

**KANDUNGAN TIMBAL (Pb) PADA AIR, SEDIMEN DAN KERANG DARAH  
(*Anadara granosa L.*) DI MUARA SUNGAI KALANGANYAR SIDOARJO  
JAWA TIMUR**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**OLEH :  
ALBERTHA DHIYAN FAJAR PUTRI  
NIM. 0910810082**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2013**

**KANDUNGAN TIMBAL (Pb) PADA AIR, SEDIMEN DAN KERANG DARAH  
(*Anadara granosa L.*) DI MUARA SUNGAI KALANGANYAR SIDOARJO  
JAWA TIMUR**

Oleh:

**ALBERTHA DHIYAN FAJAR PUTRI  
NIM. 0910810082**

Telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal 30 Juli 2013 dinyatakan  
telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing I

Ir. Sri Sudaryanti, MS  
NIP. 19601009 198602 2 001  
Tanggal:

Dr.Ir. Mohammad Mahmudi, MS  
NIP. 19600505 198601 1 004  
Tanggal:

Dosen Penguji II

Dosen Pembimbing II

Nanik Retno Buwono, SPi, MS  
NIP. 84042008120095  
Tanggal:

Ir. Mulyanto, MS  
NIP. 19600317 198602 1 001  
Tanggal:

Mengetahui,  
Ketua Jurusan MSP

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS)  
NIP. 19600322 198601 1 001  
Tanggal:

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 30 Juli 2013

Mahasiswa,

ALBERTHA DHIYAN FP



## RINGKASAN

**Albertha Dhiyan Fajar Putri (0910810082).** Skripsi. Kandungan Timbal (Pb) pada Air, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa L.*) di Muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo, Jawa Timur.  
(di bawah bimbingan **Dr.Ir. Mohammad Mahmudi, MS** dan **Ir. Mulyanto, MS**).

---

Aktivitas masyarakat seperti kegiatan industri dan rumah tangga menghasilkan limbah yang mengandung logam berat. Logam berat Pb merupakan salah satu bahan pencemar yang dihasilkan dari kegiatan tersebut. Limbah logam berat Pb dibuang langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan dan mempengaruhi air, sedimen, fitoplankton dan kerang darah. Logam berat Pb di perairan sulit mengalami degradasi, sehingga dapat mengendap di dasar perairan yang merupakan habitat kerang darah. Kerang ini tergolong *filter feeder* karena mendapatkan makanan dengan cara menyaring air yang masuk ke dalam tubuhnya. Jika logam berat Pb masuk ke dalam tubuh kerang, maka akan terjadi proses bioakumulasi yaitu penumpukan logam berat di dalam tubuh biota. Kerang yang mengandung logam berat timbal (Pb) dimakan dan akhirnya sampai ke dalam tubuh manusia.

Penelitian tentang kandungan timbal (Pb) pada air dan sedimen dengan kerang darah (*Anadara granosa L.*) dilaksanakan di Muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo, Jawa Timur pada bulan April 2013. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan Pb pada kerang darah dengan kandungan Pb pada air, sedimen, fitoplakton serta mengetahui kandungan Pb pada kerang darah ukuran kecil (<2,5 cm), ukuran sedang (2,5-3 cm), ukuran besar (>3 cm). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dan dijelaskan secara deskriptif menggunakan analisis keragaman (ANOVA) sesuai Rancangan Acak Kelompok (RAK) dan analisis korelasi regresi.

Analisis kandungan logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA dan analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Ilmu-Ilmu Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK), terdapat 2 keragaman yaitu perlakuan terdiri dari ukuran kerang (kecil, sedang, besar) dan kelompok terdiri dari stasiun 1 (kiri muara), stasiun 2 (tengah muara), stasiun 3 (kanan muara). Analisis korelasi regresi digunakan untuk menjelaskan hubungan antar dua variabel tidak saja dalam bentuk sebab akibat, korelasi dikatakan menunjukkan sebab akibat jika diketahui bahwa antar variabel satu dengan yang lainnya saling mempengaruhi. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi: suhu, salinitas, pH, DO, TOM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Pb pada air berkisar antara 0,08-0,1 ppm, kandungan Pb pada sedimen berkisar antara 5,45-6,36 ppm. Kandungan Pb pada fitoplankton berkisar antara 0,1-0,13 ppm. Kandungan Pb pada

kerang darah ukuran kecil berkisar antara 0,41-0,90 ppm, ukuran sedang berkisar antara 0,74-1,25 ppm, ukuran besar berkisar antara 1,24-1,79 ppm.

