



**KADAR MANGAN (Mn) DAN LITHIUM (Li) PADA UDANG DI  
PASAR TRADISIONAL KOTA SEMARANG**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Biologi

oleh

Nikmatul Ulfah  
4411415026

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2019**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“Kadar Mangan (Mn) dan Lithium (Li) Pada Udang di Pasar Tradisional Kota Semarang”** disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 14 Oktober 2019



Nikmatul Ulfah  
NIM 4411415026

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Kadar Mangan (Mn) dan Lithium (Li) Pada Uang di Pasar Tradisional Kota Semarang" disusun oleh:

Nama : Nikmatul Ulfah

NIM : 4411415026

Telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 6 November 2019 dan disahkan oleh Panitia Ujian.

### Panitia Ujian



Penguji I,

Dr. Nur Kusuma Dewi, M.Si  
NIP. 196004101984032001

The image shows a handwritten signature in black ink.

Dr. Nur Kusuma Dewi, M.Si  
NIP. 196004101984032001

Sekretaris,

Dr. dr. Nugrahaningsih WH, M.Kes  
NIP. 196907091998032001

The image shows a handwritten signature in black ink.

Dr. dr. Nugrahaningsih WH, M.Kes  
NIP. 196907091998032001

Penguji II,

Drs. F. Putut Martin H.B., M.Si  
NIP. 196103091999031002

The image shows a handwritten signature in black ink.

Drs. F. Putut Martin H.B., M.Si  
NIP. 196103091999031002

Pembimbing,

Dr. Aditya Marianti, M.Si  
NIP. 196712171993032001

The image shows a handwritten signature in black ink.

Dr. Aditya Marianti, M.Si  
NIP. 196712171993032001

## **MOTTO**

Orang yang tidak pernah melakukan kesalahan adalah orang yang tidak pernah mencoba melakukan hal baru

(A. Einstein)

## **PERSEMBAHAN**

Untuk Ayah, Ibu, Kakak dan Para Guru

## **PRAKATA**

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kami, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kadar Mangan (Mn) dan Lithium (Li) Pada Udang di Pasar Tradisional Kota Semarang”. Keberhasilan penulisan skripsi tidak lepas dari bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak baik berupa pikiran, motivasi, tenaga, maupun doa. Karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
3. Ketua Jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang
4. Dr.Margaretha Rahayuningsih, M.Si., selaku dosen wali yang selalu mengarahkan dan memberi nasihat yang sangat berguna
5. Dr.Aditya Marianti, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memotivasi sehingga penulis dapat menyusun skripsi dan menyelesaikannya dengan lancar
6. Kedua orangtua penulis Bapak Ariyanto dan Mustakimah serta segenap keluarga yang selalu memberikan doa, kasih sayang, inspirasi dan motivasi kepada penulis
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas keikhlasan bantuan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi

Semoga Allah membalas segala bentuk kebaikan mereka. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Meskipun demikian, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pembaca.

Semarang, 6 November 2019

Penulis

## ABSTRAK

Ulfah, Nikmatul. 2019. *Kadar Mangan (Mn) dan Lithium (Li) pada Udang di Pasar Tradisional Kota Semarang*. Skripsi. Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Aditya Marianti, M.Si.

Mangan (Mn) dan lithium termasuk logam berat yang berbahaya. Batas ambang Mn yang dapat ditolerir oleh tubuh berdasarkan BPOM yaitu sebesar 5 mg/L sedangkan batas ambang Li menurut WHO yaitu 1 mg/L. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam berat Mn dan Li serta tingkat kelayakan dan keamanan udang yang dijual di beberapa pasar tradisional di Kota Semarang. Sampel yang digunakan adalah udang yang dibeli dari empat pasar pasar tradisional Kota Semarang. Pengukuran kadar logam berat Mn dan Li dilakukan menggunakan ICP-OES dan data penelitian dianalisis secara deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Mn pada semua sampel udang di bawah ambang batas BPOM. Semua sampel yang diuji dalam penelitian ini mengandung logam Mn dan Li dengan konsentrasi yang berbeda-beda pada setiap pasar. Konsentrasi logam Mn pada udang di semua pasar yang diuji masih di bawah ambang batas yang ditetapkan BPOM sedangkan konsentrasi logam Li pada udang di Pasar Karangayu dan Pasar Kobong telah melebihi batas ambang yang ditetapkan WHO dan konsentrasi logam Li pada udang di Pasar Peterongan dan Pasar Banyumanik belum melebihi batas ambang WHO. Kadar logam Mn yang tertinggi yaitu 3,401 mg/L sedangkan kadar terendah yaitu 0,185 mg/L. Kadar logam Li pada dua pasar telah melebihi ambang batas menurut WHO dan dua lainnya masih di bawah ambang batas WHO. Kadar logam Li yang tertinggi yaitu 6,171 mg/L sedangkan kadar terendah yaitu 0,166 mg/L.

**Kata Kunci: Mangan, Lithium, Udang, Pasar tradisional**

# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAAN KEASLIAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO .....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
Latar Belakang .....	1
Rumusan Masalah .....	5
Penegasan Istilah .....	5
Tujuan Penelitian.....	6
Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
Logam Berat .....	7
Logam Berat Mangan (Mn).....	12
Logam Berat Litium(Li) .....	14
Toksikokinetik Logam Berat.....	16
Udang Putih ( <i>Penaeus merguensis</i> ) .....	18
Metode Inductively Coupled Plasma (ICP).....	20
Kerangka Teori.....	24
Kerangka Berpikir .....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
Waktu dan Lokasi Penelitian.....	26

Populasi dan Sampel .....	26
Alat dan Bahan .....	26
Rancangan Penelitian .....	27
Pelaksanaan Penelitian .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
Hasil.....	30
Pembahasan .....	34
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>41</b>
Kesimpulan.....	41
Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Peralatan Analisis Logam Berat Mn dan Li.....	26
Tabel 3.1 Bahan Analisis Logam Berat Mn dan Li .....	27
Tabel 4.1 Hasil Rata-rata Analisis Kandungan Mn pada Udang dari Beberapa Pasar Tradisional Kota Semarang dengan Metode ICP-OES.....	30
Tabel 4.2 Hasil Rata-rata Analisis Kandungan Li pada Udang dari Beberapa Pasar Tradisional Kota Semarang dengan Metode ICP-OES.....	31

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Morfologi Udang Putih ( <i>Penaeus merguensis</i> ).....	19
Gambar 2.2 Diagram Kerangka Teori Penelitian.....	23
Gambar 2.3 Diagram Kerangka Berpikir Penelitian .....	24
Gambar 3.1 Bagan Alur Preparasi Sampel .....	28
Gambar 3.2 Bagan Langkah Kerja ICP-OES.....	29
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Konsentrasi Mn pada Udang di Pasar Tradisional Kota Semarang dengan Konsentrasi Standar BPOM.....	31
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Konsentrasi Li pada Udang di Pasar Tradisional Kota Semarang dengan Konsentrasi Standar WHO.....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1.1 Data Hasil Analilis Logam Berat Pada Udang di Pasar Tradisional di Kota Semarang .....	45
Lampiran 1.2 Dokumentasi Penelitian .....	49

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia semakin lama semakin pesat sejalan dengan perkembangan populasi penduduk. Peningkatan perkembangan industri di Indonesia memacu peningkatan pencemaran lingkungan. Pencemaran yang terjadi akibat perkembangan industri antara lain pencemaran udara, air, dan tanah. Pencemaran air di Indonesia sudah mencapai tingkat yang relatif tinggi. Pencemaran yang sering terjadi di wilayah perairan yaitu pencemaran yang diakibatkan logam berat.

Logam berat banyak digunakan sebagai bahan baku maupun media pendukung dalam berbagai jenis kegiatan industri. Masuknya limbah ini ke perairan laut dapat mengurangi kualitas perairan dan menimbulkan pencemaran. Selain mengubah kualitas perairan, logam berat yang terendapkan bersama dengan sedimen juga dapat menyebabkan transfer bahan kimia beracun dari sedimen ke organisme (Zuraida, *et al.* 2010).

Logam berat yang ada di perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi bersama lumpur, hal ini akan menyebabkan organisme yang mencari makanan di dasar perairan (kerang, udang, dan rajungan) akan memiliki peluang yang besar terpapar logam berat yang telah terikat di dasar perairan dan membentuk sedimen. Logam berat yang masuk dalam lingkungan sebagian akan terserap masuk ke dalam tanah (sedimen) dan sebagian akan masuk dalam sistem aliran sungai yang selanjutnya akan terbawa ke laut. Logam berat yang masuk dalam ekosistem laut akan mengendap ke dasar perairan dan terserap dalam sedimen. Mangan (Mn) dan Lithium (Li) merupakan logam yang tersedimentasi dan terakumulasi di dasar perairan.

