (logam biasa), sampai pada tingkat perhiasan mewah seperti emas, perak dan logam lain-lain (logam mulia) (Palar, 1994).

2.2.1 Pengertian Logam

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaidah-kaidah tertentu. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair (Palar, 1994).

Logam adalah benda padat atau cair yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm^3 , sedangkan logam yang beratnya kurang dari 5 gram adalah logam ringan. Dalam tubuh makhluk hidup logam termasuk dalam mineral 'trace' atau mineral yang jumlahnya sangat sedikit. Beberapa mineral 'trace' adalah murni karena digunakan untuk aktivitas kerja sistem enzim, misalnya seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), dan beberapa unsur lainnya seperti kobalt (Co), mangan (Mn), dan beberapa lainnya. Beberapa logam bersifat non-esensial dan bersifat toksik terhadap makhluk hidup misalnya: merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) (Darmono, 2001).

Mulyanto (1993) menyatakan bahwa yang dimaksud dengan logam berat adalah logam yang mempunyai densitas $> 5 \text{ gr/cm}^3$. Sifat dari logam berat yaitu beracun, terakumulasi dalam tubuh organisme, sulit mengalami degradasi.

Istilah logam berat sebetulnya telah dipergunakan secara luas, terutama dalam perpustakaan ilmiah, sebagai suatu istilah yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu. Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut (Palar, 1994):

1. Memiliki spesifikasi *gravity* yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22 – 34 dan 40 – 50, serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam berdasarkan sifat racunnya dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan yaitu (Trisnawati, 2008):

1. Sangat beracun, dapat mengakibatkan kematian ataupun gangguan kesehatan yang pulih dalam waktu yang singkat, logam-logam tersebut antara lain adalah: Hg, Pb, Cd, Cr, As.
2. Moderat, yaitu mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang pulih maupun tidak dalam waktu yang relatif lama, logam-logam tersebut antara lain: Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Co dan Rb.
3. Kurang beracun, logam ini dalam jumlah besar menimbulkan gangguan kesehatan, logam-logam tersebut antara lain: Al, Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti dan Zn.
4. Tidak beracun, yaitu tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Logam-logam tersebut antara lain: Na, Al, Sr, dan Ca.

Dalam lingkungan perairan bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 1994).

Logam masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu melalui saluran pernafasan pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Absorpsi logam melalui saluran pernafasan biasanya cukup besar, baik pada hewan air yang masuk melalui insang maupun hewan darat yang masuk melalui debu di udara ke saluran pernafasan (Darmono, 2001).

Tabel 2.1 Batas maksimum cemaran logam berat pada biota-biota laut menurut Pemerintah RI (SNI, 2009)

Biota laut	Batas maksimum	
	Logam Hg (mg/kg)	Logam Pb (mg/kg)
Ikan dan hasil olahannya	0,5	0,3
Ikan predator seperti cucut, tuna, marlin dan lain-lain	1,0	0,4
Kekerangan (bivalva), moluska dan teripang	1,0	1,5
Udang dan krustasea lainnya	1,0	0,5

Logam yang tidak esensial bereaksi pada tingkat yang bermacam-macam dan cenderung berkumpul di dalam tubuh, karenanya perolehan logam dalam konsentrasi yang sangat rendah sekalipun tetapi secara terus menerus akan menyebabkan pengaruh penurunan kesehatan yang dapat mengakibatkan penyakit kronis (Cakrawala, 2005).

2.2.2 Macam-macam Logam Berat

1. Merkuri (Hg)

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama kimia *hydrargyrum* yang berarti perak cair. Logam merkuri dilambangkan dengan Hg. Pada tabel periodik unsur-unsur kimia menempati nomor atom 80 dan mempunyai bobot atom 200,59 g/mol. Titik didih merkuri adalah 365,68 °C. Merkuri telah dikenal manusia sejak mereka mengenal peradaban. Logam ini dihasilkan dari bijih sinabar HgS yang mengandung unsur merkuri antara 0,1 – 4 %. Adapun reaksinya yaitu (Palar, 1994):



Secara umum logam merkuri memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Palar, 1994):

1. Berwujud cair pada suhu kamar ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) dengan titik beku paling rendah sekitar $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Masih berwujud cair pada suhu $396\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan telah terjadi pemuaiian secara menyeluruh.
3. Merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan dengan logam-logam yang lain.
4. Tahanan listrik yang dimiliki sangat rendah, sehingga menempatkan merkuri sebagai logam yang sangat baik untuk menghantarkan daya listrik.
5. Dapat melarutkan bermacam-macam logam untuk membentuk *alloy* yang disebut juga dengan *amalgam*.
6. Merkuri merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua makhluk hidup, baik itu dalam bentuk unsur tunggal (logam) ataupun dalam bentuk persenyawaan.

Merkuri dilepaskan sebagai uap yang kemudian kondensasi, sedangkan gas-gas lainnya mungkin terlepas di atmosfer atau dikumpulkan. Merkuri di alam terdapat dalam bentuk sebagai berikut (Fitriyah, 2007):

1. Merkuri anorganik, termasuk logam merkuri (Hg^+) dan garam-garamnya seperti merkuri klorida (HgCl_2) dan merkuri oksida (HgO).
2. Merkuri organik atau organomerkuri terdiri dari yang pertama aril merkuri yang mengandung hidrokarbon aromatik; yang kedua alkil merkuri yang mengandung hidrokarbon alifatik dan merupakan merkuri yang paling

beracun, misalnya metil merkuri, etil merkuri; dan yang ketiga alkoksialkil merkuri (R-O-Hg) (Kristanto, 2002).

Kepekatan logam yang mengandung air cukup beragam di seluruh dunia, konsentrasi ini tergantung pada sumber-sumber masukan utama, suhu dan kadar garam. Hg yang larut dalam air laut adalah dalam bentuk ion merkuri (Hg^{2+}) terjadi paling banyak sebagai $\text{Hg}(\text{OH})_2$ dan HgCl_2 . Merkuri membentuk kompleks yang stabil dengan senyawa-senyawa organik yang terdapat di air, khususnya protein dan zat-zat yang mengandung sulfur. Meskipun demikian sampai batas-batas tertentu Hg diserap pada bahan partikulat dan dalam kondisi anaerobik dalam sedimen dapat hadir sebagai HgS dan HgS_2^{2-} (Connel, 1995).

Merkuri yang terdapat dalam limbah atau *waste* di perairan umum diubah oleh aktivitas mikroorganisme menjadi komponen metal-merkuri (Me-Hg) yang memiliki sifat racun dan daya ikat kuat disamping kelarutannya yang tinggi terutama dalam tubuh hewan air. Hal tersebut mengakibatkan merkuri terakumulasi baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi yaitu melalui rantai makanan (*food chain*) dalam tubuh jaringan tubuh hewan-hewan air, sehingga kadar merkuri dapat mencapai level yang berbahaya baik bagi kehidupan hewan air maupun kesehatan manusia yang memakan hasil tangkap hewan-hewan air tersebut (Fitriyah, 2007).

Melalui jalur makanan logam merkuri masuk melalui dua cara yaitu lewat air (minuman) dan tanaman (bahan makanan). Jumlah merkuri yang masuk lewat minuman bisa menjadi sangat tinggi. Jumlah tersebut berlipat kali dibandingkan jumlah merkuri yang masuk melalui tanaman. Hal ini dapat terjadi disebabkan logam merkuri dalam air bisa jadi telah mengalami pelipatgandaan dari jumlah

awal yang masuk. Pelipatgandaan merkuri dalam air berawal dari proses bakterial terhadap ion logam atau merkuri yang terdapat dalam atau pengendapan pada lumpur di dasar perairan. Proses bakterial ini bisa terjadi di semua badan perairan (sungai ataupun danau) yang telah kemasukan senyawa merkuri (Palar, 1994).

Food and Drug Administration menetapkan kandungan merkuri maksimum adalah 0,005 ppm untuk air dan 0,5 ppm untuk makanan, sedangkan WHO (*World Health Organization*) menetapkan batasan maksimum yang lebih rendah yaitu 0,0001 ppm untuk air (Fardiaz, 1992). Sedangkan menurut Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan (POM) No. 03725/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam makanan untuk Hg adalah 0,5 ppm (Harizal, 2006).

Keracunan yang disebabkan oleh merkuri ini, umumnya berawal dari kebiasaan memakan makanan dari laut terutama sekali ikan, udang, dan tiram yang telah terkontaminasi oleh merkuri. Awal peristiwa kontaminasi merkuri terhadap biota laut adalah masuknya buangan industri yang mengandung merkuri ke dalam badan perairan teluk (lautan). Selanjutnya dengan adanya proses biomagnifikasi yang bekerja di lautan, konsentrasi merkuri yang masuk akan terus ditingkatkan disamping penambahan yang terus menerus dari buangan pabrik. Merkuri yang masuk tersebut kemudian berasosiasi dengan sistem rantai makanan, sehingga masuk ke dalam tubuh biota perairan dan ikut termakan oleh manusia bersama makanan yang diambil dari perairan yang tercemar oleh merkuri (Palar, 1994).

1. Timbal (Pb)

Timbal atau *plumbum* disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom 82 dengan bobot atau berat atom 207,2 g/mol. Titik didih timbal adalah 1740 °C. Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah timbal yang terdapat diseluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002% dari seluruh jumlah kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi (Palar, 1994).

Menurut Kristanto (2002), Fardiaz (1992) logam timbal banyak digunakan untuk keperluan manusia karena sifat-sifatnya sebagai berikut:

1. Timbal mempunyai titik cair rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana dan tidak mahal.
2. Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi beberapa bentuk.
3. Sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab.
4. Timbal dapat membentuk *alloy* dengan logam lainnya, dan *alloy* yang terbentuk mempunyai sifat berbeda dengan timbal yang murni.
5. Densitas timbal lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya kecuali emas dan merkuri.

Timbal merupakan logam berat yang sangat beracun, dapat dideteksi secara praktis pada seluruh benda mati dilingkungan dan seluruh sistem biologi. Sumber utama timbal berasal dari gugus alkil timbal yang digunakan sebagai bahan aditif bensin. Komponen ini beracun terhadap seluruh aspek kehidupan.

Timbal menunjukkan beracun terhadap seluruh aspek kehidupan. Timbal menunjukkan beracun pada sistem syaraf, hemetologik, dan mempengaruhi kerja ginjal. Konsumsi mingguan elemen ini direkomendasikan oleh WHO toleransinya bagi orang dewasa adalah 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan dan untuk bayi atau anak-anak 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan. Mobilitas timbal di tanah dan tumbuhan cenderung lambat dengan kadar normalnya pada tumbuhan berkisar 0,5 – 3 ppm (Suhendrayatna, 2003).

2.3 Biomonitoring

Biomonitoring merupakan suatu metode untuk mengukur jumlah bahan kimia beracun yang terdapat pada jaringan manusia. Biomonitoring sangat diperlukan dalam mempelajari lingkungan yang tercemar oleh bahan kimia yang berpotensi membahayakan. Dari data yang dihasilkan oleh biomonitoring dapat digunakan untuk menanggulangi pencemaran bahan kimia dan juga dapat mengatasi kesehatan organisme yang telah terkena dampaknya. Meskipun ilmu pengetahuan tentang biomonitoring telah banyak yang dilakukan, namun masih perlu untuk dikembangkan lagi. Selain hal tersebut, data dari biomonitoring juga menimbulkan masalah yang cukup sulit. Untuk itu Dewan Riset Nasional diminta oleh kongres untuk mengatasi masalah tersebut. Hal ini dapat diatasi dengan adanya kerangka penyelesaian untuk meningkatkan penggunaan data biomonitoring termasuk mengembangkan dan menggunakan biomarker, penelitian untuk meningkatkan interpretasi data, cara untuk berkomunikasi terhadap publik, dan peninjauan kembali dari masalah tersebut (*National Research Council*, 2006).

Monitoring biologi atau biasa disebut biomonitoring merupakan penggunaan respon biologis untuk menilai perubahan suatu lingkungan, umumnya perubahan yang terjadi akibat antropogenik. Biomonitoring memiliki tiga sifat yaitu kualitatif, semi-kuantitatif, dan kuantitatif. Biomonitoring adalah suatu alat penilaian yang sangat penting yang menerima peningkatan penggunaan dalam program pemantauan kualitas air dari semua jenisnya (NCSU *Water Quality Group*, 1976).

Biomonitoring melibatkan penggunaan indikator, baik indikator dari spesies maupun populasi. Pada makro invertebrata umumnya menggunakan ikan maupun ganggang (NCSU *Water Quality Group*, 1976). Ada atau tidaknya indikator mencerminkan kondisi lingkungan. Tidak adanya indikator akan terlihat karena adanya beberapa faktor, seperti adanya polusi. Biomonitoring adalah satu-satunya metode langsung untuk menentukan apakah masyarakat atau populasi terkena bahan kimia tertentu, dan seberapa besar cemaran yang telah mengkontaminasi. Pembelajaran biomonitoring perlu adanya pengulangan agar dapat mengetahui bagaimana distribusinya dari waktu ke waktu (Anonim, 2012).

2.4 Teripang

Teripang merupakan hewan invertebrata timun laut (*Holothuroidea*) yang dapat dimakan. Teripang adalah hewan yang bergerak lambat, hidup pada dasar substrat pasir, lumpur pasiran maupun dalam lingkungan terumbu. Teripang merupakan komponen penting dalam rantai makanan di terumbu karang dan ekosistem asosiasinya pada berbagai tingkat struktur (Nontji, 1993).

Teripang telah dikenal dan dimanfaatkan sejak lama oleh bangsa Cina. Sejak dinasti Ming, teripang telah dijadikan hidangan istimewa pada perayaan, pesta, dan hari-hari besar serta disebut-sebut pula mempunyai khasiat pengobatan untuk beberapa penyakit. Di negara tersebut, dilaporkan bahwa secara medis tubuh dan kulit teripang jenis *Stichopus Japonicus* berkhasiat menyembuhkan penyakit ginjal, paru-paru basah, anemia, anti-inflamasi, dan mencegah arteriosklerosis serta penuaan jaringan tubuh. Di samping itu, ekstrak murni dari teripang mempunyai kecenderungan menghasilkan holotoksin yang efeknya sama dengan antimisin dengan kadar 6,25 – 25 mikrogram/mililiter. Di Indonesia sendiri, teripang telah dimanfaatkan cukup lama terutama oleh masyarakat di sekitar pantai sebagai bahan makanan. Untuk konsumsi pasaran internasional, biasanya teripang diperdagangkan dalam bentuk daging dan kulit kering (Awaluddin, 2011).