Kandungan Pb pada kerang darah ukuran kecil < ukuran sedang < ukuran besar, hal ini diduga karena terdapat perbedaan ukuran kerang dan letak stasiun. Nilai koefisien korelasi antara Pb pada kerang dengan air dinyatakan dengan R sebesar 0,598. Nilai koefisien korelasi antara Pb pada kerang dengan sedimen dinyatakan dengan R sebesar 0,795. Nilai koefisien korelasi antara Pb pada kerang dengan fitoplankton dinyatakan dengan R sebesar 0,996. Analisis kualitas air didapatkan hasil 27°C - 28°C, salinitas 18-19 ppt, DO 3,5 mg/l - 4,2 mg/l, pH seluruhnya 8, TOM 15,77 - 27,88 ppm.

Kandungan Pb pada kerang darah ukuran kecil (0,41-0,90 ppm) lebih sedikit daripada kandungan Pb pada kerang ukuran sedang (0,74-1,25 ppm) dan kerang ukuran besar (1,24-1,79 ppm). Sebaiknya masyarakat mengkonsumsi kerang darah tidak berlebihan baik ukuran kecil, sedang maupun besar karena diduga mengandung logam berat timbal (Pb). Konsumsi mingguan kerang yang direkomendasikan oleh WHO toleransinya bagi orang dewasa sebesar 3,3 kg/minggu dan anak-anak sebesar 0,5 kg/minggu. Selain itu, perlu dilakukan perencanaan pengelolaan di Muara Sungai Kalanganyar secara terpadu dan berkelanjutan oleh seluruh pihak yang terkait (Stakeholder).



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan anugerahNya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Hubungan Kandungan Timbal (Pb) pada Air, Sedimen dan Kerang Darah di Muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo, Jawa Timur".

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam persiapan, pelaksanaan dan penyusunan Skripsi. Terima kasih disampaikan pada :

1. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang yang telah memberikan fasilitas kuliah untuk dapat menunjang proses kegiatan PKL.
2. Bapak Ir. Putut Widjanarko, MS selaku Ketua Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan dan Bapak Dr. Ir. Happy Nursyam, MS selaku Ketua Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan
3. Bapak Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS dan Bapak Ir. Mulyanto, MS selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan serta nasehat yang telah diberikan.
4. Ibu Ir. Sri Sudaryanti, MS dan Ibu Nanik Retno Buwono, S.Pi, MS selaku dosen penguji atas saran dan nasehat yang diberikan.
5. Keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta
6. Teman-teman eMeSPek angkatan 2009 yang telah membantu selama Skripsi berlangsung serta dalam penyusunan laporan.

Malang, 30 Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Kegunaan.....	4
1.5 Waktu dan Tempat .....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Logam Berat.....	5
2.1.1 Definisi Logam Berat .....	5
2.1.2 Pencemaran Logam Berat di Perairan.....	5
2.2.... Timbal (Pb) .....	6
2.2.1 Definisi Logam Berat Timbal (Pb).....	6
2.2.2 Sifat-sifat Logam berat Pb .....	7
2.2.3 Sumber Timbal (Pb) .....	7
2.2.4 Bentuk-bentuk Timbal (Pb) di Perairan .....	8
2.2.5 Dinamika Timbal (Pb) .....	8
2.2.6 Kandungan Timbal (Pb) di Sedimen .....	9
2.2.7 Kandungan Timbal (Pb) di Organisme.....	10
2.3 Biologi Kerang Darah ( <i>Anadara granosa L</i> ).....	11
2.3.1 Klasifikasi dan Identifikasi Kerang Darah.....	11
2.3.2 Makan dan Kebiasaan Makan .....	12
2.3.3 Fisiologi Kerang Darah .....	13
2.3.4 Dinamika Kerang Darah .....	15