Logam Mn dan Li tidak termasuk ke dalam golongan logam yang sangat berbahaya dan banyak diteliti. Kedua logam tersebut apabila masuk ke dalam tubuh makhluk hidup masih dalam bentuk logam tidak berbahaya bagi tubuh karena akan keluar bersama feses. Namun, apabila Mn dan Li masuk ke dalam tubuh dalam bentuk ion yaitu  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$  dan  $Li^+$ . Ion  $Mn^{2+}$  berperan penting dalam metabolisme makhluk hidup dalam aktivasi

*metalloenzymes* tertentu, metabolisme energi, fungsi sistem imunologis, fungsi sistem saraf, fungsi hormon reproduksi, dan dalam enzim antioksidan yang melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas. Logam  $Mn^{2+}$  yang terdapat pada tubuh dalam jumlah kecil tidak menimbulkan masalah kesehatan tetapi dalam jumlah besar dapat tertimbun di dalam hati dan ginjal. Ion  $Mn^{3+}$ , dan  $Mn^{4+}$  akan bersenyawa dengan asam klorida dan asam sulfat di dalam tubuh dan terbentuk  $MnCl_3$  dan  $Mn(SO_2)_4$  yang bersifat tidak stabil dan dapat mengganggu proses metabolisme tubuh. Nilai batas ambang logam Mn menurut BPOM yaitu 5ppm. Keracunan mangan menimbulkan gangguan pada sistem saraf dan menunjukkan gejala seperti Parkinson. Selain itu kelebihan  $Mn^{2+}$  juga menyebabkan beberapa gangguan kesehatan yang lain seperti gangguan pertumbuhan tulang, gangguan fungsi enzim, gejala insomnia, gangguan sistem pernapasan, kerusakan gigi, diare, kerusakan hati, lemah kaki dan otot serta hiperrefleks (Said, 2008).

Pemahaman dan pengetahuan mengenai toksistas Mn perlu ditingkatkan. Sumber utama masuknya ion  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$  dan  $Mn^{4+}$  ke dalam tubuh yaitu melalui oral dalam bentuk makanan. Ion-ion tersebut diserap melalui gastrointestinal kemudian masuk ke dalam organ-organ tubuh yang lain melalui proses transportasi nutrisi. Organ target ion-ion tersebut yaitu hati, ginjal, paru-paru dan otak kecil. Pada organ-organ tersebut ion-ion Mn mengalami eliminasi yang diregulas oleh kontrol homeostasis dan sistem ekskresi tetapi apabila ion-ion Mn telah melebihi batas ambang yang bisa diterima tubuh maka kontrol homeostasis dan ekskresi juga tidak bisa menyeimbangkan konsentrasi ion tersebut dan akan mengganggu kesehatan (Avila *et al.* 2013)

Lithium merupakan logam yang banyak digunakan dalam sektor industri dan kesehatan. Lithium banyak digunakan untuk produksi paduan logam, keramik, layar TV, film berwarna dan kumpulan membersihkan bahan kimia. Lithium juga dimanfaatkan dalam produksi sintetis karet, farmasi, pelumas, cairan pendingin dalam reaktor nuklir dan baterai. Dalam bidang kesehatan, Lithium banyak digunakan untuk mengatasi gangguan *mood*, depresi, dan mengurangi risiko bunuh diri. Namun, lithium mempunyai nilai batas ambang di dalam tubuh makhluk hidup yang apabila telah melebihi batas ambang maka akan menyebabkan gangguan kesehatan. Lithium dalam bentuk ion berbahaya bagi tubuh. Ion  $Li^+$  dapat berikatan dengan gugus hidroksida dan membentuk lithium hidroksida

(LiOH). Standar nilai batas ambang di Indonesia masih jarang tetapi WHO telah menetapkan batas ambang lithium yaitu 1 mg/L. Kelebihan ion Li dalam tubuh menyebabkan beberapa masalah kesehatan seperti gangguan fungsi ginjal, kelenjar tiroid, dan paratiroid.

Logam berat akan mengendap pada dasar perairan sehingga bentik seperti udang, kerang dan kepiting akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Jika biota laut yang telah terkontaminasi logam berat tersebut dikonsumsi dalam jumlah yang besar dan jangka waktu lama maka berpotensi menjadi toksikan pada tubuh makhluk hidup. Ada beberapa kasus keracunan logam berat yang terjadi di Indonesia maupun di luar Indonesia. Minamata merupakan salah satu kasus keracunan logam berat merkuri yang terjadi di Kota Minamata Jepang. Kasus Minamata mulai nampak pada tahun 1949 ketika hasil tangkapan mulai menurun drastis ditandai dengan punahnya jenis karang yang menjadi habitat ikan yang menjadi andalan nelayan Minamata. Pada tahun 1953 beberapa ekor kucing yang memakan ikan dari teluk Minamata mengalami kejang, menarinar, dan mengeluarkan air liur beberapa saat kemudian kucing ini mati. Kasus ini terus berlanjut dan memakan lebih banyak korban bahkan efek dari keracunan merkuri ini diturunkan secara genetik. Kasus keracunan logam berat merkuri yang terjadi di Indonesia yaitu kasus yang terjadi di Teluk Buyat dan Kabupaten Wonogiri. Efek yang ditimbulkan hampir sama dengan kasus yang terjadi di Minamata. Salah satu bentik yang banyak dikonsumsi yaitu udang putih (*Penaeus merguensis*) (NSW Government, 2010).

Udang putih merupakan salah satu hasil laut dan komponen penting bagi perikanan udang di Indonesia. Udang putih memiliki kandungan nutrisi cukup tinggi. Udang mengandung protein yang tinggi, rendah lemak jenuh dan kalori. Udang juga diidentifikasi sebagai sumber nutrisi yang kaya vitamin B12,  $\omega$ -3 asam lemak sangat tak jenuh (HUFA) dan astaxanthin, dan antioksidan alami. Selain itu udang putih juga tersedia dalam jumlah yang cukup besar di Indonesia sehingga menjadikannya sebagai salah satu produk perairan yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia.. (Dayal *et al.* 2013)

Tingkat penjualan udang di wilayah Jawa Tengah cukup tinggi yaitu 195.967,97 ton/tahun. Berdasarkan data BPS, produksi udang Jawa Tengah berada pada posisi ketiga di pulau Jawa-Bali. Salah satu daerah di Jawa Tengah yang menjadi sentra perikanan dan

udang yaitu Kota Semarang. Hal ini terlihat di beberapa pasar tradisional yang banyak menjual udang baik dalam ukuran yang kecil sampai yang cukup besar. Beberapa pasar tradisional yang menjadi pusat penjualan udang utih di Kota Semarang antara lain Pasar Karangayu, Pasar Banyumanik, Pasar Peterongan, dan Pasar Rejomulyo (Pasar Kobong). Berdasarkan wawancara dengan nelayan dan penjual udang di pasar-pasar tradisional di Kota Semarang, udang yang dijual dipasok dari daerah Sayung, Kabupaten Demak.

Sayung merupakan salah satu wilayah pesisir di Kabupaten Demak yang letak geografisnya di Pantai Utara Jawa (Pantura) dan berhubungan langsung dengan Laut Jawa. Sebagian besar udang yang dipasarkan dan didistribusikan ke Kota Semarang berasal dari daerah perairan Morosari. Perairan Morosari, Kec. Sayung, Kab. Demak merupakan muara atau estuaria dari sungai Morosari dan Pandansari. Selain itu, Sungai Sayung yang terletak di Demak bagian barat juga bermuara di perairan Morosari. Kawasan ini dahulu banyak dimanfaatkan untuk budidaya tambak udang dan bandeng. Namun, kawasan ini telah mengalami degradasi mangrove dan pencemaran dari aktivitas industri (Endrawati *et al.* 2012).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suprpti (2008), pencemaran perairan Morosari diduga berasal dari industri-industri di daerah Kaligawe, Semarang Timur. Pembuangan limbah industri tersebut diduga dapat mencemari lingkungan perairan dan organisme yang hidup di dalamnya termasuk udang. Pencemaran muara sungai Sayung berasal dari aktivitas domestik rumah tangga, perkebunan, dan persawahan. Selain itu, pencemaran logam berat khususnya Mn dan Li diduga karena adanya aktivitas industri antara lain industri percetakan, garment, dan besi stainless yang terletak di sepanjang jalan raya Semarang – Demak (Rusydi *et al.* 2013).

Pencemaran di daerah Sayung menyebabkan kehidupan organisme di yang hidup di dalamnya terganggu bahkan akan berdampak pada organisme-organisme lain yang terlibat dalam rantai makanan organisme tersebut termasuk manusia sebagai konsumen puncak akan mengalami bioakumulasi yang paling tinggi di dalam tubuhnya (Ulfah *et al.* 2012).

Berdasarkan uraian mengenai logam berat dan tingkat konsumsi serta kandungan nutrisi yang baik di dalam udang maka diperlukan suatu penelitian tentang akumulasi logam berat mangan (Mn) dan lithium (Li) yang terkandung pada udang di beberapa pasar

di Kota Semarang agar kualitas udang yang dijual di pasar-pasar di Kota Semarang dapat termonitor dan dapat menjadi tolok ukur tingkat keamanan konsumsi udang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana konsentrasi logam berat mangan (Mn) dan lithium (Li) yang terkandung dalam udang dari beberapa pasar tradisional di Kota Semarang?
2. Apakah kandungan Mn dan Li pada udang yang dipasarkan di beberapa pasar tradisional Kota Semarang sesuai dengan batas ambang keamanan pangan?