Kehidupan teripang di alam mulai dari larva sampai teripang dewasa melalui fase planktonis dan bentik. Pada fase larva yakni pada stadium auricularia hingga doliolaria hidup sebagai planktonis, kemudian pada stadium pentakula hidup sebagai bentik, sampai menjadi teripang dewasa. Teripang dewasa merupakan hewan penghuni dasar perairan yang pergerakannya sangat lambat di atas algae, di sela-sela karang, di tempat pasir, pasir berlumpur, agak terbenam atau bersembunyi sama sekali (Bakus, 1973). Sehubungan dengan sifat gerak ini, maka biasanya teripang berada di tempat-tempat yang airnya tenang (Sibuet, 1985).

Teripang dapat ditemukan hampir di seluruh perairan pantai, mulai daerah pasang surut yang dangkal sampai perairan yang lebih dalam. Pada umumnya,

masing-masing jenis memiliki habitat yang spesifik. Makanan utama teripang adalah organisme-organisme kecil, detritus (sisa-sisa pembusukan bahan organik), diatomae, protozoa, nematode, alga filamen, kopepoda, astrakoda, dan rumput laut. Jenis makanan lainnya adalah radiolarian, foraminifera, partikel-partikel pasir ataupun hancuran-hancuran karang, dan cangkang-cangkang hewan lainnya (Awaluddin, 2011).

Berdasarkan Winarni (2009), spesies teripang yang tersebar di perairan Timur Surabaya ada tujuh spesies, yaitu: *Phyllophorus sp.*, *Paracaudina australis*, *Colochirus quadrangularis*, *Holothuria sanctori*, *Holothuria sp.*, *Holothuria forskali*, *Holothuria turriscelsa*, dan diketahui yang paling dominan menurut kelimpahan dan distribusinya berturut-turut adalah *Paracaudina australis*, *Phyllophorus sp.* dan *Colochirus quadrangularis*.

Teripang *Phyllophorus sp.* atau yang lebih dikenal dengan sebutan Terung merupakan spesies yang dapat ditemukan di Pantai Timur Surabaya dan memiliki tingkat distribusi tinggi (1,9062) dengan kelimpahan relatif 44,44%. Selama ini Terung hanya dimanfaatkan untuk dibuat makanan ringan berupa kripik Terung, meskipun ada informasi dari beberapa pengepul yang mengatakan bahwa Terung kering merupakan salah satu jenis teripang yang diekspor ke Taiwan dan Hongkong. Dari pengamatan di lapangan, diketahui bahwa pengambilan Terung oleh nelayan dilakukan seiring dengan penangkapan ikan dan bahwa pengambilan tidak lagi dilakukan di pinggir pantai, melainkan lebih ke tengah, ke arah laut lepas (Winarni, 2012).



Gambar 2.1 Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) (Anonim, 2014)

<i>Kingdom</i>	: <i>Animalia</i>
<i>Phylum/Division</i>	: <i>Echinodermata</i>
<i>Class</i>	: <i>Holothuroidea</i>
<i>Order</i>	: <i>Dendrochirotida</i>
<i>Family</i>	: <i>Phyllophoridae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Phyllophorus</i>
<i>Common Names</i>	: <i>Ball Sea Cucumber</i>

2.5 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektroskopi ialah Spektroskopi Serapan Atom (SSA), merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Ansori, 2005).

Peristiwa serapan atom pertama kali diamati oleh Fraunhofer, ketika menelaah garis-garis hitam pada spektrum matahari. Sedangkan yang memanfaatkan prinsip serapan atom pada bidang analisis adalah seorang Australia bernama Alan Walsh tahun 1995. Sebelumnya ahli kimia banyak tergantung pada cara-cara spektrometrik metode analisis spektrografik. Beberapa cara ini sangat sulit dan memakan waktu, kemudian segera digantikan dengan Spektroskopi

Serapan Atom (SSA)/ *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Prinsip dasar Spektroskopi Serapan Atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel (Khopkar, 1990).

Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Pada metode konvensional, emisi tergantung pada sumber eksitasi. Bila eksitasi dilakukan secara termal, maka ia bergantung pada temperatur sumber. Selain itu eksitasi termal tidak selalu spesifik, dan eksitasi secara serentak pada berbagai spesies dalam suatu campuran dapat saja terjadi. Sedangkan dengan nyala, eksitasi unsur-unsur dengan tingkat eksitasi yang rendah dapat dimungkinkan. Tentu saja perbandingan banyaknya atom yang tereksitasi terhadap atom yang berada pada tingkat dasar harus cukup besar, karena metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan ini dan tidak bergantung pada temperatur. Logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisis dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar (Puspita, 2007).

2.5.1 Persiapan Sampel dengan Destruksi Basah

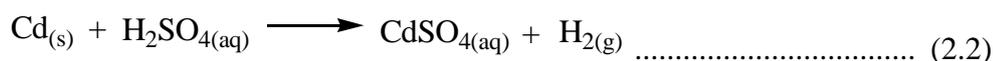
Penentuan kandungan mineral dalam bahan makanan dapat dilakukan dengan metode pengabuan (destruksi), salah satunya yaitu pengabuan basah. Pemilihan cara tersebut tergantung pada sifat zat organik dan anorganik yang ada dalam bahan mineral yang akan dianalisis. Metode pengabuan basah untuk penentuan unsur-unsur mineral di dalam bahan makanan merupakan metode yang paling baik. Prinsip pengabuan basah adalah penggunaan HNO_3 p.a untuk

mendestruksi zat organik pada suhu rendah agar kehilangan mineral akibat penguapan dapat dihindari. Pada tahap selanjutnya proses berlangsung sangat cepat akibat pengaruh H_2SO_4 p.a atau H_2O_2 p.a. Keuntungan pengabuan basah adalah suhu yang digunakan tidak dapat melebihi titik didih larutan dan pada umumnya karbon lebih cepat hancur. Adapun pengabuan basah yang dapat dilakukan ada 3 cara, antara lain (Mucthadi, 2009):

1. Pengabuan basah menggunakan HNO_3 p.a dan H_2SO_4 p.a
2. Pengabuan basah menggunakan HNO_3 p.a, H_2SO_4 p.a dan HClO_4 p.a
3. Pengabuan basah menggunakan HNO_3 p.a, H_2SO_4 p.a dan H_2O_2 p.a

Metode destruksi basah lebih baik daripada cara kering karena tidak banyak bahan yang hilang dengan suhu pengabuan yang sangat tinggi. Hal ini merupakan salah satu faktor mengapa cara basah lebih sering digunakan oleh para peneliti. Di samping itu, destruksi dengan cara basah biasanya dilakukan untuk memperbaiki cara kering yang biasanya memerlukan waktu yang lama. Sifat dan karakteristik asam pendestruksi yang sering digunakan adalah (Sumardi, 1981 dalam Mitha, 2013):

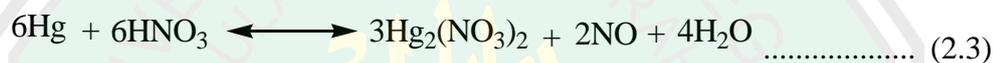
1. Asam sulfat (H_2SO_4) pekat sering ditambahkan ke dalam sampel untuk mempercepat terjadinya oksidasi. Asam sulfat pekat merupakan bahan pengoksidasi yang kuat. Meskipun demikian waktu yang diperlukan untuk mendestruksi masih cukup lama. Adapun reaksi asam sulfat dengan logam kadmium adalah sebagai berikut:



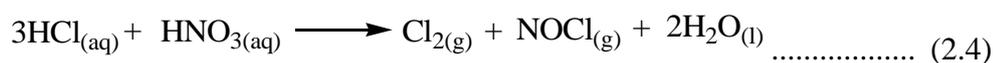
2. Campuran asam sulfat (H_2SO_4) pekat dan kalium sulfat (K_2SO_4) pekat dapat dipergunakan untuk mempercepat dekomposisi sampel. Kalium sulfat akan

menaikkan titik didih asam sulfat pekat sehingga dapat mempertinggi suhu destruksi sehingga proses destruksi lebih cepat.

3. Campuran asam sulfat (H_2SO_4) pekat dan asam nitrat (HNO_3) pekat banyak digunakan untuk mempercepat proses destruksi. Kedua asam ini merupakan oksidator yang kuat. Dengan penambahan oksidator ini akan menurunkan suhu destruksi sampel yaitu pada suhu 350°C , dengan demikian komponen yang dapat menguap atau terdekomposisi pada suhu tinggi dapat dipertahankan dalam abu yang berarti penentuan kadar abu lebih baik. Adapun contohnya yaitu reaksi asam nitrat dengan logam merkuri yaitu:



4. Asam perklorat (HClO_4) pekat dapat digunakan untuk bahan yang sulit mengalami oksidasi, karena perklorat pekat merupakan oksidator yang sangat kuat. Kelemahan dari perklorat pekat adalah mudah meledak (*explosive*) sehingga cukup berbahaya, dalam penggunaan harus sangat hati-hati.
5. Aqua regia yaitu campuran asam klorida (HCl) pekat dan asam nitrat (HNO_3) pekat dengan perbandingan volume 3:1 mampu melarutkan logam-logam mulia seperti emas dan platina yang tidak larut dalam asam klorida pekat dan asam nitrat pekat. Reaksi yang terjadi jika 3 volume asam klorida pekat dicampur dengan 1 volume asam nitrat pekat adalah:



Gas klor (Cl_2) dan gas nitrosil klorida (NOCl) inilah yang mengubah logam menjadi senyawa logam klorida dan selanjutnya diubah menjadi kompleks anion yang stabil yang selanjutnya bereaksi lebih lanjut dengan Cl^- .

Penelitian Ratmini (2009) untuk analisis logam merkuri (Hg) menggunakan sampel ikan sapu-sapu. Analisis logam ini menggunakan metode destruksi basah dengan instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Larutan pendestruksi yang digunakan adalah HNO₃ p.a, H₂SO₄ p.a dan H₂O₂ p.a. Proses destruksinya yaitu dengan cara sampel dan campuran larutan HNO₃ p.a dan H₂SO₄ p.a dimasukkan ke dalam wadah tertutup. Kemudian dipanaskan pada suhu rendah atau sekitar 80 °C sampai uap coklatnya menghilang. Setelah itu ditambahkan larutan H₂O₂ p.a tetes per tetes sampai larutan bening. Kemudian diuji kadarnya dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasilnya yaitu kadar logam Hg pada ikan sapu-sapu > 0,0005 ppm. Perbandingan larutan pendestruksi HNO₃ p.a, H₂SO₄ p.a dan H₂O₂ p.a yang baik adalah 6:2:1 (Dewi, 2012).

Penelitian Arifin (2011) untuk analisis logam timbal (Pb) menggunakan sampel biota laut yang berada di Teluk Kelabat. Analisis logam ini menggunakan metode destruksi basah dengan instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Larutan pendestruksi yang digunakan adalah HNO₃ p.a dan H₂O₂ p.a. Proses destruksinya yaitu dengan cara sampel dan campuran larutan HNO₃ p.a dimasukkan ke dalam *beakerglass*. Kemudian dipanaskan pada suhu rendah atau sekitar 85 °C selama 8 jam. Satu jam sebelum proses dihentikan, larutan sampel ditambahkan H₂O₂ p.a tetes per tetes sampai larutan bening. Setelah itu larutan sampel diencerkan dengan menggunakan labu takar 50 mL. Kemudian diuji kadarnya dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil rata-rata kadar logam Pb pada biota laut yaitu sebesar 5,55 ppm. Perbandingan

larutan pendestruksi HNO_3 p.a dan H_2O_2 p.a yang baik adalah 6:2 (Wulandari dan Sukesi, 2013).

2.5.2 Prinsip Kerja Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Prinsip dasar Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. SSA merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorbansi dari uap atom. Komponen kunci pada metode SSA adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel (Khopkar, 1990).

Cara kerja SSA ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono, 1995).

Bila atom dari suatu unsur pada keadaan dasar (*ground state*) dikenai radiasi akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi lebih tinggi disebut keadaan tereksitasi (*excited state*). Perbedaan energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi sama dengan besarnya energi yang diserap (Hayati dan Dewi, 2009).

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan

banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari (Day dan Underwood, 2002):

1. Hukum Lambert: Bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
2. Hukum Beer: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Adapun dari kedua hukum tersebut diperoleh persamaan (Day dan Underwood, 2002):

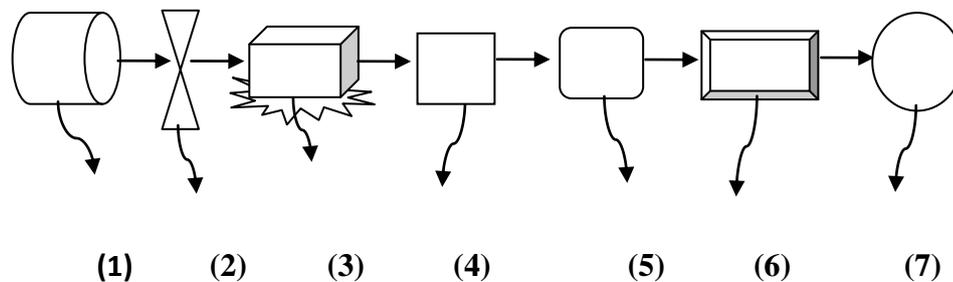
$$A = \epsilon \cdot b \cdot C \text{ atau } A = a \cdot b \cdot C \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

A	=	Absorbansi
ϵ	=	Absorptivitas molar (mol/L)
a	=	Absorptivitas (gr/L)
b	=	Tebal nyala (nm)
C	=	Konsentrasi (ppm)

2.5.3 Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) terdiri dari rangkaian dalam diagram skematik berikut (Syahputra, 2014):



Gambar 2.2 Diagram Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Keterangan komponen-komponen Spektroskopi Serapan Atom (SSA) yaitu (Syahputra, 2014):

1. Sumber Sinar

Sumber radiasi Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah *Hollow Cathode Lamp*. Setiap pengukuran dengan SSA harus menggunakan *Hollow Cathode Lamp* khusus, misalnya untuk menentukan konsentrasi merkuri dari suatu cuplikan, maka harus digunakan *Hollow Cathode Lamp* merkuri. *Hollow Cathode Lamp* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom.