2.4 Parameter Kualitas Air .....	16
2.4.1 Suhu.....	16
2.4.2 pH .....	16
2.4.3 Salinitas.....	17
2.4.4 DO.....	17
2.4.5 TOM .....	18
<b>3. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Materi Penelitian .....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Metode Penelitian.....	20
3.4 Lokasi Pengambilan Sampel .....	20
3.5 Teknik Pengambilan Sampel.....	22
3.6 Analisis Timbal (Pb) pada Sampel.....	22
3.7 Parameter Kualitas Air .....	23
3.7.1 Suhu.....	24
3.7.2 Salinitas .....	24
3.7.3 DO.....	25
3.7.4 pH .....	25
3.7.5 TOM.....	26
3.8 Analisa Data.....	27
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian.....	28
4.2 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Air.....	29
4.3 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Sedimen.....	31
4.4 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Fitoplankton.....	32
4.5 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Kerang Darah.....	34
4.6 Hubungan Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, Fitoplankton dengan Timbal (Pb) pada Kerang Darah.....	37
4.6.1 Hubungan antara Timbal (Pb) pada Fitoplankton dengan Kerang Darah .....	37
4.6.2 Hubungan antara Timbal (Pb) pada Air dengan Kerang Darah	39
4.6.3 Hubungan antara Timbal (Pb) pada Sedimen dengan Kerang Darah .....	40
4.7 Parameter Kualitas Air .....	42
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.Alat dan Bahan .....	19
2.Sidik Ragam Kandungan Pb pada Kerang Darah .....	35
3.Hasil Pengukuran Suhu .....	42
4.Hasil Pengukuran Salinitas .....	43
5.Hasil Pengukuran pH .....	44
6.Hasil Pengukuran DO .....	45
7.Hasil Pengukuran TOM.....	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Alur Permasalahan .....	3
2. Struktur Luar Kerang Darah ( <i>Anadara granosa L</i> ).....	11
3. Struktur Dalam Kerang Darah ( <i>Anadara granosa L</i> ) .....	13
4. Kandungan Pb pada Air di Tiap- tiap Stasiun.....	29
5. Kandungan Pb pada Sedimen di Tiap- tiap Stasiun .....	31
6. Kandungan Pb pada Fitoplankton di Tiap- tiap Stasiun.....	33
7. Kandungan Pb pada Kerang Darah di Tiap- tiap Stasiun.....	34
8. Hubungan antara Pb pada Fitoplankton dan Kerang .....	38
9. Hubungan antara Pb pada Air dan Kerang .....	39
10. Hubungan antara Pb pada Sedimen dan Kerang.....	41



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1.Peta Lokasi Penelitian .....	49
2.Lokasi Pengambilan Sampel.....	50
3.Data Logam Berat Pb pada Sampel.....	51
4.Hasil Koefisien Korelasi (R) dan Grafik Regresi .....	52
5.Data Kualitas Air .....	54
6.Hasil Perhitungan .....	55
7.Hasil Analisis Logam Berat .....	56



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Muara Sungai Kalanganyar merupakan perairan yang bersifat terbuka, artinya mudah menerima dampak negatif dari kegiatan disekitarnya secara alami maupun dari kegiatan manusia. Kabupaten Sidoarjo sebagai wilayah yang terus berkembang, dari waktu ke waktu akan menyumbangkan limbah dari kegiatan industri dan rumah tangga. Limbah dari kegiatan tersebut dibuang ke sungai dan akhirnya menuju muara, salah satunya Muara Sungai Kalanganyar. Limbah industri dan rumah tangga mengandung unsur logam berat yang menyebabkan pencemaran lingkungan.

Unsur logam berat tidak dapat diuraikan (*non degradable*) sehingga selalu ada terus di alam. Selain itu, unsur logam berat memiliki daya toksisitas, mudah larut di perairan, mudah terakumulasi dan sulit diekskresikan jika sudah masuk tubuh biota. Salah satu logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran muara sungai adalah timbal (Pb). Timbal (Pb) merupakan logam berat *non essensial* yang berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup (Purnomo dan Muchyidin, 2007).