## **1.3 Penegasan Istilah**

Guna menghindari adanya perbedaan pengertian dalam memahami isi skripsi ini, maka perlu adanya batasan-batasan beberapa istilah sebagai berikut.

### **1. Analisis Logam Berat**

Analisis logam berat dalam penelitian ini yaitu kegiatan mengkaji dan meneliti kandungan logam berat khususnya logam mangan (Mn) dan lithium (Li) dengan metode *Inductively Coupled Plasma (ICP)*

### **2. Udang Putih (*Penaeus merguensis*)**

Udang yang dimaksud dalam penelitian ini adalah udang yang dibeli di empat pasar tradisional di Kota Semarang yaitu Pasar Karangayu, Pasar Banyumanik, Pasar Peterongan, dan Pasar Rejomulyo (Pasar Kobong).

### **3. Udang Layak Konsumsi**

Udang layak konsumsi dalam penelitian ini adalah udang yang tidak mengandung logam berat atau mengandung logam berat tetapi tidak melebihi batas ambang. Standar layak konsumsi menurut BPOM yaitu 5 mg/L untuk Mn dan menurut WHO yaitu 1 mg/L untuk lithium.

### **4. Pasar Tradisional di Kota Semarang**

Pasar tradisional di Kota Semarang di dalam penelitian ini yaitu empat pasar yang menjual udang yang digunakan dalam penelitian yaitu Pasar Karangayu, Pasar Banyumanik, Pasar Peterongan, dan Pasar Rejomulyo (Pasar Kobong).

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini yaitu,

1. Mengetahui kadar logam mangan (Mn) dan lithium (Li) pada udang yang dijual di beberapa pasar tradisional di Kota Semarang
2. Mengetahui tingkat kelayakan dan keamanan udang yang dijual di beberapa pasar di Kota Semarang

## **1.5 Manfaat Penelitian**

### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

1. Untuk meningkatkan wawasan peneliti serta masyarakat luas dalam melakukan penelitian bioakumulasi logam berat pada udang putih (*Penaeus merguensis*)
2. Untuk memperoleh informasi ilmiah mengenai kandungan Mn dan Li pada udang putih (*Penaeus merguensis*)

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan biologi khususnya tentang pencemaran logam berat pada udang putih dalam upaya meningkatkan kelestarian lingkungan perairan dan juga kesehatan manusia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Logam Berat**

Logam berat didefinisikan sebagai unsur logam yang memiliki kerapatan yang relatif tinggi daripada air. Logam berat mampu menginduksi logam-logam yang lain sehingga bersifat toksik. Sumber logam berat di lingkungan berasal dari aktivitas industri, pertanian, dan dari atmosfer. Pencemaran logam berat yang lebih tinggi terdapat di daerah pertambangan, pengecoran, peleburan dan aktivitas industri yang memanfaatkan logam (Tchounwou *et al.* 2012).

Logam berat tersedia secara hayati dan tidak bisa dihancurkan serta memiliki efek toksik pada organisme hidup ketika melebihi batas konsentrasi tertentu. Dalam ekosistem akuatik alami, logam berat tersedia dalam konsentrasi rendah, biasanya pada tingkat nanogram atau mikrogram per liter. Namun, pada beberapa kalikusus yang terjadi kontaminasi logam terutama logam berat telah melebihi batas yang seharusnya ada di alam. Hal ini meningkatkan kekhawatiran masyarakat tentang dampak negatif logam berat (Abdel-Baki, *et al.*, 2011).

Pada dasarnya logam berat memiliki dampak positif dan negatif bagi makhluk hidup. Logam berat esensial berfungsi membantu proses biokimia dan fisiologis pada hewan dan tumbuhan. Logam berat berperan penting pada beberapa enzim dan membantu reaksi reduksi oksidasi di dalam tubuh makhluk hidup misalnya logam berat terlibat dalam pembentukan hemoglobin, metabolisme karbohidrat, biosintesis katekolamin, dan pembentukan keratin rambut. Namun, paparan logam berat yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan sel bahkan kematian pada makhluk hidup (Tchounwou *et al.* 2012).

Logam berat memiliki efek buruk pada kesehatan manusia. Banyak logam berat dan metaloid yang beracun dan dapat menyebabkan efek yang tidak diinginkan dan masalah parah bahkan pada tingkat konsentrasi yang sangat rendah konsentrasi (Memon, *et al.*,

2009). Logam berat menyebabkan stres oksidatif (Mudipalli, 2008) dengan pembentukan radikal bebas. Mengacu pada stres oksidatif peningkatan spesies oksigen reaktif (ROS), yang dapat merusak pertahanan antioksidan intrinsik sel dan dapat menyebabkan sel rusak atau kematian (Sánchez *et al.* 2009)

Logam berat memiliki sifat yang bioakumulatif dan non biodegradable. Logam berat menurunkan kualitas air, tersedimentasi didasar perairan dan mempengaruhi kesehatan makhluk hidup air. Bioakumulasi logam berat di perairan terjadi melalui rantai makanan. Akumulasi logam berat pada setiap makhluk hidup perairan berbeda-beda tergantung pada media pemaparan logam berat tersebut misalnya paparan melalui air dan paparan melalui makanan. Namun, akumulasi logam berat sering banyak ditemukan pada hati, insang, dan otot. Konsentrasi logam dalam insang mencerminkan konsentrasi logam di perairan tempat spesies hidup, sedangkan konsentrasi dalam hati mewakili penyimpanan logam (Alhashemi *et al.* 2012).

Logam berat dan unsur kimia logam (seperti hidrogen, lithium, sodium, potassium dan rubidium), sangat padat dan beracun, substansi non-biodegradable diangkut ke lingkungan laut melalui aliran air yang bermuara ke laut dan selanjutnya menghasilkan bioakumulasi pada organisme hidup akuatik dalam periode yang lama, senyawa-senyawa tersebut berbahaya dan memengaruhi kesehatan manusia melalui konsumsi makanan (Hashim, 2010).

Peningkatan populasi manusia yang relatif cepat dan peningkatan pembangunan pemukiman. Kegiatan rumah tangga seperti mencuci, pembuangan limbah rumah tangga yang tidak diolah, pembuangan limbah unggas, dan kegiatan rekreasi juga menjadi penyebab pencemaran logam berat di lingkungan (Zahra *et al.* 2014). Pencemaran logam berat berasal dari berbagai aktivitas manusia salah satunya sektor pertanian. Sektor pertanian adalah kontributor logam berat di lingkungan, bersumber dari pupuk, pestisida dan herbisida. Penelitian dalam sistem lingkungan laut yang berkaitan dengan ekotoksikologi menyatakan bahwa merkuri, kadmium, tembaga dan seng adalah yang paling berbahaya logam di lingkungan (Ismail *et al.* 2016).

Pencemaran sedimen logam berat adalah masalah dunia dan dianggap menjadi ancaman serius bagi ekosistem perairan karena toksisitasnya. Lebih dari 90% dari beban

logam berat dalam sistem akuatik telah ditemukan dalam bentuk suspensi dan sedimen. Distribusi logam berat di perairan dipengaruhi oleh komposisi biologis dan kimia dari suspensi tersebut, pengaruh antropogenik, deposisi, penyerapan, dan pengayaan pada makhluk hidup serta sifat fisika-kimia dari logam berat tersebut (Zahra *et al.* 2014).

Logam berat masuk ke ekosistem perairan dengan sejumlah cara. Bahan kimia ini terakumulasi dalam jaringan organisme akuatik pada konsentrasi beberapa kali lebih tinggi daripada konsentrasi dalam air dan mungkin terjadi biomagnifikasi dalam rantai makanan ke tingkat itu menyebabkan gangguan fisiologis tingkat trofik lebih tinggi dan akhirnya dikonsumsi manusia (Kumar *et al.* 2013).

Selain itu, kegiatan perkotaan dan industri di daerah pesisir menyebabkan sejumlah besar logam berat masuk ke lingkungan laut, menyebabkan gangguan permanen di ekosistem laut dan mengarah ke degradasi lingkungan dan berdampak pada sejumlah flora dan fauna spesies, termasuk manusia, melalui rantai makanan (Boran *et al.* 2010).