Suatu sumber cahaya dalam Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dipilih karena garis pancaran unsur katoda lebih sempit daripada garis absorpsi atom padanannya dalam nyala dan tanur. Lampu katoda yang digunakan mempunyai katoda pemancar yang terbuat dari unsur yang sama. Katoda itu berbentuk silinder dan elektroda ditaruh dalam selubung kaca borosilikat ataupun kuarsa yang berisi gas lamban (neon dan argon) pada tekanan kira-kira 5 torr (Khopkar, 1990).

2. Pemilah (*Chopper*)

3. Nyala

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrument sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisisnya yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode-metode emisi, absorpsi, dan juga fluoresensi.

Nyala yang digunakan pada SSA harus mampu memberikan suhu > 2000 mK. Untuk mencapai suhu yang setinggi ini biasanya digunakan gas pembakar dalam suatu gas pengoksidasi seperti udara dan nitrogen oksida (N₂O). Suhu maksimum yang dihasilkan pada pembakaran berbagai campuran gas pembakaran dengan gas pengoksidasi adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Jenis-jenis gas pembakaran pada SSA

Gas Pembakar	Gas Oksidan	Temperatur
Asetilena	Udara	2400-2700
Asetilena	Dinitrogen oksida	2900-3100
Asetilena	Oksigen	3300-3400
Hidrogen	Udara	2300-2400
Hidrogen	Oksigen	2800-3000
Sianoen	Oksigen	4800

4. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memencilkan garis resonansi dari semua garis yang tak diserap yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Dalam kebanyakan instrumen komersial digunakan kisi difraksi karena sebarab yang dilakukan oleh kisi lebih seragam daripada yang dilakukan prisma dan akibatnya instrumen kisi dapat memelihara daya pisah yang lebih tinggi sepanjang jangka panjang gelombang yang lebih lebar (Basset, 1994).

Tabel 2.3 Panjang gelombang optimum untuk timbal (Pb)

Panjang gelombang (nm)	Lebar celah (nm)	Range kerja optimum (µg/mL)
217	1,0	0,1 – 30
283,3	0,5	0,5 – 50
261,4	0,5	5 – 800
202,2	0,5	7 – 1000
205,3	0,5	50 – 8000

5. Detektor

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan satu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

6. Amplifier

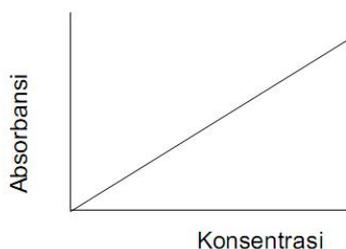
Amplifier berfungsi untuk memperkuat sinyal yang diterima dari detektor sebelum ke perekam (*recorder*).

7. Perekam (*recorder*)

Perekam (*recorder*) berfungsi untuk mengubah sinyal yang diterima menjadi bentuk digital, yaitu dengan satuan absorbansi. Isyarat dari detektor dalam bentuk tenaga listrik akan diubah oleh *recorder* dalam bentuk nilai bacaan serapan atom.

2.5.4 Teknik Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Metode yang biasa digunakan dalam analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah metode kurva standar (Rohman, 2007). Dalam metode kurva standar ini, dibuat seri larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur dengan SSA. Selanjutnya dibuat grafik antara konsentrasi (C) dengan Absorbansi (A) yang akan merupakan garis lurus melewati titik nol dengan $slope = \epsilon \cdot B$ atau $slope = a \cdot b$, konsentrasi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva standar atau dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier pada kurva standar yang ditunjukkan pada gambar 2.3:



Gambar 2.3 Kurva Standar

2.5.5 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah:

1. Linearitas

Linearitas adalah kemampuan metode analisis memberikan respon proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Linearitas biasanya dinyatakan dalam istilah variansi arah garis regresi yang dihitung berdasarkan persamaan matematik data yang diperoleh dari hasil uji analit dalam sampel dengan berbagai konsentrasi analit. Perlakuan matematik dalam pengujian linearitas adalah melalui persamaan garis lurus dengan metode kuadrat terkecil antara hasil analisis terhadap konsentrasi analit, data yang diperoleh diolah melalui transformasi matematik dulu sebelum dibuat analisis regresinya. Sebagai parameter adanya hubungan linier digunakan koefisien kolerasi r pada analisis regresi linier $y = bx + a$ dimana $b = slope$ atau kemiringan kurva kalibrasi dan $a =$ intersep atau perpotongan terhadap sumbu y (Tahir, 2005).

2. Kecermatan (*accuracy*)

Kecermatan adalah ukuran yang menunjukkan derajat hasil analisis dengan kadar yang sebenarnya. Kecermatan dinyatakan sebagai persen (%)

perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan. Kecermatan dapat ditentukan melalui dua cara, yaitu metode simulasi atau metode penambahan baku (*standard addition method*). Dalam metode simulasi, sejumlah analit bahan murni ditambahkan ke dalam blanko (semua campuran reagen yang digunakan minus analit), lalu campuran tersebut dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan kadar standar yang ditambahkan (kadar yang sebenarnya). *Recovery* dapat ditentukan dengan cara membuat sampel blanko kemudian ditambah analit dengan konsentrasi tertentu kemudian dianalisis dengan metode yang akan divalidasi. Dalam metode adisi (penambahan baku), sampel dianalisis lalu sejumlah tertentu analit yang diperiksa (*pure* analit/standar) ditambahkan ke dalam sampel, dicampur dan dianalisis lagi. Selisih kedua hasil dibandingkan dengan kadar yang sebenarnya (Tahir, 2005).

3. Selektivitas (*spesifitas*)

Selektivitas atau *spesifitas* suatu metode adalah kemampuannya yang hanya mengukur tertentu saja secara cermat dan seksama dengan adanya komponen lain yang mungkin ada dalam metrik sampel. Selektivitas seringkali dapat dinyatakan sebagai derajat penyimpangan (*degree of bias*) metode yang dilakukan terhadap sampel yang mengandung bahan yang ditambahkan berupa cecaran hasil analisis sampel yang tidak mengandung bahan lain yang ditambahkan (Harmita, 2004).

4. Batas Deteksi (*Limit of Detection*) dan Batas Kuantitasi (*Limit of Quantification*)

Batas deteksi atau *limit of detection* adalah jumlah analit sampel yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko. Batas deteksi

merupakan parameter. Batas kuantitasi atau *limit of quatification* merupakan parameter pada analisis renik dan diartikan sebagai kuantitas terkecil analit.

2.6 Kajian tentang Pencemaran Lingkungan dalam Perspektif Islam

Pendidikan yang baru dan termasuk paling penting pada massa sekarang ialah pendidikan lingkungan. Pendidikan tersebut berkaitan dengan pengetahuan lingkungan di sekitar manusia dan menjaga berbagai unsurnya yang dapat mendatangkan ancaman kehancuran, pencemaran, atau perusakan (Al Qardhawy, 1998). Seperti firman Allah Swt surah ar Rahman ayat 33:

يَمْعَشَرَ الْجِنِّ وَالْإِنْسِ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ
وَالْأَرْضِ فَأَنْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ ﴿٣٣﴾

Artinya: “Wahai golongan jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka tembuslah! Kamu tidak akan mampu menembusnya kecuali dengan kekuatan (dari Allah Swt)”, (Qs. ar Rahman: 33).

Isi kandungan ayat ini menjelaskan tentang pentingnya ilmu pengetahuan bagi manusia. Manusia dapat mengetahui benda-benda langit, dapat menjelajahi angkasa raya, dan mampu menembus sekat-sekat yang selama ini belum terkuak dengan ilmu pengetahuan. Manusia diberi potensi oleh Allah Swt berupa akal. Akal ini harus terus diasah, diberdayakan dengan cara belajar dan berkarya. Akal tersebut juga harus digunakan untuk menjaga dan melestarikan lingkungan (Fahmi, 2013).

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan harapan. Sesungguhnya Allah amat dekat kepada orang yang berbuat baik”, (Qs. al A’raf: 56).

Firman ini menjelaskan tentang tujuan yang akan dicapai apabila manusia tidak membuat kerusakan di bumi. Upaya memelihara dan memakmurkan daya dukung lingkungan yang dapat menopang secara berkelanjutan pertumbuhan dan perkembangan yang diusahakan dalam pembangunan. Walaupun lingkungan berubah, usahakan agar tetap pada kondisi yang mampu menopang secara terus menerus pertumbuhan dan perkembangan, sehingga kelangsungan hidup sampai anak cucu dapat terjamin dengan pembangunan lingkungan berkelanjutan (Ibaadurrahman, 2006).

Berkaitan dengan pemeliharaan lingkungan, Rasulullah Saw mengajarkan kepada umatnya tentang beberapa hal, diantaranya agar melakukan penghijauan, melestarikan kekayaan hewani dan nabati, dan lain sebagainya. Seperti pada hadits berikut (Ibaadurrahman, 2006):

“Barangsiapa yang memotong pohon Sidrah maka Allah akan meluruskan kepalanya tepat ke dalam neraka”, (HR. Abu Daud dalam Sunannya).

Kerusakan dalam bidang material dan sumberdaya alam tertera dalam surah al Qashash ayat 77:

وَأَتَّبِعْ فِي مِمَّا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ ۗ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا ۗ وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ ۗ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ ۗ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

Artinya: “Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”, (Qs. al Qashash: 77).

Pada ayat ini Allah Swt menerangkan empat macam nasihat dan petunjuk yang ditujukan kepada Qarun oleh kaumnya, namun begitu nasihat dan petunjuk tersebut harus diamalkan pula oleh kita sebagai pengikut Rasulullah Saw, karena al-quran adalah petunjuk yang sempurna untuk umat Beliau. Barangsiapa mengamalkan nasihat dan petunjuk itu akan memperoleh kesejahteraan di dunia dan di akhirat kelak. Nasihat itu antara lain (Dhani, 2014):

1. Orang yang dianugerahi oleh Allah kekayaan yang berlimpah-limpah, perbendaharaan harta yang bertumpuk-tumpuk serta nikmat yang banyak, hendaklah orang tersebut memanfaatkan di jalan Allah Swt, patuh dan taat pada perintah-Nya, mendekatkan diri kepada-Nya untuk memperoleh pahala sebanyak-banyaknya di dunia dan di akhirat.
2. Janganlah seseorang itu meninggalkan sama sekali kesenangan dunia baik berupa makanan, minuman dan pakaian serta kesenang-senangan yang lain sepanjang tidak bertentangan dengan ajaran yang telah digariskan oleh Allah Swt, karena baik untuk Tuhan, untuk diri sendiri maupun keluarga, semuanya mempunyai hak atau seseorang yang harus dilaksanakan.

3. Seseorang harus berbuat baik sebagaimana Allah Swt berbuat baik kepadanya, membantu orang-orang yang berkeperluan, membangun masjid, madrasah, pembinaan rumah yaitm piatu, panti asuhan dengan harta yang dianugerahkan Allah Swt kepadanya dan dengan kewibawaan yang ada padanya, memberikan senyuman yang ramah tamah di dalam perjumpaannya dan lain sebagainya.
4. Janganlah seseorang itu berbuat kerusakan di atas bumi, berbuat jahat kepada sesama makhluk Allah Swt, karena Allah Swt tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan. Allah Swt tidak akan menghormati mereka, bahkan Allah Swt tidak akan memberikan ridha dan rahmat-Nya.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Februari – Mei 2015 di Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Obyek Penelitian

Obyek penelitian yang digunakan adalah populasi terbesar dari spesies teripang yaitu teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) yang ada di Pantai Kenjeran Surabaya.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau, oven, mortal, neraca analitik, gelas arloji, spatula, pengaduk gelas, labu takar 100 mL, labu takar 50 mL, pipet volume 5 mL, pipet volume 10 mL, pipet ukur 25 mL, corong gelas, gelas ukur 25 mL, gelas ukur 50 mL, botol semprot, bola hisap, pipet tetes, labu alas bulat 250 mL, *hotplate*, *beakerglass* 100 mL, *beakerglass* 250 mL, lemari asam dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah teripang Terung (*Phyllophorus sp.*), larutan HNO₃ pekat, larutan H₂SO₄ pekat, larutan H₂O₂ 30%, larutan standar merkuri (Hg), larutan standar timbal (Pb), aquades dan aquabides.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Preparasi sampel
2. Penentuan kadar merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dalam sampel dengan menggunakan destruksi basah secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)
3. Analisis data

3.5 Metode Penelitian

3.5.1 Preparasi Sampel

Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) diambil dari 3 ukuran yang berbeda yaitu: ukuran kecil (< 4 cm), ukuran sedang (4 – 6 cm), dan ukuran besar (> 6 cm) dari semua pengumpul yang berada di Pantai Kenjeran Surabaya, antara lain:

1. Pengumpul pertama mengambil teripang sekitar 50 km setelah lepas pantai Kenjeran.
2. Pengumpul kedua mengambil teripang sekitar perbatasan perairan Kenjeran dan perairan Gresik.
3. Pengumpul ketiga mengambil teripang sekitar perbatasan perairan Kenjeran dan perairan Madura.

Masing-masing teripang Terung dibersihkan dan dipotong menjadi kecil dan tipis. Setelah itu dikeringkan dengan panas matahari. Bila belum kering, maka di oven pada suhu 100 °C sampai benar-benar kering. Kemudian sampel dihaluskan dengan menggunakan mortal hingga berbentuk serpihan kecil.