Pembuangan limbah logam berat Pb tidak hanya mencemari lingkungan perairan tetapi menyebabkan terkumpulnya logam berat dalam sedimen dan biota perairan. Dalam lingkungan perairan ada tiga media yang dapat dipakai sebagai indikator pencemaran logam berat yaitu air, sedimen dan organisme hidup (Ricomarsen, 2010). Berdasarkan uji pendahuluan yang dilakukan, logam berat Pb

merupakan logam berat yang terdeteksi pada air sebesar 0,12 ppm, sedimen sebesar 3,16 ppm, dan daging kerang darah sebesar 1,14 ppm.

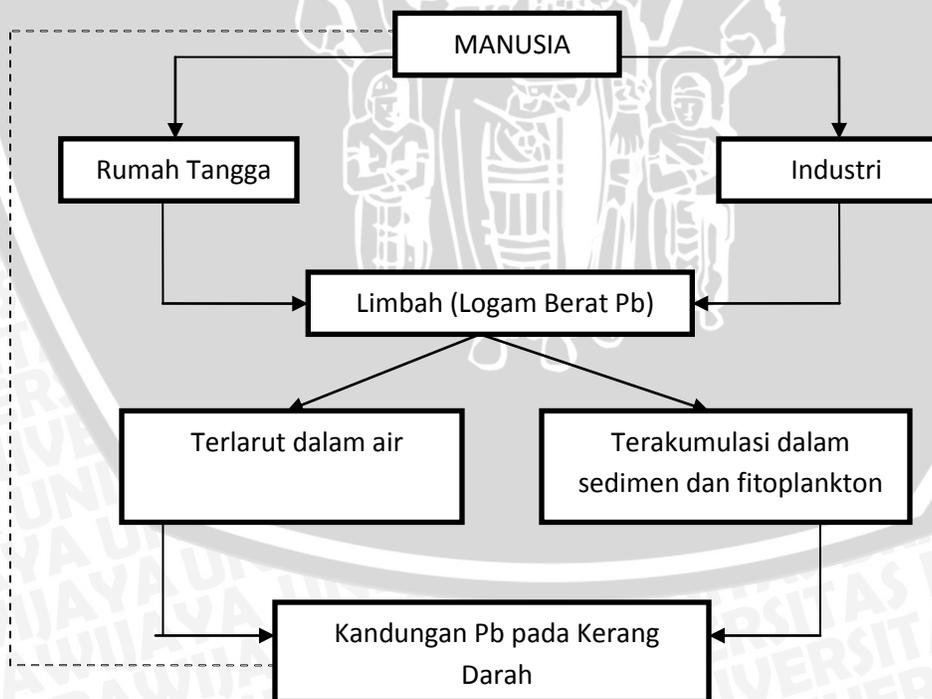
Kerang darah merupakan jenis kerang yang berpotensi dan bernilai ekonomis untuk dikembangkan sebagai sumber protein dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia (Nurjanah *et al.*, 2005). Hewan ini tergolong *filter feeder* karena mendapatkan makanannya dengan cara menyaring air di tempat tinggalnya. Kerang mempunyai daya tahan hidup yang tinggi meskipun di lingkungan hidupnya mengandung logam berat. Hal ini dikarenakan terdapat protein *metallothioenin* yang berfungsi mengikat logam berat di dalam jaringan tubuh biota tersebut.

Menurut Awalina (2011), fitoplankton adalah tumbuhan mikroskopis yang memiliki sedikit atau tanpa resistensi terhadap arus air dan hidup bebas mengambang serta tersuspensi dalam air. Perairan yang tercemar logam berat timbal (Pb) menyebabkan fitoplankton terkontaminasi logam tersebut. Oleh karena itu, perlu diketahui kandungan Pb pada fitoplankton karena salah satu makanan kerang adalah fitoplankton.