Logam berat yang masuk dalam lingkungan sebagian akan terserap masuk ke dalam tanah (sedimen) dan sebagian akan masuk dalam sistem aliran sungai yang selanjutnya akan terbawa ke laut. Logam berat yang masuk dalam ekosistem laut akan mengendap ke dasar perairan dan terserap dalam sedimen. Logam berat yang mengendap pada dasar perairan akan membentuk sedimentasi dan hal ini akan menyebabkan biota laut yang mencari makan di dasar perairan seperti udang, kerang dan kepiting akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Jika biota laut yang telah terkontaminasi logam berat tersebut dikonsumsi dalam jangka waktu tertentu dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup (Oktavianus *et al.* 2017)

Logam mangan (Mn) dan litium (Li) merupakan contoh jenis logam berat yang terakumulasi. Kedua logam berat tersebut terakumulasi di tanah dan di wilayah perairan seperti sungai dan muara. Pada dasarnya kedua logam tersebut apabila ada di dalam tubuh makhluk hidup dalam jumlah sedikit tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Namun, akumulasi dari kedua logam tersebut apabila telah melewati ambang batas menyebabkan berbagai gangguan kesehatan seperti gangguan pernapasan dan saraf bahkan kematian.

Akumulasi logam berat di perairan dipengaruhi oleh lamanya perairan tersebut terpapar oleh logam berat. Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi tingkat akumulasi logam berat antara lain pH air, salinitas dan suhu.

Ada empat tahap dalam identifikasi proses analisis resiko paparan logam berat yaitu,

1. *Hazard Identification*, meliputi identifikasi keberadaan zat kimia berbahaya di sumber dan karakteristiknya (analisis sumber pencemar)
2. *Exposure Assessment*, meliputi bagaimana zat berbahaya tersebut berpindah ke reseptor dan jumlah intake yang diambil (analisis jalur perpindahan)
3. *Toxicity Assessment*, meliputi indikasi numerik dari tingkat toksisitas untuk menghitung besarnya risiko (analisis reseptor)
4. *Risk Characterization*, meliputi penentuan jumlah risiko secara numerik dan ketidakpastian dari perkiraan tersebut (Dorne, *et al*, 2011).

Kelebihan dan keracunan logam berat dapat menyebabkan permasalahan yang serius bagi kesehatan makhluk hidup. Salah satu kasus keracunan logam berat yang sangat parah dan memakan banyak korban yaitu kasus keracunan masal logam berat merkuri yang terjadi di Kota Minamata, Jepang yang terjadi pada tahun 1953. Penyakit Minamata (*Minamata Disease*) adalah sebuah penyakit aneh yang menjangkiti masyarakat di teluk Minamata. Setelah dilakukan penelitian, penyakit minamata adalah sindrom kelainan fungsi saraf yang disebabkan oleh keracunan akut air raksa atau merkuri. Sebuah pabrik baterai, diketahui membuang limbah cairnya ke perairan teluk Minamata. Dan ikan-ikan yang terpolusi merkuri tersebut kemudian dikonsumsi masyarakat. Sehingga merkuri pun pindah ke manusia melalui proses rantai makanan. Akibatnya, bayi-bayi yang lahir mengalami cacat bawaan dan orang dewasa kehilangan anggota tubuh mereka.

Kasus keracunan merkuri juga terjadi di Indonesia. Sejumlah penelitian telah dilakukan oleh berbagai pihak terhadap kasus pencemaran merkuri dan arsen di perairan Teluk Buyat dan Teluk Totok. Khususnya total merkuri dalam sedimen sebelumnya memang telah dilaporkan berada dalam kadart yang cukup tinggi di Teluk Totok, sedang total arsen cukup tinggi di Teluk Buyat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pencemaran logam berat di Teluk Buyat disebabkan karena adanya pembuangan limbah pabrik. Teluk ini menjadi lokasi pembuangan limbah tailing (lumpur sisa penghancuran

batu tambang) milik PT. Newmont Minahasa Raya (NMR). Wahana Lingkungan Hidup (Walhi), melaporkan sejak tahun 1996, perusahaan asal Denver, AS, tersebut disinyalir membuang sebanyak 2.000 ton limbah tailing ke perairan Teluk Buyat. Sejumlah ikan ditemukan memiliki benjolan semacam tumor dan mengandung cairan kental berwarna hitam dan lendir berwarna kuning keemasan. Fenomena serupa sempat pula ditemukan pada penduduk Buyat (Rumampuk *et al* 2017).

Kasus lain yang terjadi di Indonesia yaitu keracunan logam berat merkuri yang dialami oleh penambang emas di Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri. Berdasarkan hasil pemeriksaan keracunan merkuri yang dilakukan oleh tim dari Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Yogyakarta, pada survei terdahulu bulan Mei 2009 terhadap 10 penambang emas di Desa Jendi Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri di peroleh hasil bahwa 5 orang (50 %) penambang ditemukan adanya kandungan Merkuri di dalam darahnya dengan kadar antara 50 - 200 µg/l (Rianto *et al.* 2012).

### **2.1.1 Logam Berat Mangan (Mn)**

Mangan (Mn) adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi, mangan berada dalam bentuk manganous ( $Mn^{2+}$ ) dan manganik ( $Mn^{4+}$ ). Di dalam tanah, Mn berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida. Kadar mangan pada perairan alami sekitar 0,2 liter atau kurang, kadar yang lebih besar dapat terjadi pada air tanah dalam dan pada danau yang dalam. Perairan asam dapat mengandung mangan sekitar 10 – 150 liter (Misno *et al.* 2016).

Mangan adalah mineral beku yang berperan sebagai pengganti besi. Rata-rata batuan beku ultrabasa, basaltik, granitik, dan syenitik mengandung sekitar 0,1% Mn (II). Pelapukan silikat juga menjadi sumber substansial  $Mn^{2+}$  ke permukaan air dan tanah, karena Mn (II) sangat mudah larut bahkan tingkat kelarutannya lebih tinggi dari besi. Sumber lain  $Mn^{2+}$  berasal dari dasar laut yaitu cairan ventilasi hidrotermal dan tersedia pada konsentrasi tinggi tetapi bervariasi mulai dari ratusan hingga ribuan mikromol per kilogram (Johnson *et al.* 2015).

Mangan, logam grup 7 dalam tabel periodik, Mn elemen paling banyak kedua belas di kerak bumi. Mangan tersebar di bumi dan banyak ditemukan di atmosfer dan air. Mn tidak ditemukan dalam keadaan murni di alam tetapi ditemukan sebagai senyawa anorganik

dan organik, anorganik bentuk menjadi yang paling umum. Karena cangkang elektron terluar Mn dapat menyumbang hingga 7 elektron, dapat terjadi di 11 keadaan oksidasi yang berbeda, bervariasi dari  $-3$  hingga  $+7$ . Dalam jaringan hidup, Mn telah ditemukan sebagai  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ , dan mungkin sebagai  $Mn^{4+}$ , sementara  $Mn^{5+}$ ,  $Mn^{6+}$ ,  $Mn^{7+}$ , dan kompleks Mn lainnya pada tingkat oksidasi yang lebih rendah, tidak diamati dalam bahan biologis (Avila *et al.* 2013).

Mangan adalah logam berwarna abu – abu keperakan, merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan berat atom 54,94 g/mol, nomor atom 25, berat jenis 7,43 g/cm<sup>3</sup>. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4, valensi 6. Di dalam sistem air alami dan juga di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Sistem air alami pada kondisi reduksi, mangan dan juga besi pada umumnya mempunyai valensi dua yang larut dalam air. Oleh karena itu di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi valensi dua tersebut dengan berbagai cara dioksidasi menjadi senyawa yang memiliki valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Mangan di dalam senyawa  $MnCO_3$ ,  $Mn(OH)_2$  mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air, tetapi untuk senyawa Mn seperti garam  $MnCl_2$ ,  $MnSO_4$ ,  $Mn(NO_3)_2$  mempunyai kelarutan yang besar di dalam air (Haartini, 2012).

Mangan merupakan nutrient relik yang esensial bagi tumbuhan dan hewan. Logam ini berperan dalam pertumbuhan dan merupakan salah satu komponen penting pada sistem enzim, defisiensi mangan dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat serta sistem saraf dan proses reproduksi terganggu. Pada tumbuhan, mangan merupakan unsur esensial dalam proses metabolisme (Misno *et al.* 2016).

Mangan adalah unsur alami dan nutrisi penting. Terdiri dari sekitar 0,1% dari kerak bumi, itu adalah unsur paling berlimpah kedua belas dan logam kelima paling berlimpah. Mangan tidak ada di alam sebagai bentuk unsur, tetapi ditemukan terutama sebagai oksida, karbonat, dan silikat di lebih dari 100 mineral dengan pirolusit (mangan dioksida) sebagai bentuk alami yang paling umum. Sebagai nutrisi penting, beberapa sistem enzim telah dilaporkan berinteraksi atau bergantung pada mangan untuk fungsi katalitik atau

pengaturannya. Karena itu, mangan diperlukan untuk pembentukan tulang rawan dan tulang yang sehat serta siklus urea; itu membantu dalam pemeliharaan mitokondria dan produksi glukosa. Ini juga memainkan peran kunci dalam penyembuhan luka.

Mangan ada dalam bentuk anorganik dan organik. Bahan penting dalam baja, anorganik



mengurangi emisi karbon. Beberapa perangkat yang menggunakan baterai lithium-ion termasuk kamera, perekam video portabel, pemutar MP3, telepon nirkabel, konsol permainan nirkabel dan lain-lain (British Geological Survey, 2016).