3.5.2 Penentuan Kadar Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) dalam Sampel dengan Menggunakan Destruksi Basah secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

3.5.2.1 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Pengaturan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Varian AA 240 pada logam Hg meliputi: panjang gelombang Hg: 253,7 nm; lebar celah 0,5 nm; dan kuat arus lampu katoda 4,0 μ A. Sedangkan pada logam Pb meliputi: panjang gelombang Pb: 217,0 nm; laju alir asetilen 2,0 L/menit; laju alir udara 10,0 L/menit; lebar celah 1,0 nm; kuat arus lampu katoda 10 μ A; dan tinggi *Burner* 0,0 mm. Dalam pengaturan logam Hg digunakan metode VGA atau proses atomisasi tanpa menggunakan pembakaran.

3.5.2.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi Standar Merkuri (Hg)

Larutan standar Merkuri (Hg) induk 1000 ppm disiapkan. Dibuat larutan Hg 10 ppm dengan cara memindahkan 1 mL larutan standar 1000 ppm ke dalam labu takar 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aquabides sampai tanda batas. Kemudian dikocok hingga homogen.

Dibuat larutan standar Hg 100 ppb dengan cara memindahkan 1 mL larutan standar 10 ppm (10000 ppb) ke dalam labu takar 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aquabides sampai tanda batas. Dan dikocok hingga homogen.

Dibuat larutan standar Hg dengan konsentrasi masing-masing 10 ppb; 20 ppb; 30 ppb; 40 ppb; dan 50 ppb dengan cara memindahkan masing-masing 10 mL; 20 mL; 30 mL; 40 mL; dan 50 mL larutan standar Hg 100 ppb ke dalam labu takar 100 mL. Kemudian masing-masing larutan diencerkan dengan aquabides sampai tanda batas. Selanjutnya dikocok hingga homogen.

3.5.2.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi Standar Timbal (Pb)

Larutan standar Timbal (Pb) induk 1000 ppm disiapkan. Dibuat larutan Pb 10 ppm dengan cara memindahkan 1 mL larutan standar 1000 ppm ke dalam labu takar 100 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas dengan aquabides. Dikocok hingga homogen.

Dibuat larutan standar Pb dengan konsentrasi masing-masing 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm; 4,0 ppm; dan 5,0 ppm dengan cara memindahkan masing-masing 5 mL; 10 mL; 20 mL; 40 mL; dan 50 mL larutan standar Pb 10 ppm ke dalam labu takar 100 mL. Kemudian masing-masing diencerkan sampai tanda batas dengan aquabides. Setelah itu dikocok hingga homogen.

3.5.2.4 Analisis Kadar Merkuri (Hg)

Sampel berbentuk serpihan kecil ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam labu alas bulat 250 mL. Setelah itu ditambahkan berturut-turut 30 mL HNO₃ pekat dan 10 mL H₂SO₄ pekat secara sedikit demi sedikit melalui dinding labu. Kemudian diaduk hingga larutan dan sampel tercampur merata. Setelah itu labu dihubungkan dengan pendingin atau kondensor. Kemudian dipanaskan di atas *hotplate* pada suhu rendah atau sekitar 80 °C dalam

lemari asam sampai uap coklatnya hilang, larutannya berwarna hitam dan semua sampel terdestruksi sempurna atau sekitar 3 jam. Setelah itu ditambahkan 5 mL H_2O_2 30% sedikit demi sedikit secara tetes per tetes sampai larutannya bening. Kemudian didinginkan pada suhu ruang. Setelah itu dimasukkan ke dalam botol kaca. Sehari kemudian larutan sampel disaring dengan kertas saring *whatman* no. 42. Kemudian dilakukan pengukuran kadar logam Hg pada panjang gelombang 253,7 nm dengan menggunakan SSA. Cara ini dilakukan 3 kali (triplo) pada masing-masing ukuran (Ratmini, 2009; Dewi, 2012).

3.5.2.5 Analisis Kadar Timbal (Pb)

Sampel berbentuk serpihan kecil ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam *beakerglass* 100 mL. Selanjutnya ditambahkan 30 mL HNO_3 pekat secara perlahan-lahan melalui dinding *beakerglass*. Setelah itu dipanaskan di atas *hotplate* pada suhu $85\text{ }^\circ\text{C}$ selama 8 jam dalam lemari asam secara *uncontinoue*. Selama proses pemanasan larutan diaduk terus-menerus sampai larutan dan sampel tercampur merata, sampel terdestruksi sempurna. Satu jam sebelum proses destruksi dihentikan ditambahkan 10 mL H_2O_2 30% tetes per tetes sampai larutan bening. Kemudian didinginkan pada suhu ruang. Setelah itu dimasukkan ke dalam botol kaca. Sehari kemudian larutan sampel disaring dengan kertas saring *whatman* no. 42. Kemudian dipipet 5 mL dan dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL. Setelah itu ditambahkan dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian dikocok hingga homogen. Setelah itu dilakukan pengukuran kadar logam Pb pada panjang gelombang 217,0 nm dengan menggunakan SSA. Cara ini

dilakukan 3 kali (triplo) pada masing-masing ukuran (Arifin, 2011; Wulandari dan Sukei, 2013).

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari uji Spektrofotometer Serapan Atom, kemudian di analisis dengan beberapa metode, antara lain:

1. Linearitas

Linearitas merupakan daerah (*range*) konsentrasi analit tertentu pada grafik absorbansi terhadap konsentrasi yang memberikan respon linier dimana kenaikan absorbansi berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi (Skoog, 1985). Respon linear ditunjukkan melalui persamaan garis sebagai berikut:

$$y = bx + a \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan: y = Absorbansi sampel (A)
b = *Slope* atau kemiringan kurva standar
x = Konsentrasi sampel (C)
a = Intersep atau perpotongan

2. Sensitivitas

Sensitivitas dapat dinyatakan sebagai *slope* kurva. Pada penelitian ini sensitivitas dinyatakan sebagai nilai *slope* kurva standar yang diperoleh dengan rentang tertentu. Sensitivitas suatu data menunjukkan tiap satu satuan perubahan konsentrasi akan menghasilkan perubahan absorbansi sebesar nilai *slope* tertentu (Skoog, 1985).

3. Akurasi

Akurasi merupakan kemampuan suatu metode analisis untuk memperoleh nilai yang sebenarnya (ketepatan pengukuran). Akurasi diperoleh dengan menghitung persen *recovery*. Persamaannya yaitu:

$$\% \text{ recovery} = \frac{\text{Hasil analisis} \times 100\%}{\text{Nilai Sebenarnya}} \dots\dots\dots (3.2)$$

4. Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi

Batas deteksi adalah kuantitas (konsentrasi) terkecil suatu analit yang masih dapat ditentukan atau dideteksi. Nilai $S_{y/x}$ dimasukkan dalam persamaan berikut (Miller, 1991):

$$Y_{\text{LOD}} = A + 3SD \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan: $SD = S_{y/x}$ = Standar Deviasi Kurva Standar
 A = Intersep Kurva Standar

Batas kuantisasi diperoleh dari persamaan (Miller, 1991):

$$\text{LOQ} = 10 \times \text{LOD} \dots\dots\dots (3.4)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dipaparkan hasil penelitian tentang analisis kadar logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) dari Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, antara lain: preparasi sampel dan penentuan kadar merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dalam sampel dengan menggunakan destruksi basah dengan spektroskopi serapan atom (SSA).

4.1 Preparasi Sampel

Teknik pengambilan sampel teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) merupakan suatu parameter penting dalam melakukan suatu penelitian. Yang mana pengambilan sampel ini nantinya akan mempengaruhi validitas data dan kebenaran dari hipotesis yang diambil. Dalam penelitian ini, sampel yang dipilih adalah sebagian kecil dari populasi teripang Terung yang ada di pantai Kenjeran Surabaya. Dimana teripang Terung yang diambil berasal dari 3 pengepul yang berada di pantai Kenjeran dengan pengambilan dari tempat yang berbeda. Pengepul pertama mengambil teripang sekitar 50 km setelah lepas pantai Kenjeran. Pengepul kedua mengambil teripang sekitar perbatasan perairan Kenjeran dengan perairan Gresik. Dan pengepul yang ketiga mengambil teripang sekitar perbatasan perairan Kenjeran dan perairan Madura. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan memberikan kesempatan yang sama pada setiap anggota

populasi untuk menjadi anggota sampel. Namun harus memiliki kriteria yang telah ditentukan.

Kriteria dari sampel ini ditentukan berdasarkan beberapa ukuran, antara lain: ukuran kecil, ukuran sedang dan ukuran besar. Menurut Alfian (2009), sampel kerang yang digunakan memiliki beberapa ukuran antara lain: ukuran kecil (< 4 cm), ukuran sedang (4 – 6 cm), dan ukuran besar (> 6 cm). Meskipun dalam penelitian ini menggunakan sampel teripang, tapi ukuran sampel mengikuti ukuran sampel kerang di atas. Kerang dan teripang sama-sama berasal dari *kingdom Animalia*, namun kerang berasal dari filum *Mollusca* dan teripang berasal dari filum *Echinodermata*. Kedua biota ini memiliki gaya hidup yang sama, yaitu suka menetap di tempat dangkal dan berlumpur dan cara makannya yang pada umumnya bersifat *filter feeder* yaitu menyaring mikroorganisme yang berada di lumpur. Sehingga mempunyai kemampuan mengakumulasi bahan-bahan polutan seperti logam. Sedangkan menurut Palar (1994) dalam lingkungan perairan bentuk logam antara lain ion-ion bebas, pasangan ion organik dan ion kompleks. Kelarutan logam tersebut dikontrol oleh pH, bila ada perubahan pH maka akan mengubah kestabilan logam tersebut yang membentuk ikatan dengan partikel pada air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur.

Sampel yang sudah dipisahkan berdasarkan kriteria tersebut, kemudian dipotong menjadi kecil dan tipis. Hal ini bertujuan untuk memperkecil luas permukaannya, agar mudah kering saat dikeringkan. Setelah itu dikeringkan dengan panas matahari. Kalau belum terlalu kering, maka di oven 100°C sampai benar-benar kering. Kemudian ditumbuk dengan menggunakan mortal sampai berbentuk serpihan kecil.

4.2 Penentuan Kadar Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) dalam Sampel dengan Menggunakan Destruksi Basah secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

4.2.1 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Hal pertama yang dilakukan dalam penentuan kadar logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb) adalah pengaturan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). SSA adalah suatu instrumen untuk mengukur absorbansi suatu sampel berdasarkan panjang gelombang tertentu tergantung pada sifat unsurnya. Tujuannya adalah untuk memperoleh hasil analisis yang sensitif dan valid.

Nuraini (2009) menyatakan bahwa dengan pengaturan alat SSA ini maka akan diperoleh populasi atom pada tingkat tenaga dasar yang paling banyak dalam nyala api yang dilewati oleh radiasi. Atom-atom akan menyerap energi radiasi yang khas dan kemudian berubah ke keadaan tereksitasi. Semakin banyak atom pada keadaan dasar maka radiasi yang diserap makin banyak pula. Pada kondisi yang optimum akan diperoleh serapan yang maksimum.

Kondisi optimum pada alat SSA memiliki beberapa parameter yang meliputi panjang gelombang, laju alir pembakar, laju alir oksidan, kuat arus lampu katoda cekung (*Hallow Catode Lamp*), lebar celah dan tinggi pembakar *burner* (Khopkar, 1990). Adapun parameter pada SSA untuk logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb) adalah:

Tabel 4.1 Parameter pada SSA untuk logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb)

Parameter	Kondisi Optimum	
	Logam Merkuri (Hg)	Logam Timbal (Pb)
Panjang gelombang	253,7 nm	217,0 nm
Laju Alir Udara	-	10,0 L/menit
Laju Alir Oksidan	-	2,0 L/menit
Kuat Arus Lampu Katoda	4,0 μ A	10,0 μ A
Lebar Celah	0,5 nm	1,0 nm
Tinggi Pembakar <i>Burner</i>	-	0,0 nm

Panjang gelombang yang digunakan merupakan panjang gelombang maksimum dari masing-masing logam. Pada panjang gelombang ini akan diperoleh serapan maksimum, dimana konsentrasi juga maksimum sehingga menghasilkan kepekaan dan keakuratan lebih tinggi. Daya serap yang dihasilkan pada panjang gelombang maksimum relatif lebih konstan sehingga diperoleh kurva kalibrasi yang linier. Pada panjang gelombang maksimum ini juga bentuk serapan landai sehingga kesalahan penempatan atau pembacaan panjang gelombang dapat diabaikan (Hendayana, 1994).

Pemilihan panjang gelombang timbal (Pb) mengacu pada kadar maksimum Pb pada makanan laut seperti kerang, moluska, dan teripang menurut SNI tahun 2009 sebesar 1,5 ppm. Sehingga diasumsikan kadar Pb teripang Terung yang akan diuji berkisar pada rentang kerja optimum 0,1 – 30 ppm yaitu pada panjang gelombang 217 nm. Setiap panjang gelombang memiliki energi yang spesifik. Energi tersebut dapat dicari dengan cara tetapan Planck dikali kecepatan cahaya dibagi panjang gelombang. Timbal (Pb) dengan panjang gelombang 217 nm mempunyai energi sebesar $9,1562 \cdot 10^{-8}$ Joule, dimana dengan energi tersebut akan menyebabkan atom Pb dalam keadaan dasar (Pb^0) tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi (Pb^*).

Logam merkuri menyerap cahaya pada panjang gelombang 253,7 nm. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik atom merkuri sehingga menghasilkan garis spektrum yang tajam dan dengan intensitas yang maksimum. Merkuri (Hg) dengan panjang gelombang 253,7 nm mempunyai energi sebesar $7,8317 \cdot 10^{-8}$ Joule. Apabila atom pada tingkat energi dasar diberi energi yang sesuai maka energi tersebut akan diserap dan atom-atom tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Pada keadaan tereksitasi, atom tidak stabil sehingga akan kembali ke tingkat energi dasar dengan melepas sejumlah energi dalam bentuk sinar.

Panjang gelombang Hg juga ditentukan berdasarkan rentang kerja optimum sama halnya seperti Pb. Hal ini mengacu pada kadar logam Hg kerang, moluska, dan teripang menurut SNI tahun 2009 sebesar 1,0 ppm. Sehingga diasumsikan kadar Hg teripang Terung yang akan diuji berkisar $\pm 1,0$ ppm.