Tingginya kandungan Pb dalam jaringan tubuh kerang tidak terlepas dari tingginya kandungan Pb di dalam air dan sedimen (Suaniti, 2007). Kandungan Pb pada sedimen dipengaruhi Pb pada air karena terjadi proses sedimentasi yang dibantu oleh arus air. Ekskresi logam berat Pb oleh kerang dapat menyumbang kandungan Pb pada sedimen karena hewan tersebut mempunyai habitat di dasar perairan. Untuk mengetahui hubungan kerang darah dengan lingkungan hidupnya maka perlu dilakukan penelitian mengenai kandungan Pb pada air dan sedimen dengan kerang darah di Muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo, Jawa Timur.

## 1.2 Rumusan Masalah

Aktivitas masyarakat seperti kegiatan industri dan rumah tangga menghasilkan limbah yang mengandung logam berat. Logam berat Pb merupakan salah satu bahan pencemar yang dihasilkan dari kegiatan tersebut. Limbah logam berat Pb dibuang langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan dan mempengaruhi air, sedimen, fitoplankton dan kerang darah. Logam berat Pb di perairan sulit mengalami degradasi, sehingga dapat mengendap di dasar perairan yang merupakan habitat kerang darah. Kerang ini tergolong filter feeder karena mendapatkan makanan dengan cara menyaring air yang masuk ke dalam tubuhnya. Jika logam berat Pb masuk ke dalam tubuh kerang, maka akan terjadi proses bioakumulasi yaitu penumpukan logam berat di dalam tubuh biota. Kerang yang mengandung logam berat timbal (Pb) dimakan dan akhirnya sampai ke dalam tubuh manusia. Bagan alur permasalahan dapat dilihat pada Gambar 1. dibawah ini.



Dari uraian dan bagan alur di atas maka dapat ditarik permasalahan sebagai berikut:

- Bagaimana kandungan logam berat Pb pada kerang darah ukuran kecil (<2,5 cm), ukuran sedang (2,5-3 cm), ukuran besar (>3 cm)?
- Bagaimana kandungan Pb pada kerang darah dengan kandungan Pb pada air, sedimen, dan fitoplakton di Muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui kandungan logam berat Pb pada kerang darah ukuran kecil (<2,5 cm), ukuran sedang (2,5-3 cm), ukuran besar (>3 cm).
2. Mengetahui kandungan Pb pada kerang darah dengan kandungan Pb pada air, sedimen, dan fitoplakton di Muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo

### **1.4 Kegunaan Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal dalam menentukan kebijakan bagi pengelolaan sumber daya perairan sungai secara terpadu dan berkelanjutan serta dapat menambah ilmu pengetahuan tentang kandungan Pb pada air dan sedimen dengan kerang darah.

### **1.5 Tempat dan Waktu**

Penelitian ini dilaksanakan di muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo, Jawa Timur pada bulan April 2013. Analisis kandungan logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA dan analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Ilmu-Ilmu Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Logam Berat

#### 2.1.1 Definisi Logam Berat

Dalam badan perairan, logam pada umumnya berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Sedangkan pada lapisan atmosfer, logam ditemukan dalam bentuk partikulat, dimana unsur-unsur logam tersebut ikut berterbangan dengan debu-debu yang ada di atmosfer (Palar, 1994). Logam berat adalah unsur logam dengan berat molekul yang tinggi, mempunyai daya hantar panas listrik yang tinggi dan memiliki densitas  $> 5 \text{ gr/cm}^3$  (Hutagalung *et al.*, 1997).

Menurut Supriyanto *et al.* (2007), logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup. Walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Melalui berbagai perantara, seperti udara, makanan, maupun air yang terkontaminasi oleh logam berat, logam tersebut dapat terdistribusi ke dalam tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasi. Jika keadaan ini berlangsung terus-menerus dalam jangka waktu yang lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia.

#### 2.1.2 Pencemaran Logam Berat di Perairan

Pencemaran logam berat terhadap alam lingkungan estuaria merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Kontaminasi logam berat ini dapat berasal dari faktor alam seperti kegiatan gunung berapi dan kebakaran hutan atau faktor manusia seperti pembakaran minyak bumi, pertambangan, peleburan, proses industri, kegiatan pertanian,

peternakan dan kehutanan, serta limbah buangan termasuk sampah rumah tangga (Atmojo, 2012).