Kebutuhan lithium pada manusia dan hewan jarang dibahas dan dipublikasikan. Pada tahun 2002 para peneliti meneliti silikon, aluminium, arsenik, dan litium, dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia dan penyakit. Tujuannya adalah untuk mengambil semua penelitian hingga saat ini pada "mineral ultra-trace" ini dan tentukan secara keseluruhan signifikansi nutrisi dan dampaknya terhadap kesehatan, dengan memperhatikan memperhitungkan kemungkinan efek toksiknya. Para peneliti menyimpulkan bahwa lithium memiliki peran protektif dalam nutrisi manusia. Beberapa penelitian membuktikan bahwa hewan membutuhkan lithium dalam jumlah kecil untuk kesehatan reproduksi dan pemeliharaan kesehatan. Lithium juga ditemukan dalam jumlah yang bervariasi dalam makanan, sumber makanan utama adalah biji-bijian dan sayuran.. Pada manusia, defisiensi lithium belum dideteksi (Marshal, 2015).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, syarat harian minimum untuk lithium pada 1 mg per hari (1.000 mcg), meskipun standar ini tidak baku karena keperluan lithium setiap orang berbeda bergantung pada keadaan kesehatan individu tersebut. Pada tahun 1985, EPA memperkirakan asupan makanan lithium di AS bervariasi dari 0,6 hingga 3,1 mg per hari. Orang yang hidup di Andes di Argentina Utara telah memperkirakan konsumsi antara 2 hingga 30 mg per hari, dengan 2 hingga 3 mg berasal dari air minum (Concha *et al.* 2010)

Informasi tentang toksisitas inhalasi lithium masih langka, meskipun iritasi hidung dan batuk dilaporkan pada pekerja yang terpajan. Selain itu, tanda-tanda anoreksia dan dehidrasi adalah diamati, menunjukkan bahwa lithium inhalasi melintasi lapisan kaya lipid yang melapisi permukaan alveolar paru-paru untuk mencapai ginjal melalui darah. Lithium dapat terakumulasi pada hewan laut, ganggang, sayuran. Penting untuk dipertimbangkan bahwa biji-bijian dan sayuran adalah sumber makanan utama lithium, berkontribusi dari 66% hingga 90% dari total asupan lithium.

Efek lithium pada ginjal pertama kali dilaporkan lebih dari 30 tahun yang lalu, dan peneliti telah mulai mengkarakterisasi dan mengukur efek ini. Lithium menyebabkan tiga

jenis kerusakan ginjal yaitu efek toksik akut, diabetes insipidus nephrogenik, dan disfungsi ginjal kronis. Selain itu, lithium juga telah terbukti mengganggu sistem endokrin tiroid dan paratiroid.

Pengurangan limbah lithium dapat dilakukan dengan menggunakan limbah tersebut sebagai katalis. Keramik dan kaca itu sendiri didaur ulang secara ekstensif dan benda-benda yang mengandung lithium juga diikutsertakan. Beberapa tahun terakhir pengolahan limbah lithium sebagian besar dititikberatkan pada daur ulang baterai lithium-ion.

## **2.2 Toksikokinetik Logam Berat**

Toksikokinetik (TK) adalah bidang penelitian yang penting sebelum ekotoksikologi ditemukan. Dasar penelitian toksikokinetik yaitu memahami kinetika (perjalanan), distribusi dan toksisitasnya bahan kimia beracun dalam suatu organisme. Model TK spesifik telah dikembangkan dalam farmakologi dan obat-obatan untuk menggambarkan dan memprediksi perilaku dan keadaan bahan kimia beracun (dan obat-obatan) pada hewan. Dalam ekotoksikologi, dan terutama di pada kasus logam TK, metabolisme biasanya diabaikan (logam tidak bisa terdegradasi seperti pestisida), dan hanya tingkat penyerapan dan ekskresi yang bisa dipelajari (Argasinski *et al.* 2012).

Toksikokinetik bermanfaat dalam menyikapi berbagai masalah yang lebih luas dari ekotoksikologi. Berbagai macam penelitian ekologi modern menerapkan penelitian berbasis selular. Peran toksikoninetik dalam bidang biologi yaitu menggambarkan hubungan antara proses yang sistem operasi pada organisme hidup dan pada level organisasi yang lebih tinggi. Misalnya, seluruh konsep simbiogenesis (Kozo-Polyansky, 2010).

Jalur masuk logam berat yang paling potensial pada manusia yaitu melalui kulit, inhalasi dan oral. Namun, jalur penyerapan utama logam berat biasanya oral dan inhalasi. Penyerapan dari paparan kulit masih bisa ada tetapi pada tingkat yang sangat terbatas. Kelarutan bentuk logam sangat tinggi mempengaruhi fraksi absorpsi, baik dalam jalur oral atau paru. Logam berat yang tidak larut umumnya memiliki daya serap yang sangat terbatas (di bawah 1%) kisaran nilai untuk berbagai logam berat yang diserap melalui kedua jalur (Dorne *et al.* 2011).

Penyerapan logam mangan (Mn) pada manusia melalui inhalasi dan oral. Hal ini terjadi karena sifat logam mangan yang sulit larut sehingga penyerapan melalui kulit sangat jarang sekali bahkan hampir tidak ada. Penyerapan mangan secara oral dapat melalui makanan yang dikonsumsi yang di dalamnya telah terakumulasi logam mangan tersebut. Logam mangan masuk ke saluran pencernaan dalam bentuk serbuk berukuran sangat kecil dan bercampur dengan debu. Penyerapan logam mangan melalui inhalasi dapat masuk ke saluran pernafasan karena adanya aktivitas transportasi mukosiliar (Bounds, 2009).

Tubuh dinilai sangat adaptif terhadap peningkatan jumlah mangan. Hal ini terjadi karena adanya kontrol homeostasis terhadap logam mangan di dalam tubuh melalui penyerapan gastrointestinal (GI), peningkatan eliminasi di hati dan ekskresi mangan oleh pankreas biliari. Sedangkan, pengurangan logam mangan yang masuk secara inhalasi yaitu melalui kontrol homeostasis yang dikendalikan tubuh dan akan menunjukkan *first-pass effect* (Bounds, 2009).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses penyerapan mangan pada tubuh manusia, antara lain:

1. Status zat besi (zat besi dan non zat besi, anemia, ferritin rendah). Pengangkutan mangan dan besi melalui proses yang bersifat antagonis
2. Matriks makanan (terutama keberadaan ion logam transisi yang dapat mempengaruhi penyerapan pada saluran gastrointestinal) dan bentuk ionik sumber mangan, misalnya dalam bentuk larutan  $MnCl_2$  lebih tinggi daripada pada makanan
3. Bioavailabilitas dari matriks kaya mangan menurun, sedangkan matriks miskin mangan akan naik
4. Kadar mangan di dalam tubuh. Kadar mangan yang rendah di dalam tubuh menyebabkan penyerapan mangan dari luar lebih tinggi dan sebaliknya (Bounds, 2009).

Lithium masuk ke dalam tubuh dan akan terdistribusi ke dalam organ-organ tubuh secara cepat. Sebagian kandungan lithium di dalam tubuh akan tereliminasi di dalam ginjal. Eliminasi lithium di dalam ginjal dikontrol oleh faktor osmotik. Sebagian besar (90-98%)

lithium dikeluarkan melalui urine dan sebagian kecil dikeluarkan melalui keringat dan feses. Lithium diserap pada tubulus proksimal sekitar 80% dan 20% dibuang (Leon, 2016)

Dosis yang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup berubah. Hal ini terjadi karena adanya proses eliminasi dalam tubuh, yaitu penyerapan dari tempat pajanan, seringkali saluran pencernaan, distribusi cairan tubuh/jaringan, metabolisme biologis tidak aktif/aktif dan akhirnya ekskresi dalam urin/feses. Potensi bioakumulasi dalam jaringan senyawa induk atau metabolit merupakan aspek penting untuk toksikokinetik dan tergantung pada penyerapan, distribusi, metabolisme, dan ekskresi senyawa. Waktu paruh biologis senyawa dan lipofilisitasnya memberikan penjelasan yang baik mengenai bioakumulasi senyawa tersebut (Dorne *et al.* 2011).

Secara alami beberapa organisme mampu melakukan detoksifikasi (proses pengeluaran racun dalam tubuh) terhadap paparan logam berat, namun pada konsentrasi berlebih dapat menimbulkan kerusakan jaringan, memperlambat pertumbuhan, dan bahkan kematian. Setiap organisme memiliki kemampuan berbeda dalam mengendalikan paparan logam berat (Takarina, 2014).