Perbedaan pengaturan alat SSA untuk logam Pb dan Hg adalah pada proses atomisasinya. Proses atomisasi pada logam Pb memakai nyala atau *flame*, sedangkan pada logam Hg tanpa nyala atau VGA (*Vapor Generation Accessory*). Metode VGA bertujuan untuk menghindari hilangnya logam Hg yang memiliki sifat mudah menguap. Pada proses atomisasinya metode VGA memakai bantuan pereduksan. Atom-atom Hg yang berada dalam sampel sebagai ion positif (Hg^{2+}) direduksi menggunakan larutan reduktor SnCl_2 20% menjadi keadaan netral (Hg^0) yang berwujud gas dan akan menguap menjadi atom-atom Hg pada suhu normal. Adapun reaksinya yaitu:



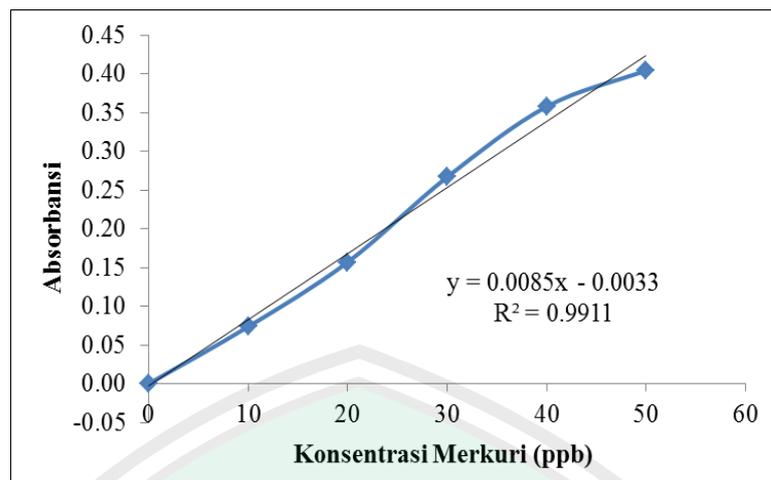
4.2.2 Kadar Logam Merkuri (Hg)

1. Kurva Kalibrasi Standar Merkuri (Hg)

Kurva kalibrasi standar merupakan bagian penting dalam melakukan pengujian kadar suatu unsur dalam analisis SSA. Kurva standar dibuat berdasarkan hukum Lambert-Beer, yaitu $A = a \cdot b \cdot C$. Dimana A adalah absorbansi, a adalah absorptivitas, b adalah tebal nyala, dan C adalah konsentrasi. Dilihat dari persamaan ini, semakin besar nilai absorbansi yang dihasilkan, maka semakin besar nilai konsentrasi yang diperoleh.

Larutan standar merkuri (Hg) dibuat dari larutan stok Hg 1000 ppm. Kemudian diencerkan menjadi 10 ppm atau 10000 ppb. Setelah itu diencerkan kembali menjadi 100 ppb. Kemudian diencerkan kembali menjadi deretan larutan standar 10 ppb, 20 ppb, 30 ppb, 40 ppb dan 50 ppb.

Pengenceran dilakukan dengan menggunakan aquabides, karena kandungan dalam aquabides bebas dari logam dan mineral sehingga tidak mudah mengkontaminasi logam yang akan diuji. Pengukuran larutan standar ini menghasilkan suatu absorbansi. Dimana absorbansi menunjukkan kemampuan sampel dalam menyerap radiasi cahaya elektromagnetik pada panjang gelombang maksimum. Kurva kalibrasi standar Hg dapat dilihat pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Grafik kurva kalibrasi standar Hg

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka nilai absorbansi semakin naik. Kurva tersebut merupakan perbandingan antara konsentrasi yang mewakili sumbu x dan absorbansi yang mewakili sumbu y. Berdasarkan dari hasil yang diperoleh kemudian dibuat persamaan garis linier $y = bx + a$. Dimana y adalah absorbansi, b adalah *slope* atau nilai kemiringan, x adalah konsentrasi dan a adalah intersep. Adapun persamaan yang dihasilkan dari kurva standar merkuri (Hg) adalah $y = 0,0085x - 0,0033$. Adapun analisis data untuk kurva standar Hg meliputi:

1) Linearitas

Linearitas merupakan keabsahan kurva kalibrasi yang dihasilkan dengan menentukan harga koefisien kolerasi (R^2). Dimana nilai R^2 menyatakan ukuran kesempurnaan antara nilai absorbansi dan nilai konsentrasi yang membentuk garis lurus. Linearitas dikatakan sempurna apabila nilai R^2 mendekati 1. Dari kurva standar Hg didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9911, dimana nilai R^2 mendekati 1. Ini artinya titik-titik pada kurva kalibrasi yang dihasilkan sampel mendekati garis

lerengnya. Oleh karena itu, kurva kalibrasi standar merkuri (Hg) layak dijadikan acuan dalam mengukur kadar logam pada sampel.

2) Sensitivitas

Sensitivitas kurva standar Hg dapat dinyatakan dengan nilai *slope*. *Slope* merupakan nilai kemiringan dari grafik antara absorbansi terhadap konsentrasi. Pada kurva standar Hg didapatkan nilai *slope* sebesar 0,0085. Nilai ini artinya menunjukkan tiap satu satuan perubahan konsentrasi akan menghasilkan perubahan absorbansi sebesar 0,0085.

3) Akurasi

Akurasi atau biasa disebut *recovery* merupakan kemampuan suatu metode analisis untuk memperoleh nilai sebenarnya (ketepatan pengukuran). Dimana terdapat perbandingan nilai konsentrasi sebenarnya dan nilai konsentrasi hasil perhitungan yang terdapat pada kurva standar Hg.

Nilai akurasi standar Hg dinyatakan dalam % *recovery* adalah 90,5% untuk 10 ppb; 94,3% untuk 20 ppb; 106% untuk 30 ppb; 106,2% untuk 40 ppb; dan 96% untuk 50 ppb. Persyaratan nilai akurasi yang baik dan sensitif adalah nilai % *recovery* berada pada rentang 98 – 102 % (Priyambodo, 2011), sehingga nilai akurasi kurva standar Hg, semua data tidak memenuhi syarat pada rentang tersebut. Namun menurut Harmita (2006) untuk sampel biologis dan nabati memiliki rentang 80 – 120 %, sehingga nilai akurasi semua data pada kurva standar Hg masih memenuhi rentang tersebut karena memakai sampel biologis berupa teripang. Hal ini berarti kurva standar Hg yang telah dibuat masih bisa dijadikan acuan untuk penentuan kadar logam Hg pada sampel teripang.

4) Batas Deteksi (LOD/ *Limit of Detection*) dan Batas Kuantitasi (LOQ/ *Limit of Quantification*)

Limit deteksi (LOD) yang diperoleh dari kurva standar Hg sebesar 5,97 ppb atau 0,00597 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa batas konsentrasi terkecil yang dapat dideteksi oleh SSA adalah sebesar 0,00597 ppm. Apabila kadar Hg yang terukur dalam sampel menunjukkan nilai yang lebih besar dari 0,00597 ppm, maka dapat dipercaya bahwa sinyal tersebut berasal dari sinyal Hg. Akan tetapi bila konsentrasi merkuri yang didapatkan dibawah 0,00597 ppm, maka sinyal yang diperoleh bukanlah dari sinyal Hg, melainkan sinyal yang berasal dari pengganggu.

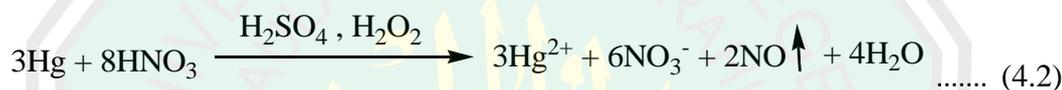
Limit kuantitas (LOQ) yang didapatkan sebesar 1,99 ppb atau 0,00199 ppm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa batas rentang kerja yang harus tercapai meskipun rentang yang ditetapkan dalam pembuatan standar minimal adalah pada titik 10 ppb, akan tetapi apabila pengukuran mencapai tidak kurang dari nilai LOQ yaitu 0,00199 ppm, maka hasil tersebut dapat dikatakan akurat.

2. Hasil Kadar Logam Merkuri (Hg)

Penentuan kadar logam merkuri (Hg) dilakukan dengan metode destruksi basah. Destruksi basah merupakan proses perombakan logam organik dengan menggunakan asam kuat. Senyawa tersebut dirombak atau dipecah menjadi unsur-unsurnya yaitu dari bentuk organik logam menjadi bentuk logam anorganik dengan bantuan zat oksidator sehingga sampel dapat dianalisis.

Metode destruksi basah biasanya menggunakan asam-asam kuat untuk proses oksidasinya. Larutan asam kuat yang digunakan dalam menentukan logam Hg pada teripang Terung memakai campuran larutan asam kuat seperti: HNO_3

p.a, H₂SO₄ p.a dan H₂O₂ p.a dengan perbandingan 6:2:1 (Ratmini, 2009 dan Dewi, 2012). Larutan HNO₃ p.a berfungsi untuk mendestruksi atau menjadi agen pengoksidasi utama pada suhu rendah sehingga sampel akan mudah larut. Sedangkan larutan H₂SO₄ p.a dan H₂O₂ p.a berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi terputusnya merkuri (Hg) dan senyawa organik yang berada didalam sampel teripang Terung. Katalis ini ikut bereaksi namun terbentuk kembali pada akhir reaksi. Katalis berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi dengan mempercepat laju reaksinya. Adapun reaksi yang terjadi pada larutan sampel ketika penambahan HNO₃, H₂SO₄ dan H₂O₂ adalah sebagai berikut:



Dilihat dari reaksi di atas pada saat penambahan HNO₃ akan menghasilkan Hg²⁺, NO₃⁻, NO, dan H₂O. Hasil Hg²⁺ disini berupa aqua. Hasil NO₃⁻ berupa padatan hitam kecil-kecil pada saat proses destruksi. Hasil NO berupa gas berwarna merah kecoklatan yang dapat meningkatkan tekanan pada proses destruksi. Hal ini dikarenakan sifat dari asam nitrat yang memiliki kekuatan untuk melepas ion hidrogen yang dimilikinya. Dan hasil H₂O berupa cairan yang bercampur di dalam larutan. Larutan H₂SO₄ dan H₂O₂ bertindak sebagai katalis dan akan terbentuk kembali di akhir reaksi tanpa menghasilkan produk.

Tahapan dalam proses destruksi yaitu ditimbang sampel teripang Terung berbentuk serpihan kecil sebanyak 5 gram. Bentuk serpihan kecil membantu untuk mempercepat proses pelarutannya karena memiliki luas permukaan yang banyak. Kemudian dimasukkan ke dalam labu alas bulat 250 mL. Hal ini dikarena nantinya akan dilakukan proses destruksi basah secara tertutup. Kemudian ditambahkan 30 mL larutan HNO₃ p.a dan 10 mL larutan H₂SO₄ p.a

berlahan-lahan melalui dinding labu alas bulat. Setelah itu diaduk sampai larutan dan sampel tercampur merata. Kemudian labu dihubungkan dengan pendingin atau kondensor. Hal ini bertujuan agar larutan maupun sampel yang dipanaskan tidak hilang menguap.

Metode destruksi basah dilakukan juga dengan bantuan panas yang bertujuan untuk mempercepat proses oksidasi dan perombakan senyawa-senyawa organik. Pemanasan juga bertujuan untuk mempercepat proses pemutusan ikatan senyawa kompleks antara logam Hg dengan senyawa organik dalam teripang. Pemanasan pada proses destruksi ini adalah dengan suhu rendah sebesar 80 °C. Pemanasan dilakukan di atas *hotplate* sekitar 3 jam dalam lemari asam agar uap yang dihasilkan dapat langsung keluar menuju udara bebas (luar ruangan) dan tidak meracuni lingkungan sekitarnya.

Menurut Wulandari (2013), titik didih larutan asam nitrat sebesar 121 °C sehingga jika dilakukan pemanasan pada suhu 80 °C dapat mencegah larutan asam nitrat tidak cepat habis sebelum proses destruksi selesai. Selain itu juga dapat mengurangi kehilangan mineral logam pada saat proses destruksi, dimana titik didih logam merkuri sebesar 356,6 °C. Setelah semua sampel terdestruksi sempurna dan hanya berbentuk larutan, kemudian ditambahkan 5 mL larutan H₂O₂ 30% sedikit demi sedikit secara tetes per tetes sampai larutannya bening. Setelah itu dimasukkan ke dalam botol kaca. Selang sehari larutan sampel disaring dengan kertas *whatman* no. 42 sampai larutan jernih. Penyaringan ini menghasilkan endapan berwarna putih seperti pasir.

Endapan putih seperti pasir ini diasumsikan sebagai senyawa organik yang belum sempurna terdestruksi. Hal ini mungkin dikarenakan larutan yang

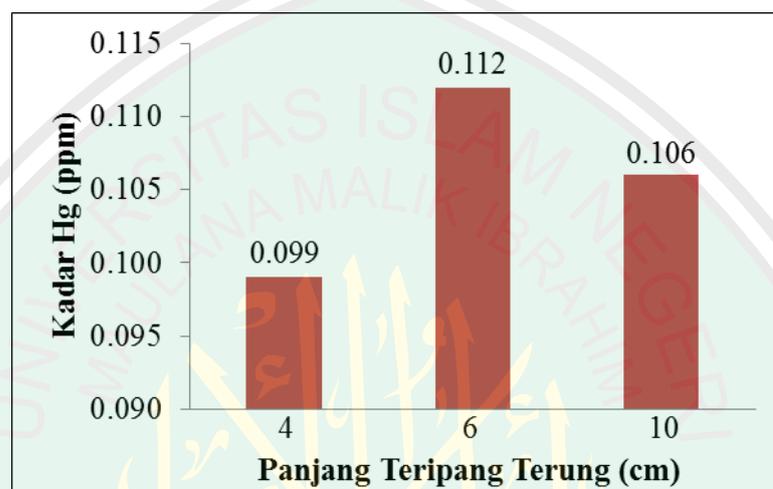
dihasilkan pada saat destruksi merupakan larutan jernih karena kurang tepatnya perbandingan antara sampel dan pelarut, sehingga pada saat larutan diletakkan dalam lemari es terdapat endapan berwarna putih. Perbandingan volume dan sampel pada penelitian ini mengacu pada penelitian Ratmini (2009), sampel ikan sapu-sapu kering sebanyak 5 gram dilarutkan dalam 25 mL H_2SO_4 pekat, 5 mL HNO_3 pekat dan H_2O_2 sampai larutan bening. Adapun yang lainnya yaitu penelitian Ima (2015), sampel kerupuk teripang terung sebanyak 5 gram dilarutkan dalam 30 mL HNO_3 pekat, 10 mL H_2SO_4 pekat, dan 5 mL H_2O_2 pekat. Endapan putih ini juga dapat diasumsikan sebagai silika, karena silika tidak dapat terdestruksi oleh larutan asam kuat. Dan salah satu cirinya yaitu berbentuk seperti pasir (Mulyono, 2006).

Larutan jernih yang dihasilkan pada proses destruksi menandakan bahwa senyawa organik yang terkandung dalam sampel telah larut sempurna atau perombakan sampel berjalan dengan baik (Kristianingrum, 2011). Larutan yang dihasilkan pada proses destruksi teripang jernih dan berwarna kuning seperti pada Gambar 4.2:



Gambar 4.2 Hasil destruksi logam Hg

Larutan yang dihasilkan di SSA logam Hg pada panjang gelombang 253,7 nm. Pada masing-masing ukuran dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Adapun hasil kadar teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) yang telah dihitung tertera pada Gambar 4.3:



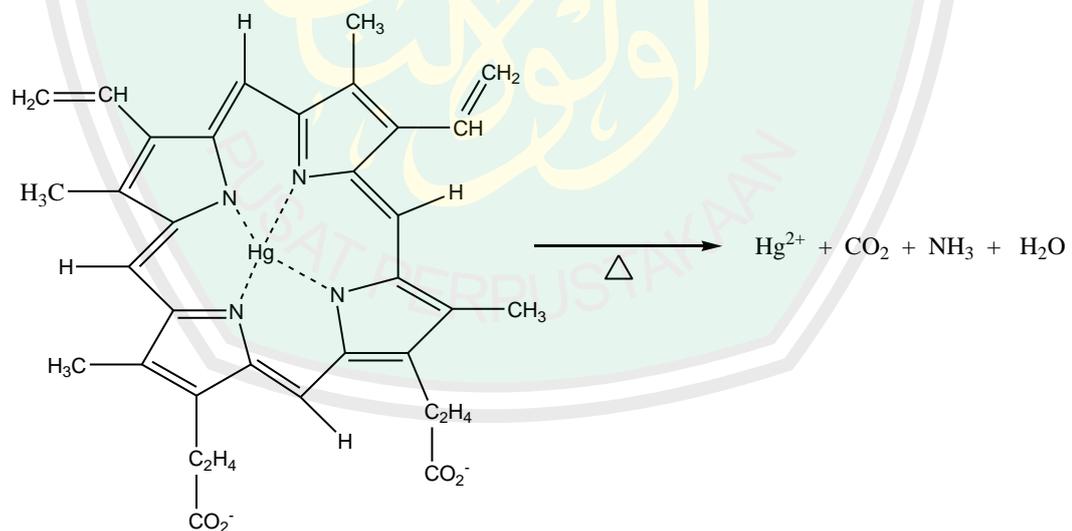
Gambar 4.3 Hasil kadar Hg

Gambar 4.3 menunjukkan nilai rata-rata kadar teripang Terung setelah dijumlahkan dengan nilai kadar logam Hg yang terbaik dan mendekati. Pada teripang Terung ukuran kecil (< 4 cm) memiliki nilai kadar rata-rata sebesar 0,099 ppm. Pada teripang Terung ukuran sedang (4 – 6 cm) memiliki nilai kadar rata-rata sebesar 0,112 ppm. Dan pada teripang Terung ukuran besar memiliki nilai rata-rata sebesar 0,106 ppm. Dilihat dari hasil ini diketahui bahwa semua hasil kadar logam Hg masih memenuhi ambang batas standar SNI tahun 2009 yaitu sebesar 1 ppm. Namun harus tetap diwaspadai kontaminasinya terhadap biota yang berada di lautan. Karena seiring berjalannya waktu kontaminasi logam merkuri ini akan bertambah banyak.

Menurut Alfian (2009), menyatakan bahwa dalam metabolisme biota laut seperti kerang atau teripang, tubuhnya akan mengolah atau mentransformasi setiap bahan racun (logam) yang masuk, sehingga akan mempengaruhi daya racun atau toksisitas logam tersebut. Logam yang telah mengalami biotransformasi dan tidak dapat diekskresikan atau dikeluarkan oleh tubuh umumnya akan tersimpan dalam organ tertentu seperti gonad. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran teripang maka akan semakin banyak kadar logam yang terkandung di dalamnya. Namun kadar pada logam Hg tersebut mengalami kenaikan kadar pada teripang kecil kesedang, namun terjadi penurunan pada teripang besar. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor antara lain tempat pengambilan, kondisi pada saat pengambilan, dan kurang sempurnanya sampel pada saat proses destruksi. Bila dilihat dari hasil keseluruhan kadar logam merkuri yang ada, maka tingkat pencemarannya yaitu polusi rendah, yaitu kandungan logam dalam biota laut dan makanan tersebut dibawah ambang batas yang ditentukan (Darmono, 2001).

Teripang merupakan tiga komponen penting dalam rantai makanan di terumbu karang dan ekosistem asosiasinya pada berbagai tingkat struktur pakan. Teripang berperan penting sebagai pemakan deposit (*deposit feeder*) dan pemakan suspensi (*suspense feeder*). Kebiasaan hewan ini meletakkan diri di atas dasar laut atau mengubur diri di dalam lumpur atau pasir. Kebanyakan teripang bersifat nokturnal yaitu aktif mencari makan pada malam hari dan menyembunyikan diri pada siang hari. Proses makan meliputi pergerakan secara random untuk mencari makan dan memakannya secara simultan sesuai dengan kelimpahan dan keberadaan detritus.

Menurut Elfidasari (2012), kandungan nutrisi di dalam teripang terdiri dari: kadar air (8,90%), protein (82,00%), lemak (1,70%), abu (8,60%), karbohidrat (4,80%), vitamin A (455 $\mu\text{g}\%$), vitamin B (0,51 $\text{mg}\%$), dan total nutrisi (385 cal/100g). Dilihat dari data tersebut kandungan terbanyak dari teripang adalah protein, yang berfungsi untuk meregenerasi sel teripang. Protein ini mempunyai hubungan yang cukup signifikan dengan logam, dimana di dalam jaringan setiap makhluk hidup memiliki metallothionein. Metallothionein merupakan protein pengikat logam yang berfungsi dan berperan dalam proses pengikatan ataupun penyekapan logam. Untuk itu teripang mudah sekali menyerap logam, apalagi cara hidupnya yang suka menetap dalam lumpur. Adapun reaksi protein yang mengikat logam Hg (Faiq, 2015):



Gambar 4.4 Reaksi protein mengikat logam Hg

Pencemaran logam merkuri yang berada di pantai Kenjeran kemungkinan besar terjadi karena banyaknya limbah, baik rumah tangga maupun industri yang dibuang ke dalam aliran sungai yang nantinya akan bermuara di pantai Kenjeran.

Bila dilihat keadaan sekitar pantai, maka akan tampak keadaan pantai yang penuh dengan sampah, baik organik maupun anorganik. Menurut Palar (1994), pencemaran logam akan cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya eksploitasi sebagai sumber alam dan berbagai kegiatan industri yang mengandung logam. Jadi semakin banyak masyarakat yang membuang limbah di sekitar aliran sungai, maka kemungkinan kontaminasi logam akan semakin banyak juga.

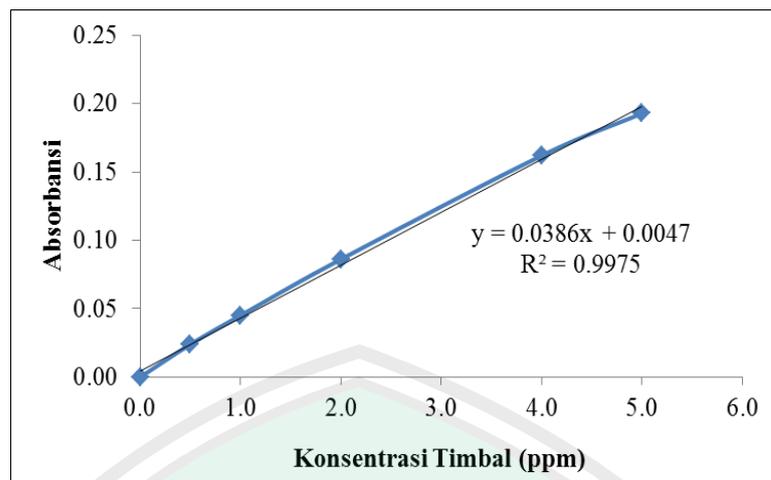
4.2.3 Kadar Logam Timbal (Pb)

1. Kurva Kalibrasi Standar Timbal (Pb)

Kurva kalibrasi standar merupakan bagian penting dalam melakukan pengujian kadar suatu unsur dalam analisis SSA. Kurva standar dibuat berdasarkan hukum Lambert-Beer, yaitu $A = a \cdot b \cdot C$. Dimana A adalah absorbansi, a adalah absorptivitas, b adalah tebal nyala, dan C adalah konsentrasi. Dilihat dari persamaan ini, semakin besar nilai absorbansi yang dihasilkan, maka semakin besar nilai konsentrasi yang diperoleh.

Larutan standar timbal (Pb) dibuat dari larutan stok Pb 1000 ppm. Kemudian diencerkan menjadi 10 ppm. Setelah itu diencerkan kembali menjadi deret larutan standar 0,5 ppm, 1,0 ppm, 2,0 ppm, 4,0 ppm dan 5,0 ppm.

Pengenceran dilakukan dengan menggunakan aquabides, karena kandungan dalam aquabides bebas dari logam dan mineral sehingga tidak mudah mengkontaminasi logam yang akan diuji. Pengukuran larutan standar ini menghasilkan suatu absorbansi. Dimana absorbansi menunjukkan kemampuan sampel dalam menyerap radiasi cahaya elektromagnetik pada panjang gelombang maksimum. Kurva kalibrasi standar Pb dapat dilihat pada Gambar 4.5:



Gambar 4.5 Grafik kurva kalibrasi standar Pb

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka nilai absorbansi semakin naik. Kurva tersebut merupakan perbandingan antara konsentrasi yang mewakili sumbu x dan absorbansi yang mewakili sumbu y. Berdasarkan dari hasil yang diperoleh kemudian dibuat persamaan garis linier $y = bx + a$. Dimana y adalah absorbansi, b adalah *slope* atau nilai kemiringan, x adalah konsentrasi dan a adalah intersep. Adapun persamaan yang dihasilkan dari kurva standar timbal (Pb) adalah $y = 0,0386x + 0,0047$. Adapun analisis data untuk kurva standar Pb meliputi:

1) Linearitas

Linearitas merupakan keabsahan kurva kalibrasi yang dihasilkan dengan menentukan harga koefisien kolerasi (R^2). Dimana nilai R^2 menyatakan ukuran kesempurnaan antara nilai absorbansi dan nilai konsentrasi yang membentuk garis lurus. Linearitas dikatakan sempurna apabila nilai R^2 mendekati 1. Dari kurva standar Pb didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9975, dimana nilai R^2 mendekati 1. Ini artinya titik-titik pada kurva kalibrasi yang dihasilkan sampel mendekati garis

lerengnya. Oleh karena itu, kurva kalibrasi standar timbal (Pb) layak dijadikan acuan dalam mengukur kadar logam pada sampel.

2) Sensitivitas

Sensitivitas kurva standar Pb dapat dinyatakan dengan nilai *slope*. *Slope* merupakan nilai kemiringan dari grafik antara absorbansi terhadap konsentrasi. Pada kurva standar Pb didapatkan nilai *slope* sebesar 0,0386. Nilai ini artinya menunjukkan tiap satu satuan perubahan konsentrasi akan menghasilkan perubahan absorbansi sebesar 0,0386.

3) Akurasi

Akurasi atau biasa disebut *recovery* merupakan kemampuan suatu metode analisis untuk memperoleh nilai sebenarnya (ketepatan pengukuran). Dimana terdapat perbandingan nilai konsentrasi sebenarnya dan nilai konsentrasi hasil perhitungan yang terdapat pada kurva standar Pb.

Nilai akurasi standar Pb dinyatakan dalam % *recovery* adalah 99,5% untuk 0,5 ppm; 104,7% untuk 1,0 ppb; 105,6% untuk 2,0 ppm; 101,9% untuk 4,0 ppm; dan 97,5% untuk 5,0 ppm. Persyaratan nilai akurasi yang baik dan sensitif adalah nilai % *recovery* berada pada rentang 98 – 102 % (Priyambodo, 2011). Dilihat dari nilai akurasi kurva standar Pb, data kedua yaitu 1,0 ppm, data ketiga yaitu 2,0 ppm, dan data kelima yaitu 5,0 ppm tidak memenuhi syarat pada range tersebut. Namun menurut Harmita (2006) untuk sampel biologis dan nabati memiliki rentang 80 – 120 %, sehingga nilai akurasi kurva standar Pb pada ketiga konsentrasi masih memenuhi rentang tersebut karena memakai sampel biologis berupa teripang. Hal ini berarti kurva standar Pb yang telah dibuat masih bisa dijadikan acuan untuk penentuan kadar logam Pb pada sampel teripang.