### **2.3 Udang Putih (*Penaeus merguensis*)**

Udang merupakan kelompok crustacea dengan ukuran bervariasi dari mikroskopis hingga 35 cm. udang terdiri hampir 2.500 spesies di seluruh dunia. Distribusi udang yaitu di laut, payau dan air tawar dari daerah ekuator sampai daerah kutub. Beberapa spesies menempati perairan laut dangkal tetapi sebagian spesies menempati perairan laut dalam yaitu pada kedalaman hampir 5.700 m. Sebagian udang bersifat pelagis tetapi mayoritas udang adalah bentik. Udang-udang tersebut hidup di dasar perairan seperti batu, lumpur, pasir, pecahan kerang atau campuran bahan-bahan tersebut. Beberapa jenis udang juga hidup bersama dengan beberapa spesies porifera dan invertebrata lainnya di sekitar terumbu karang (FAO, 2018). Udang dapat ditemukan di hampir semua genangan air yang berukuran besar baik air tawar, air payau, maupun air asin pada kedalaman bervariasi, dari dekat permukaan hingga beberapa ribu meter di bawah permukaan. Udang merupakan sumber makanan dengan protein hewani yang bermutu tinggi (Riyanto, 2015).

Udang putih (*Penaeus merguensis* de Man) termasuk ke dalam famili Penaeidae dan suku Decapoda. Udang ini banyak ditemukan hampir di seluruh perairan Indonesia, mulai dari daerah estuari atau muara sungai sampai perairan laut. Udang putih dalam perdagangan internasional dikenal dengan nama *white shrimp* atau *banana prawn* (Mulya *et al.* 2011)

Tubuh udang putih dibagi menjadi dua bagian, yaitu sefalotoraks dan abdomen, yang pertama tertutup dengan tameng keras (carapace) yang menjulur ke depan di antara dua mata. Penujulan tameng itu disebut rastrum. Tiga belas pasang pertama alat tambahan dan mata bertaut dengan sefalotoraks. Enam alat tambahan lainnya bertaut dengan abdomen, dan masing-g

Pada udang terkandung senyawa aktif yang bermanfaat bagi manusia. Senyawa aktif memiliki peran penting untuk kesehatan, pertumbuhan dan perkembangan tubuh manusia. Michaelsen *et al.* (2011) mengatakan bahwa senyawa aktif seperti asam lemak ( $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6) pada udang dan ikan bermanfaat untuk perkembangan otak anak, untuk bayi, untuk ibu hamil. Kemudian menurut Trung Si *et al.* (2012) dalam udang terkandung senyawa aktif yang dapat ditemukan adalah kitosan, mineral, lipid, karotenoid protein memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Dalam kaitan dengan senyawa aktif Zhao *et al.* (2011) mengemukakan bahwa udang merupakan salah satu sumber senyawa aktif tertinggi untuk golongan asam amino. Sedangkan Mika *et al.* (2013) mengatakan adapun komposisi udang terdiri dari nutrien, asam amino esensial, komposisi lemak, makro mineral, dan mikro mineral.

#### **2.4 Metode *Inductively Coupled Plasma* (ICP)**

Teknik analitik umum yang digunakan untuk logam pencemar meliputi titrasi, kromatografi ion, elektroforesis kapiler dan plasma induktif (ICP). Di antara teknik-teknik yang disebutkan di atas, ICP adalah alat serbaguna untuk deteksi dan kuantifikasi elemen secara akurat. Teknik ICP didasarkan pada spektrometri atom (Vallapagrada *et al.* 2011).

Inductively Coupled Plasma telah tersedia secara komersial selama lebih dari 40 tahun dan digunakan untuk mengukur logam jejak dalam berbagai matriks sampel dalam bentuk larutan. ICP dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik, dua di antaranya adalah ICP-OES dan ICP-MS.

Inductively Coupled Plasma merupakan spektroskopi nyala untuk menganalisa unsur logam dalam suatu bahan. Bahan yang akan di analisa harus berwujud larutan yang homogen. Ada sekitar 80 unsur yang dapat dianalisa dengan menggunakan alat ini. Kelebihan alat ini adalah sangat selektif dan dapat digunakan untuk mengukur beberapa unsur sekaligus didalam sampel pada saat pengukuran. Akan tetapi dengan semakin banyaknya permintaan pengukuran ternyata alat ini mempunyai kelemahan yaitu menjadi kurang sensitif terhadap pengukuran unsur yang mempunyai panjang gelombang dibawah 200 nm. Keterbatasan pengukuran tersebut ditunjukkan dengan nilai limit deteksi yang

diperoleh. Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya tanpa menggunakan asupan gas N<sub>2</sub> maka diperoleh limit deteksi sebesar 2.4370 ppm untuk unsur arsenik dan 3.8625 ppm untuk unsur stibium. Sehingga untuk menganalisa konsentrasi sampel yang lebih rendah tidak dapat dilakukan (Irpan, 2011).

Inductively Coupled Plasma (ICP) merupakan instrumen yang telah dikembangkan semenjak akhir 1980-an. Pada prinsipnya instrumen ini dapat menganalisa hampir semua unsur maupun isotop dalam periodic table dengan presisi yang tepat, akurasi yang baik dan analisa simultan terhadap banyak sampel. Hanya dibutuhkan 2-3 menit waktu analisa persampel tanpa diselingi dengan analisa standar yang berulang (Irzon, 2010).

Metode ICP yang sering digunakan untuk menganalisis logam-logam pencemar lingkungan yaitu ICP-OES. Metode ICP-OES adalah teknik spektrometri emisi yang menganalisis atom tereksitasi sehingga mengeluarkan energi pada panjang gelombang tertentu ketika elektron kembali ke keadaan dasar. Elemen yang diberikan memancarkan energi pada panjang gelombang tertentu yang khas dengan karakter kimianya. Intensitas energi yang dipancarkan pada panjang gelombang itu sebanding dengan jumlah elemen tersebut dalam sampel yang dianalisis (Vallapagrada *et al.* 2011).

*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) adalah teknik multi-elemen yang memungkinkan penentuan elemen utama, minor dan trace dalam sampel kompleks. Namun, tergantung pada analit dan konfigurasi peralatan, kemampuan deteksi lebih rendah daripada yang biasanya diperoleh menggunakan GF-AAS dan digabungkan dengan ICP-MS. Pada sebagian besar metode untuk ICP OES, perlu dilakukan mengubah sampel padat menjadi larutan dengan teknik destruksi dan larutan asam pekat (Nozuka *et al.* 2010).

ICP-OES memiliki keunggulan tambahan dibandingkan teknik lainnya dalam hal batas deteksi serta kecepatan analisis. Dalam ICP-OES sampel mengalami suhu yang diperkirakan sekitar 10.000 K. Hal ini menghasilkan atomisasi dan eksitasi bahkan pada sebagian besar elemen penghasil ulang dengan efisiensi tinggi sehingga batas deteksi untuk elemen-elemen ini dengan ICP-OES dapat lebih dari itu. dan urutan besarnya lebih baik dari nilai yang sesuai dari teknik lain. Batas nilai kuantisasi sebagian besar elemen dalam ICP-OES dalam bagian per juta dan bahkan bagian per miliar. Dalam jumlah aplikasi

analitik, kecepatan dapat menjadi faktor penting. Metode ICP-OES mampu menganalisis sampel dalam hitungan menit. Dalam teknik lain seperti kromatografi ion, stabilisasi elektroforesis kapiler adalah proses yang memakan waktu dan sensitivitasnya rendah jika dibandingkan dengan ICP-OES. Metode titrasi tidak akurat terutama ketika memperkirakan unsur-unsur pada konsentrasi yang lebih rendah dan juga kesalahan dapat diharapkan (Vallapagada *et al.* 2011).

Prinsip kerja ICP-OES yaitu plasma yang digabungkan secara induktif adalah plasma eddy (atau seperti cincin), di mana volume yang diisi oleh gas terionisasi sebanding dengan putaran sekunder hubung singkat transformator. Dalam sistem pembangkit plasma koil induksi mengelilingi tabung kuarsa ~ 2,5 cm dengan diameter yang mengalir gas argon. Larutan sampel dimasukkan ke dalam ICP sebagai aerosol yang dibawa ke pusat plasma (gas inert super panas). Plasma melarutkan aerosol menjadi padatan, menguapkan padatan menjadi gas, dan kemudian memisahkan molekul menjadi atom. Sumber suhu tinggi (plasma) ini memicu atom dan ion untuk memancarkan cahaya pada panjang gelombang tertentu, yang sesuai dengan elemen yang berbeda dalam larutan sampel. Intensitas emisi sesuai dengan konsentrasi elemen yang terdeteksi (Ghosh *et al.* 2013).

Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) banyak dimanfaatkan di berbagai bidang. Beberapa pemanfaatan ICP-OES untuk analisis kandungan logam adalah sebagai berikut:

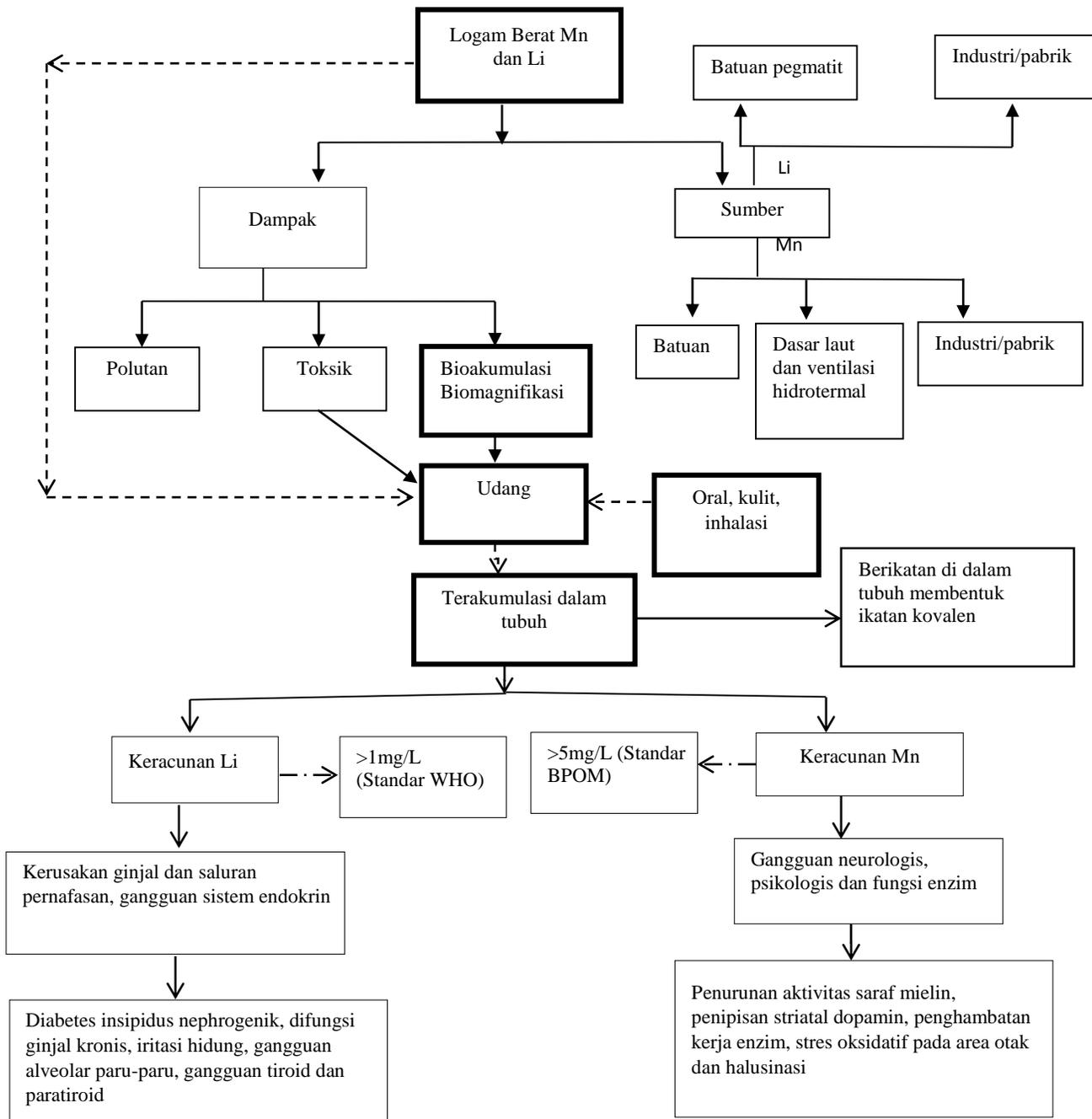
Pemanfaatan metode ICP-OES dalam bidang pertanian dan makanan antara lain yaitu diterapkan untuk analisis sejumlah besar bahan pertanian dan makanan. Jenis sampel termasuk tanah, pupuk, bahan tanaman, bahan pakan, makanan, jaringan hewan, dan cairan tubuh. Analisis formula bayi untuk Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P, K, Na dan Zn dan penentuan logam jejak dalam bir dan anggur.

Pemanfaatan metode ICP-OES dalam bidang biologi dan kesehatan antara lain yaitu penggunaan peralatan bedah, seperti pisau bedah, jarum, gunting, dan forsep, sering mencemari sampel dengan jumlah jejak unsur-unsur yang ditentukan dalam sampel; penentuan Cr, Ni dan Cu dalam urin; penentuan Al dalam darah; penentuan Cu di jaringan otak; penentuan Se di hati; penentuan Ni dalam ASI; penentuan B, P dan S dalam tulang; dan penentuan elemen jejak dalam tiram dan tuna.

Pemanfaatan metode ICP-OES dalam bidang geologis antara lain yaitu penentuan komposisi utama, minor dan jejak dari berbagai batuan, tanah, sedimen, dan bahan terkait; penentuan asal-usul formasi batuan dan untuk geokimia laut; penentuan U dalam material kadar bijih; analisis sedimen sungai untuk beberapa logam; analisis inti bor karbonat untuk elemen utama, minor dan jejak; penentuan unsur tanah jarang dalam formasi batuan; dan analisis plankton untuk beberapa elemen.

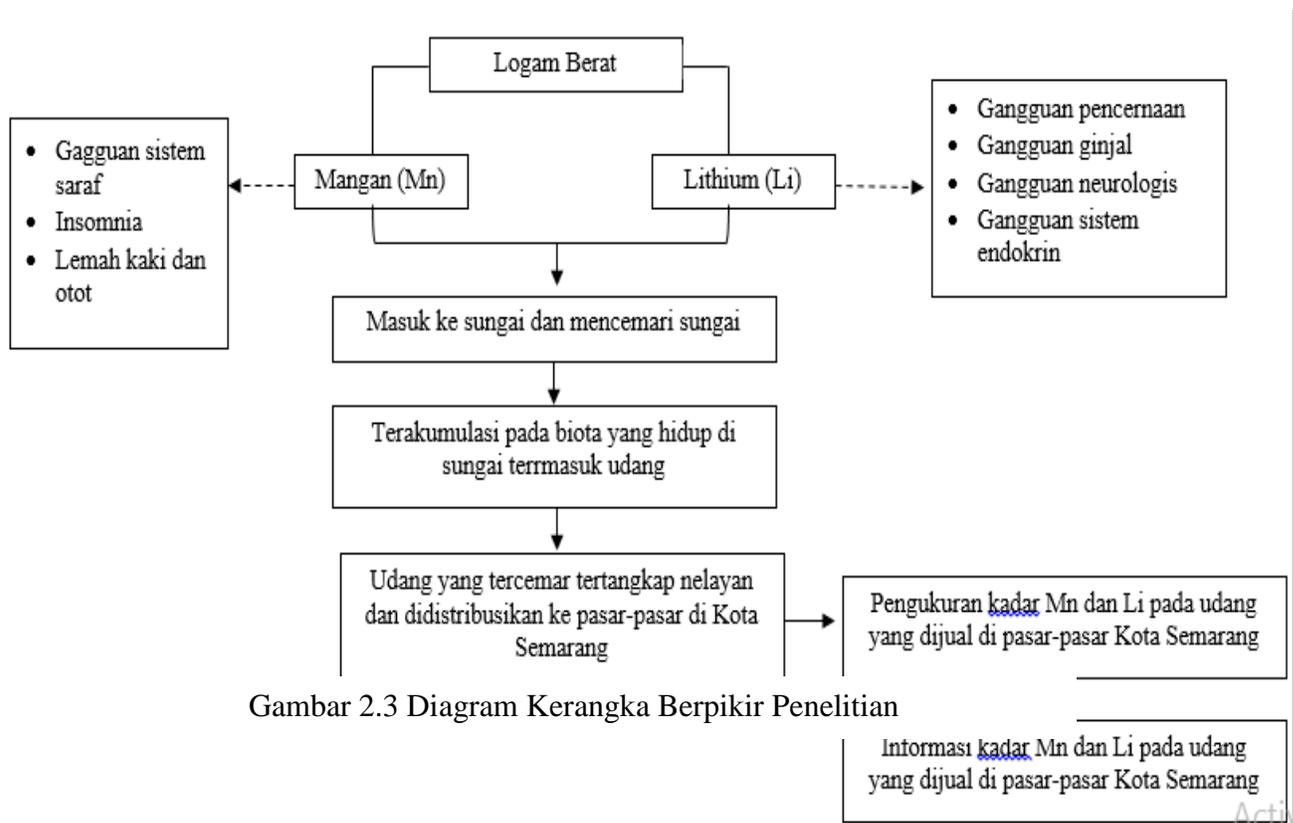
Pemanfaatan metode ICP-OES dalam bidang lingkungan dan perairan antara lain yaitu analisis lumpur limbah, tempat berlindung domestik dan industri, abu terbang batubara dan batu bara, dan debu dan partikel udara lainnya; analisis kualitas air; penentuan Fe, Cd, Cu, Mo, Ni, V, dan Zn di air laut; penentuan fosfor dalam air limbah kota; penentuan logam berat dalam sampel debu dalam kota; penentuan unsur-unsur beracun, jejak, dan utama dalam batubara dan slag; analisis baja paduan rendah untuk As, B, Bi, Ce, La, P, Sn dan Ta; penentuan Si dalam baja dengan presisi tinggi; penentuan kontaminan pada Al dengan kemurnian tinggi; analisis bahan superkonduktor untuk melacak kontaminan; analisis unsur kandungan minyak bumi, minyak pelumas; penentuan timbal dalam bensin; penentuan Cu, Fe, Ni, P, Si dan V dalam memasak; analisis organofosfat untuk melacak kontaminan; penentuan elemen utama dan elemen dalam antibeku.