4) Batas Deteksi (LOD/ *Limit of Detection*) dan Batas Kuantitasi (LOQ/ *Limit of Quantification*)

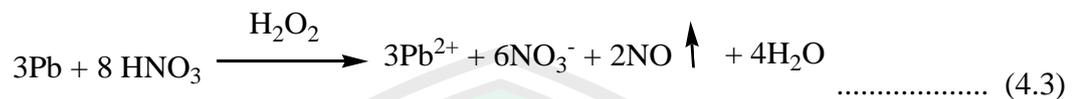
Limit deteksi (LOD) yang diperoleh dari kurva standar Pb sebesar 0,34 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa batas konsentrasi terkecil yang dapat dideteksi oleh SSA adalah sebesar 0,34 ppm. Apabila kadar Pb yang terukur dalam sampel menunjukkan nilai yang lebih besar dari 0,34 ppm, maka dapat dipercaya bahwa sinyal tersebut berasal dari sinyal Pb. Akan tetapi bila konsentrasi timbal yang didapatkan dibawah 0,34 ppm, maka sinyal yang diperoleh bukanlah dari sinyal Pb, melainkan sinyal yang berasal dari pengganggu.

Limit kuantitas (LOQ) yang didapatkan sebesar 1,12 ppm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa batas rentang kerja yang harus tercapai meskipun range yang ditetapkan dalam pembuatan standar minimal adalah pada titik 1,12 ppm, akan tetapi apabila pengukuran mencapai tidak kurang dari nilai LOQ yaitu 1,12 ppm, maka hasil tersebut dapat dikatakan akurat.

2. Hasil Kadar Logam Timbal (Pb)

Penentuan kadar logam timbal (Pb) dilakukan dengan metode destruksi basah. Metode destruksi basah biasanya menggunakan asam-asam kuat untuk proses oksidasinya. Larutan asam kuat yang digunakan dalam menentukan logam Hg pada teripang Terung memakai campuran larutan asam kuat seperti: HNO_3 p.a dan H_2O_2 p.a dengan perbandingan 6:2 (Arifin, 2011 dan Wulandari dkk, 2013). Larutan HNO_3 p.a berfungsi untuk mendestruksi atau menjadi agen pengoksidasi utama pada suhu rendah sehingga sampel akan mudah larut. Sedangkan larutan H_2O_2 p.a berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi terputusnya timbal (Pb) dan senyawa organik yang berada didalam sampel

teripang Terung. Katalis ini ikut bereaksi namun terbentuk kembali pada akhir reaksi. Katalis berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi dengan mempercepat laju reaksinya. Adapun reaksi yang terjadi pada larutan sampel ketika penambahan HNO_3 dan H_2O_2 adalah sebagai berikut:



Dilihat dari reaksi di atas pada saat penambahan HNO_3 akan menghasilkan Pb^{2+} , NO_3 , NO , dan H_2O . Hasil Pb^{2+} disini berupa aqua. Hasil NO_3 berupa padatan hitam kecil-kecil pada saat proses destruksi. Hasil NO berupa gas berwarna merah kecoklatan yang dapat meningkatkan tekanan pada proses destruksi. Hal ini dikarenakan sifat dari asam nitrat yang memiliki kekuatan untuk melepas ion hidrogen yang dimilikinya. Dan hasil H_2O berupa cairan yang bercampur di dalam larutan. Larutan H_2O_2 yang bertindak sebagai katalis, maka akan membentuk kembali di akhir reaksi tanpa menghasilkan produk.

Tahapan dalam proses destruksi yaitu ditimbang sampel teripang Terung berbentuk serpihan kecil sebanyak 5 gram. Bentuk serpihan kecil membantu untuk mempercepat proses pelarutannya karena memiliki banyak luas permukaan. Kemudian dimasukkan ke dalam *beakerglass* 100 mL. Kemudian ditambahkan 30 mL larutan HNO_3 p.a secara berlahan-lahan melalui dinding *beakerglass*. Selama proses penambahan sampai dengan proses pemanasan, larutan diaduk terus-menerus agar tidak meluber dan tercampur merata. Hal ini dikarenakan pada saat penambahan, teripang akan berbuih dan mengembang terhadap larutan asam.

Metode destruksi basah dilakukan juga dengan bantuan panas yang bertujuan untuk mempercepat proses oksidasi dan perombakan senyawa-senyawa organik. Pemanasan juga bertujuan untuk mempercepat proses pemutusan ikatan senyawa kompleks antara logam Pb dengan senyawa organik dalam teripang. Pemanasan pada proses destruksi ini adalah dengan suhu rendah sebesar 85 °C yang dilakukan selama 8 jam secara *uncontinuoae*. Pemanasan pada suhu rendah yaitu 85 °C dibawah temperatur titik didih asam nitrat sebesar 121 °C dan pada logam timbal sebesar 1620 °C. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir penguapan asam nitrat berlebih dan juga mengurangi kehilangan mineral logam timbal. Pemanasan dilakukan di atas *hotplate* dalam lemari asam agar uap yang dihasilkan dapat langsung keluar menuju udara bebas dan tidak meracuni lingkungan sekitarnya.

Satu jam sebelum proses destruksi dihentikan, saat semua sampel terdestruksi sempurna kemudian ditambahkan 10 mL larutan H₂O₂ 30% sedikit demi sedikit secara tetes per tetes sampai larutannya bening. Setelah itu didinginkan pada suhu ruang dan dimasukkan ke dalam botol kaca. Selang sehari larutan sampel disaring dengan kertas *whatman* no. 42 sampai larutan jernih. Penyaringan ini menghasilkan endapan berwarna putih seperti pasir.

Asumsi dari endapan putih seperti pasir ini adalah senyawa organik yang belum terdestruksi secara sempurna. Hal ini mungkin larutan yang dihasilkan pada saat destruksi larutan yang dihasilkan merupakan larutan jenuh, sehingga pada saat larutan diletakkan dalam lemari es terdapat endapan berwarna putih. Perbandingan volume dan sampel mengacu pada penelitian Arifin (2011), sampel kerang darah dan siput gonggong kering sebanyak 4 gram dilarutkan dalam 10

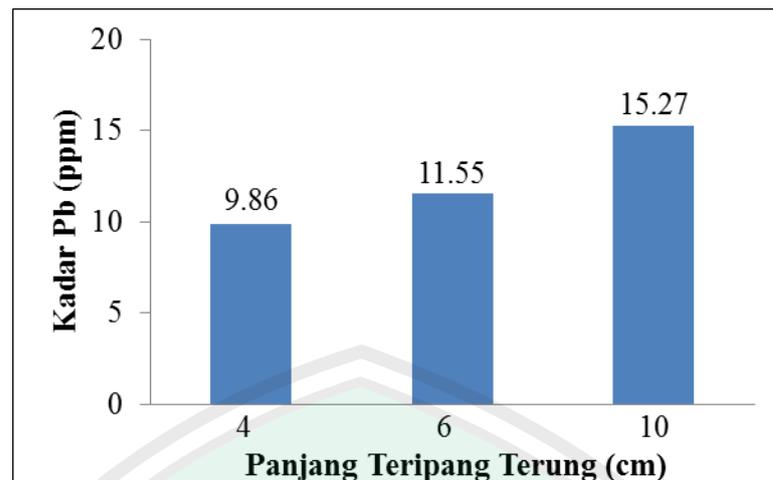
mL HNO₃ pekat dan 3 mL H₂O₂ pekat. Adapun yang lainnya yaitu penelitian Wulandari dan Sukei (2013), sampel rumput laut kering sebanyak 5 gram dilarutkan dalam 30 mL HNO₃ pekat dan 10 mL H₂O₂ pekat. Endapan putih ini juga dapat diasumsikan sebagai silika, karena silika tidak dapat terdestruksi oleh larutan asam kuat. Dan salah satu cirinya yaitu berbentuk seperti pasir (Mulyono,2006).

Larutan jernih yang dihasilkan pada proses destruksi menandakan bahwa senyawa organik yang terkandung dalam sampel telah larut sempurna atau perombakan sampel berjalan dengan baik (Kristianingrum, 2011). Kemudian masing-masing larutan yang sudah bening dipipet sebanyak 5 mL dan ditanda bataskan dengan aquades dalam labu takar 50 mL. Larutan yang dihasilkan pada proses destruksi teripang jernih dan berwarna kuning seperti pada Gambar 4.6:



Gambar 4.6 Hasil destruksi logam Pb

Larutan yang dihasilkan di SSA logam Pb pada panjang gelombang 217,0 nm. Pada masing-masing ukuran dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Adapun hasil kadar teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) yang telah dihitung tertera pada Gambar 4.7:



Gambar 4.7 Hasil kadar Pb

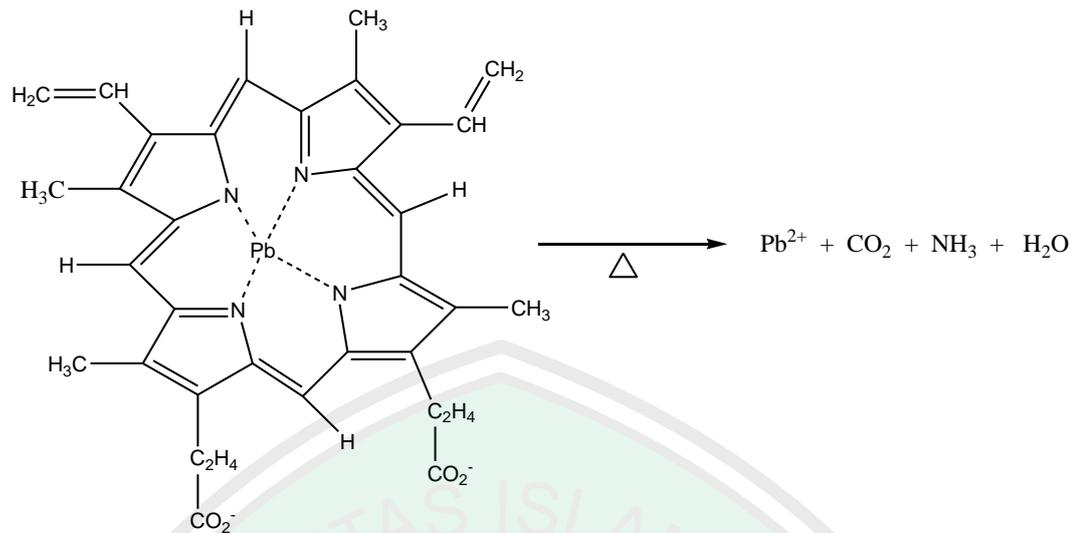
Gambar 4.7 menunjukkan nilai rata-rata kadar teripang Terung setelah dijumlahkan dengan nilai kadar logam Pb yang terbaik dan mendekati. Pada teripang Terung ukuran kecil (< 4 cm) memiliki nilai kadar rata-rata sebesar 9,86 ppm. Pada teripang Terung ukuran sedang (4 – 6 cm) memiliki nilai kadar rata-rata sebesar 11,55 ppm. Dan pada teripang Terung ukuran besar memiliki nilai rata-rata sebesar 15,27 ppm. Dilihat dari hasil ini diketahui bahwa semua hasil kadar logam Pb jauh melebihi ambang batas standar SNI tahun 2009 yaitu sebesar 1,5 ppm. Hal ini sangat membahayakan bagi kesehatan organisme yang mengkonsumsi teripang tersebut. Untuk itu perlu adanya penanggulangan bagi sumber kontaminan logam Pb yang berada di pantai Kenjeran Surabaya.

Menurut Alfian (2009), menyatakan bahwa dalam metabolisme biota laut seperti kerang atau teripang, tubuhnya akan mengolah atau mentransformasi setiap bahan racun (logam) yang masuk, sehingga akan mempengaruhi daya racun atau toksisitas logam tersebut. Logam yang telah mengalami biotransformasi dan tidak dapat diekskresikan atau dikeluarkan oleh tubuh umumnya akan tersimpan dalam organ tertentu seperti gonad. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar

ukuran teripang maka akan semakin banyak kadar logam yang terkandung di dalamnya. Hal ini terbukti bahwa semakin besar ukuran teripang maka semakin besar pula kadar logam Pb yang dihasilkan. Bila dilihat dari hasil keseluruhan kadar logam timbal yang ada, maka tingkat pencemarannya yaitu polusi berat, yaitu kandungan logam dalam biota laut dan makanan tersebut melampaui jauh diatas ambang batas yang ditentukan (Darmono, 2001).

Teripang merupakan tiga komponen penting dalam rantai makanan di terumbu karang dan ekosistem asosiasinya pada berbagai tingkat struktur pakan. Teripang berperan penting sebagai pemakan deposit (*deposit feeder*) dan pemakan suspensi (*suspense feeder*). Kebiasaan hewan ini meletakkan diri di atas dasar laut atau mengubur diri di dalam lumpur atau pasir. Kebanyakan teripang bersifat nokturnal yaitu aktif mencari makan pada malam hari dan menyembunyikan diri pada siang hari. Proses makan meliputi pergerakan secara random untuk mencari makan dan memakannya secara simultan sesuai dengan kelimpahan dan keberadaan detritus.

Hubungan pola hidup teripang dengan adanya logam yaitu terletak pada kandungan yang berada pada teripang. Menurut Elfidasari (2012), kandungan terbanyak dari teripang adalah protein sebanyak 82,00%. Protein inilah yang nantinya akan mengikat atau menangkap logam yang biasa disebut metallothionein. Dengan adanya metallothionein ini, kehidupan teripang yang suka *deposit feeder* dan *suspense feeder* akan mudah menyerap logam di dalam lumpur. Adapun reaksi protein yang mengikat logam Pb (Faiq, 2015):



Gambar 4.8 Reaksi protein mengikat logam Pb

Pencemaran logam timbal yang berada di pantai Kenjeran kemungkinan besar terjadi karena banyaknya limbah, baik rumah tangga maupun industri yang dibuang ke dalam aliran sungai yang nantinya akan bermuara di pantai Kenjeran. Bila dilihat keadaan sekitar pantai, maka akan tampak keadaan pantai yang penuh dengan sampah, baik organik maupun anorganik. Contoh sumber timbal yaitu pada pengisian bahan bakar (tetra etil timbal) dan pengecatan badan kapal (Pb putih atau $\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$ dan Pb merah atau Pb_3O). Menurut Palar (1994), pencemaran logam akan cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya eksploitasi sebagai sumber alam dan berbagai kegiatan industri yang mengandung logam. Jadi semakin banyak masyarakat yang membuang limbah di sekitar aliran sungai, maka kemungkinan kontaminasi logam akan semakin banyak juga.

4.3 Kajian Hasil Penelitian tentang Pencemaran Lingkungan dalam Perspektif Islam

Menjaga dan melestarikan lingkungan merupakan tugas manusia di bumi sebagai khalifah yang dipercaya Allah Swt untuk menempati bumi ini. Al-Quran telah memberikan perhatian yang mendalam terhadap masalah lingkungan. Perhatian ini tentu sangat menarik untuk diketahui oleh para peneliti yang obyektif. Adapun ayat al-Quran yang berisi tentang kerusakan di bumi yaitu pada surah al Baqarah ayat 205 yang berbunyi:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ ﴿٢٠٥﴾

Artinya: *'Dan apabila ia berpaling (dari kamu), ia berjalan di Bumi untuk mengadakan kerusakan padanya, dan merusak tanam-tanaman dan binatang ternak, dan Allah tidak menyukai kebinasaan', (Qs. al Baqarah: 205).*

dan surah al Baqarah ayat 11 berbunyi:

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ ﴿١١﴾

Artinya: *"Dan bila dikatakan kepada mereka:"Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, mereka menjawab: "Sesungguhnya Kami orang-orang yang Mengadakan perbaikan", (Qs. al Baqarah: 11).*

Ayat tersebut menjelaskan tentang orang yang suka berbuat kerusakan di muka bumi. Orang-orang tersebut merupakan orang munafik dan orang yang curang, seperti orang yang suka mengurangi timbangan atau takarannya. Setiap kerusakan yang terjadi selalu diperbaiki kembali oleh Allah Swt. Misalnya saat manusia menebang pohon sembarangan, maka Allah Swt akan menurunkan hujan

agar tumbuh pohon yang baru. Dan Allah Swt tidak menyukai orang yang bersifat demikian.

Kerusakan yang terjadi juga berhubungan dengan pencemaran lingkungan yang dikarenakan oleh ulah manusia. Pembuangan limbah maupun sampah secara sembarangan menyebabkan lingkungan menjadi kotor. Pencemaran tersebut tidak hanya terjadi di darat namun juga di laut. Sehingga banyak hewan laut yang tercemar, yang akhirnya membahayakan manusia yang mengkonsumsinya. Bila dilihat dari ayat tersebut, seharusnya manusia mampu menjaga dan melestarikan lingkungan jika manusia tersebut benar-benar beriman.

Nilai kadar Hg dan Pb dalam suatu lingkungan haruslah tetap seimbang. Bila nilai kadar Hg dan Pb melampaui batas, maka akan membahayakan ekosistem tersebut. Salah satu contohnya yaitu pada manusia. Kedua logam tersebut dibutuhkan oleh manusia, akan tetapi bila kadarnya melampaui batas maka akan menimbulkan penyakit maupun kematian. Hasil analisis dari penelitian ini yaitu nilai kadar logam Hg masih memenuhi ambang batas yang telah ditentukan, namun pada logam Pb memiliki nilai kadar melampaui jauh diatas ambang batas yang telah ditentukan. Padahal Allah Swt tidak menyukai hal-hal yang melampaui batas seperti pada surah al A'raf ayat 55:


 أَدْعُوا رَبَّكُمْ تَضَرُّعًا وَخُفْيَةً إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُعْتَدِينَ

Artinya: “Berdoalah kepada Tuhanmu dengan berendah diri dan suara yang lembut. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang melampaui batas”, (Qs. al A'raf: 55).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Kandungan rata-rata logam merkuri (Hg) pada teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) asal pantai Kenjeran Surabaya pada ukuran kecil yaitu 0,099 ppm; pada ukuran sedang yaitu 0,112 ppm; dan pada ukuran besar yaitu 0,106 ppm. Nilai tersebut masih memenuhi ambang batas SNI tahun 2009 yaitu sebesar 1 ppm.
2. Kandungan rata-rata logam timbal (Pb) pada teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) asal pantai Kenjeran Surabaya pada ukuran kecil yaitu 9,86 ppm; ukuran sedang yaitu 11,55 ppm; dan pada ukuran besar yaitu 15,27 ppm. Nilai tersebut sangat jauh melebihi ambang batas SNI tahun 2009 yaitu sebesar 1,5 ppm.

5.2 Saran

Proses destruksi harus dilakukan secara baik dan perlu adanya penelitian variasi larutan pendestruksi atau larutan asam dan penambahan volume larutan pendestruksi yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al – Qardhawy, Y. 1998. *As Sunnah Sebagai Sumber Ilmu Pengetahuan Dan Peradaban*. Jakarta: Pustaka al Kautsar
- Anonim. 2012. *Biomonitoring In Brief*. [Http//biomonitoring/ biomonitoring_in_brief.com](http://biomonitoring_in_brief.com) (diakses tanggal 19 april 2014)
- Anonim. 2014. *Phyllophorus sp.* [Http//phyllophorus_sp.com](http://phyllophorus_sp.com) (diakses tanggal 23 maret 2014)
- Ansori. 2005. *Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*. [Http://www.openpdf.com](http://www.openpdf.com) (diakses tanggal 24 februari 2014)
- Arifin, Zainal. 2011. *Konsentrasi Logam Berat Di Air, Sedimen, Dan Biota Di Teluk Kelabat, Pulau Bangka*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis Vol. 3, no. 1
- Arjah, Ahmad Mujaddid, dkk. 2012. *Analisis Konsentrasi Gizi Dan Logam Berat Pada Berbagai Jenis Organisme Perairan Kenjeran*. Madura: Universitas Trunojoyo
- Awaluddin. 2011. *Budidaya Teripang*. [Http://lautlestari.blogspot.com](http://lautlestari.blogspot.com) (diakses tanggal 23 maret 2014)
- Bakus, G.J. 1973. *The Biology And Ecology Of Tropical Holothurian*: Q.A. Jones and R. Endean ed. Geologi and Biology of coral reefs. Vol 1: 325-367
- Basset, J., R.C. Denney, G.H Jeffery, J. Mendham. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Terjemahan Hadyana Pujaatmaka. Edisi ke-4. Jakarta: EGC Kedokteran
- Cakrawala. 2005. *Bioindikator Pencemaran Bahan Kimia*. (diakses tanggal 29 maret 2014)
- Connel, D.W. dan Miller. 1995. *Kimia Dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press
- Darmono. 2001. *Langkungan Hidup Dan Pencemaran, Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press
- Day dan Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga

- Dewi, Diana Candra. 2012. *Determinasi Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Makanan Kaleng Menggunakan Destruksi Basah dan Destruksi Kering*. Malang: UIN Maliki Malang. *Alchemy*: Vol. 2, no. 1
- Dhani. 2014. *Cahaya Islamku*. <https://sepdhani.wordpress.com/tag/kandungan-surah-al-qashash-ayat-77/> (diakses tanggal 4 oktober 2015)
- Elfidasari, D., Noriko, N., Wulandari, N., Perdana, A. T., Biologi, P. S., Sains, F., ... Pramuka, P. (2012). *Identifikasi Jenis Teripang Genus Holothuria Asal Perairan Sekitar Kepulauan Seribu Berdasarkan Perbedaan Morfologi*, 1(3), 140–146.
- Fadilah, Ima Yaumil. 2015. *Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) Dan Kadmium (Cd) Pada Kerupuk Teripang Terung (Phyllohorus sp.) Mentah Dan Matang Asal Kenjeran Surabaya Secara Spektroskopi Serapan Atom*. Malang: UIN Maliki Malang
- Fahmi, Muhammad. 2013. *Kandungan Surah Ar-Rahman /55: 33 serta Hadis Terkait*. <http://mochamadfahmi.blogspot.co.id/2013/08/2-kandungan-surah-ar-rahman-55-33-serta.html> (diakses tanggal 3 oktober 2015)
- Faiq. 2015. *Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Susu UHT Menggunakan Destruksi Basah dengan Variasi Zat Pengoksidasi Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*. Malang: UIN Maliki
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air Dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius Press
- Fitriyah, Khaina Rinda. 2007. *Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) Pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Bulu (Anadara antiqua) Di Perairan Pantai Lekok Pasuruan*. Tugas akhir Tidak Diterbitkan. Malang: UIN Malang
- Harizal. 2006. *Studi Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Kerang Hijau (Perna Viridis l) Sebagai Biomonitoring Pencemaran Di Perairan Pantai Banyu Urip Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik, Jawa Timur*. Laporan Skripsi. Malang: Manajemen Sumber Daya Perairan UNIBRAW
- Harmita. 2004. *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya*. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Jakarta: Departemen Farmasi FMIPA UI
- Harmita. 2006. *Buku Ajar Analisis Fisikokimia*. Depok: Departemen Farmasi FMIPA UI. 91 – 92, 94 - 95
- Hayati dan Dewi. 2009. *Diktat Praktikum Kimia Instrumen*. Malang: Laboratorium UIN Malang

- Hendayana, S. 1994. *Kimia Analitik Instrument Edisi Kesatu*. Semarang: IKIP Semarang Press
- Ibaadurahman. 2006. <http://ibadurahman.org/index.html>. (diakses tanggal 30 november 2015)
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik Edisi Kedua*. Jakarta: UI Press
- Khopkar. 2002. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press
- Koester, Y. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, Terjemahan dari *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution* oleh D.W. Connel. Jakarta: UI Press
- Kristianingrum. 2011. *Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel Dan Efeknya*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Kristanto, Philip. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi Press
- LTQ Al-Hikmah. 2014. *Tafsir Surat Ae-Ruum (41)/ Bumi Adalah Amanah*. [Http://tafsir_surat_ar-ruum\(41\)/_bumi_adalah_amanah_LTQ_Al-Hikmah.com](Http://tafsir_surat_ar-ruum(41)/_bumi_adalah_amanah_LTQ_Al-Hikmah.com) (diakses tanggal 10 april 2014)
- Miller, J.C. 1991. *Statistika Untuk Kimia Analitik*. Bandung: ITB Press
- Mitha. 2013. *Destruksi Basah*. Http://destruksi_basah_chemistry_diponegoro_university.com (diakses tanggal 23 maret 2014)
- Muchthadi. 2009. *Destruksi Basah Dan Kering*. <http://www.coolkhasblogspot.com> (diakses tanggal 23 maret 2014)
- Mulyanto, dkk. 1993. *Monitoring Pencemaran Logam Berat Raksa (Hg), Kadmium (Cd), Dan Timbal (Pb) Di Perairan Pantai Utara Jawa Timur*. Laporan P4M No. 129/P4M/DPPML/L-331/PSL/1992. PSLH Malang: UNIBRAW
- Mulyono. 2006. *Kamus Kimia*. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- National Research Council. 2006. *Human Biomonitoring For Environment Chemical*. Http://Human_biomonitoring_for_environment_chemical.com (diakses tanggal 19 april 2014)
- Nontji, Anugrah. 1993. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan
- NCSU Water Quality Group. 1976. *Biomonitoring*. <Http://biomonitoring.com> (diakses tanggal 19 april 2014)

- Nuraini, Trisilia. 2009. *Metode Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Sosis Kaleng Menggunakan Dekstruksi Basah Dengan Variasi Zat Pengoksidasi Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*. Tugas akhir Tidak Diterbitkan. Malang: UIN Malang
- Nurjanah, Leni Marlina dan Iriani Setyaningsih. 1999. *Kandungan Logam Hg, Pb, Cu, Dan As Pada Cumi-cumi Dan Sotong Yang Didaratkan Di Tepi Muara Angke Dan Upaya Penurunannya*. Buletin THP No. 1 Volume VI
- Palar, Heryando. 1994. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Prasetyo, Alfian Dwi. 2009. *Penentuan Kandungan Logam (Hg, Pb, dan Cd) Dengan Penambahan Bahan Pengawet Dan Waktu Perendaman Yang Berbeda Pada Kerang Hijau (Perna viridis L.) Di Perairan Muara Kamal Teluk Jakarta*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah
- Priyambodo. 2011. *Manajemen Farmasi Industri*. Yogyakarta: Global Pustaka Utama
- Puspita, C.D. 2007. *Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*. [Http://www.thedoctor.blogspot.com](http://www.thedoctor.blogspot.com) (diakses tanggal 24 februari 2014)
- Ratmini, Nyoman Ayu. 2009. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Dan Cadmium (Cd) Pada Daging Ikan Sapu-Sapu (Hyposarcus pardalis) Di Sungai Ciliwung Stasiun Srengseng, Condet Dan Manggarai*. Jakarta: Fakultas Biologi Universitas Nasional. ISSN 1978-9513
- Rohman,A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Sibuet, M. 1985. *Quantitative Distribution Of Echinoderms (Holothuroidea, Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea) in relation to organic matter in the sediment in deeps*
- Skoog, D. A. 1985. *Principles Of Instrumental Analysis*. USA: CBS Collage Publishing
- SNI. 2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan*. Badan Standar Nasional
- Suhendrayatna. 2003. *Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme Suatu Kajian Kepustakaan (Heavy Metal Bioremevel By Micriorganisme: A Literatur Study)*. Seminar Forum PPI Tokyo Institute Of Technology
- Syahputra, R. 2014. *Modul Pelatihan Instrumentasi AAS*. Yogyakarta: UII Press
- Tahir, I. 2005. *Validasi Metode Analisa*. Yogyakarta: UGM Press

- Taftazani, Agus. 2004. *Distribusi Konsentrasi Logam Berat Hg Dan Cr Pada Sampel Lingkungan Perairan Surabaya*. Yogyakarta: PTAPB-BATAN. ISSN 0216-3128
- Trisnawati, Anita. 2008. *Studi Kandungan Logam Berat Cadmium (Cd) pada Kerang Hijau (Mytilus Viridus) Di Perairan Kawasan Pantai Kenjeran Surabaya*. Tugas akhir Tidak Diterbitkan. Malang: UIN Malang
- Winarni, D. 2009. *Potensi Dan Pemanfaatan Teripang Di Indonesia*. Surabaya: Buku Panduan Seminar Nasional Biodiversitas III Biologi UNAIR
- Winarni, Dwi, dkk. 2012. *Kajian Histologi Gonad Teripang Phyllphorus sp. Pada Bulan Februari, Maret dan April 2012*. Surabaya: UNAIR
- Wulandari, Eka Amelia dan Sukei. 2013. *Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd Dan Cu Dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (Eucheuma cottoni)*. Surabaya: ITS. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2, no. 2