### 2.5 Kerangka Teori



Gambar 2.2 Diagram Kerangka Teori Penelitian

## 2.6 Kerangka Berpikir



Gambar 2.3 Diagram Kerangka Berpikir Penelitian

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Semua sampel yang diuji dalam penelitian ini mengandung logam Mn dan Li dengan konsentrasi yang berbeda-beda pada setiap pasar.
2. Konsentrasi logam Mn pada udang di semua pasar yang diuji masih di bawah ambang batas yang ditetapkan BPOM sedangkan konsentrasi logam Li pada udang di Pasar Karangayu dan Pasar Kobong telah melebihi batas ambang yangnWHO dan konsentrasi logam Li pada uang di Pasar Peterongan dan Pasar Banyumanik belum melebihi batas ambang WHO

#### **5.2Saran**

1. Sampel yang digunakan perlu ditambah dari beberapa pedagang agar bisa dilakukan pengulangan yang lebih banyak. Asal udang yang dijadikan sampel sebaiknya ditelusuri lebih akurat agar pembaca atau peneliti lain yang akan mengembangkan penelitian ini mendapat informasi yang lebih banyak
2. Masyarakat harus hati-hati dalam mengonsumsi udang agar tidak banyak mengakumulasi logam Mn dan Li dalam tubuh. Konsumsi udang setiap minggu juga harus diperhatikan agar tidak melebihi jumlah konsumsi yang dibutuhkan oleh tubuh. Perlun pengawasan serius dari pemerintah terhadap sumber pencemaran yang mengandung unsur atau senyawa logam berat seperti Mn dan Li maupun logam lain yang berbahaya karena efek yang ditimbulkan dapat menyebabkan gangguan kesehatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akan, J.C. 2012. Study on the Distribution of Heavy Metals in Different Tissues of Fishes from River Benue in Vinikilang, Adamawa State, Nigeria. *British Journal of Applied Science & Technology*. 2:311-333
- Alhashemi, A.H, M.S.Sekhvatjou, B.Hassanzadeh Kiabi, A.R.Karbassi. 2012. Bioaccumulation of Trace Elements in Water, Sediment, and Six Fish Species From A Freshwater Wetland, Iran. *Microchemical Journal*. 104: 1-6
- Argasinski, K., A.Bednarska, R. Laskowski., 2012. The Toxicokinetics Cell Demography Model to Explain Metal Kinetics in Terrestrial Invertebrates. *Ecotoxicology*. 21:2 186-194
- Bappeda. 2010. *Pasar Tradisional di Kota Semarang*. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Semarang. Semarang
- Bounds, S.V.J. 2009. The toxicokinetics cell demography model to explain metal kinetics in terrestrial invertebrates. *Report*. Manganese REACH Administration. Norwich: Bounds Consulting Ltd
- Dayal, J. S., A. G. Ponniah, & K. Ambasankar. 2011. Food value of shrimp. In 9th Indian Fisheries Forum–Renaissance in Fisheries: Outlook and Strategies Souvenir (eds Ramachandran, C. et al.). *Organized by Asian Fisheries Society (Indian Branch) hosted by Central Marine Fisheries Institute*. Chennai. 19–23
- Ditjenkan. 2009. *Kelautan dan Perikanan Dalam Angka*. Kementerian Kelautan dan Perikanan, Pusat Data Statistik dan Informasi. Jakarta
- Dorne, J.C.M., Dorne, J.C.M., G. E. N. Kass, L. R. Bordajandi, B. Amzal, U. Bertelsen, A. F. Castoldi, C. Heppner, M. Eskola, S. Fabiansson, P. Ferrari, E. Scaravelli, E. Dogliotti, P. Furst, A. R. Boobis & P. Verger .2011. Human Risk Assessment of Heavy Metals: Principles and Applications. *Metal Ions in Life Sciences*. 8:27-60
- Food and Agricultural Organization. The State of World Fisheries and Aquaculture. *Bi-Annual Report*. FAO. Rome. 2012. p. 209.

- Endrawati, H.&Irwani. 2012. Komposisi dan Kelimpahan Ichthyofauna di Perairan Morosari, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*. 1:34-40
- Hartini, Eko. 2012. Efektivitas cascade Aerator dan Bubble Aerator dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 8 (1) 44-53
- Irzon, R.& S.Pemanadewi. 2010. Metode ICP-MS untuk Studi Rare Earth Elements Batuan Beku di Daerah Kab. Kulonprogo dan Sekitarnya (Elements Study of Igneous and Altered Rocks in Kulonprogo and Its Surrounding Using ICP-MS). *Proceeding Pitiagi Lombok*. 2010: 1-10
- Manullang, C.Y., Johannes H., ita W. 2014. Bioaccumulation of Cadmium (Cd) by White Shrimp (*Penaeus merguensis*) at Different Salinity Kedung Malang Estuary, Jepara (Central Java). *Journal Mar.Res Indonesia*. 39(01). Semarang. Pp 5
- Michaelsen, Kim., F. Dewey. K. G., Perez. E. A. B., Nurhasan. M., Lauritzen. L., Roos. N. 2011. *Food Sources and Intake of n-6 and n-3 Fatty Acids in low-income Countries with Emphasis on Infants, Young Children (6-24 months), and Pregnant and Lactating Women*. Department of Nutrition, Program in International and Community Nutrition. University of California. Davis. California, USA. (124-138)
- Mika. A., Golebiowski. M., Skorkowski. F. E., Stepnowski. P. 2012. Composition of fattyacids and sterols composition in brown shrimp Crangon crangon and herring Clupea harengus membras from the Baltic Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies: International Journal of Oceanography and Hydrobiology*. Faculty of Biology unversity of Gdan'sk. Poland (57-62)
- Misno, A.Nirmala &Winardi. 2016. Kajian Penyebaran Limbah Logam Berat Mangan (Mn) dan Timbal (Pb) Pada Air Tanah Bebas Di Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Sampah di Batu Layang Kota Pontianak. *Jurnal*: 1-9
- Ngginak, J., H. Semangun, J.C. Mangimbulude, F.S. Rondonuwu. 2015. Komponen Senyawa Aktif pada Udang Serta Aplikasinya dalam Pangan. *Sains Medika*. 5(20) 128-145
- Octaviannus, R., R. Kartika, N. Hindryawati. 2017. Analisis Kadar Logam Pb, Mn dan Kandungan Protein pada Daging Udang Windu (*Penaeus* Sp) yang Diambil Di Perairan Sungai Dondang Kecamatan Muara Jawa. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 2017: 85-93
- Riyanto, I., W.T. Baskoro, A.B. Kusuma, T.L. Wirduna, R. Mardiyati, A. Widianawati & Trijoko. 2015. Keragaman Jenis Udangan di Laguna Baros, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Preoceeding Seminar Nasional Biodiversitas Indonesia*. 1 (3) 439-443

- Roucco, N., M. Costantini & L. Santella. 2016. New insights into negative effects of lithium on sea urchin *Paracentrotus lividus* embryos. *Scientific Reports*: 1-11
- Suprapti, N.H. 2008. Kandungan Chromium pada Perairan , Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung, Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Bioma*. 10(2):53-56
- Tchounwou, P.B., C.G. Yedjou, A.K. Patlolla, and D.J. Sutton. 2012. Heavy Metals Toxicity and the Environment. *National Institute of Health Manuscript*. 101: 133-164
- Trung. Si T., Thai. P., *Phuong*. 2012. *Bioactive Compounds from By-Products of Shrimp Processing Industry in Vietnam*. Faculty of Food Technology, Nha Trang University, Nha Trang. Vietnam. (194-196)
- Vallapragada, V.V., Gopichand I., J. Sri R. 2011. A Validated Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) Method To Estimate Free Calcium And Phosphorus In *In Vitro* Phosphate Binding Study Of Eliphos Tablets. *American Journal of Analytical Chemistry*. 2:718-725
- Zahra, A., M.Z. Hashmi, R.N. Malik, Z. Ahmed. 2014. *Enrichment and Geo-Accumulation of Heavy Metals and Risk Assessment of Sediments of The Kurang Nallah—Feeding Tributary of The Rawal Lake Reservoir, Pakistan*. *Science of the Total Environment*: 925-933
- Zhao. J., Huang. R. G., Zhang. N. M., Chen. W. W., Jiang. X. J. 2011. Amino Acid Composition, Molecular Weight Distribution and Antioxidant Stability of Shrimp Processing Byproduct Hydrolysate. Department of Food Science, College of Life Sciences, China Jiliang University. *American Journal of Food Technology*. (643-64)