Adanya logam berat di perairan sangat berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan biota perairan maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan. Logam berat yang masuk ke perairan pada kadar di luar batas yang diperkenankan akan mencemari perairan laut. Logam berat juga akan terkonsentrasi dalam tubuh makhluk hidup melalui proses bioakumulasi (Darmono, 2001).

Keberadaan logam – logam dalam badan perairan dapat berasal dari sumber alamiah dan dari aktifitas manusia. Sumber alamiah masuk ke dalam perairan bisa dari pengikisan batuan mineral. Di samping itu partikel logam yang ada di udara, karena adanya hujan dapat menjadi sumber logam dalam perairan. Adapun logam yang berasal dari aktifitas manusia dapat berupa buangan industri ataupun buangan dari rumah tangga (Fardiaz, 1992).

## **2.2 Timbal (Pb)**

### **2.2.1 Definisi Timbal (Pb)**

Pb termasuk golongan transisi IV A dalam sistem periodik unsur, yang mempunyai nomor atom 82, bobot atom 207,21, densitas  $11,34 \text{ g/cm}^3$ , mencair pada suhu  $327,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , dan mendidih pada suhu  $1725 \text{ }^\circ\text{C}$  (Reilly , 1980 dalam Jalius, 2008).

Suatu perairan yang terakumulasi oleh Pb akan berdampak pada organisme perairan dimana Pb dapat masuk ke dalam tubuh organisme melalui rantai makanan, insang atau difusi melalui permukaan kulit, sehingga dapat berpengaruh

dan membahayakan kesehatan manusia (Sorensen, 1994 dalam Tresnati *et al.*, 2007).

Penggunaan Pb terbesar adalah industri baterai, kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Timbal digunakan pada mesin kendaraan, cat, dan pestisida. Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air, maupun tanah. Pencemaran Pb merupakan masalah utama, tanah dan debu sekitar jalan raya pada umumnya telah tercemar bensin bertimbal selama bertahun-tahun (Panjaitan, 2009).

### 2.2.2 Sifat-sifat Logam Berat Pb

Menurut 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 di ubah 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* (ikatan) 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.

### 2.2.3 Sumber Pb

Logam-logam dalam perairan keberadaannya berasal dari sumber alamiah dan dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia, sumber logam alamiah yang masuk dalam badan perairan bisa berupa pengikisan batu mineral yang banyak bersumber

dari perairan, partikel-partikel yang ada di udara yang masuk ke perairan dikarenakan terbawa oleh air hujan. Adapun logam yang berasal dari aktivitas manusia berasal dari limbah industri dan limbah rumah tangga (Palar, 1994).

Sumber alami utama Pb adalah galena ( $PbS$ ), gelesite ( $PbSO_4$ ) dan cerrusite ( $PbCO_3$ ). Bahan bakar yang mengandung Pb (*leaded gasoline*) juga memberikan kontribusi yang berarti bagi keberadaan Pb di dalam air. Pb yang ditemukan pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut. Kadar toksisitas Pb dipengaruhi oleh pH, suhu, dan kadar oksigen (Effendi, 2003).

#### **2.2.4 Bentuk – bentuk Pb di Perairan**

Senyawa Pb yang ada dalam badan perairan dapat ditemukan dalam bentuk ion-ion divalent tetravalent ( $Pb^{2+}$ ,  $Pb^{4+}$ ). Ion Pb divalent ( $Pb^{2+}$ ) digolongkan ke dalam kelompok ion logam kelas antara. Ion Pb tetravalen ( $Pb^{4+}$ ) digolongkan pada kelompok ion kelas B. Pengelompokan ion logam ini dibuat oleh Richardson. Bila didasarkan pada pengelompokan ion-ion logam Richardson, ion Pb tetravalent mempunyai daya racun yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan ion Pb divalent. Akan tetapi dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa ion Pb divalent lebih berbahaya dibandingkan dengan ion Pb tetravalen (Palar, 1994).

Timbal terdapat dalam air karena adanya kontak antara air dengan tanah atau udara tercemar timbal, air yang tercemar oleh limbah industry atau berakibat korosi pada pipa. Timbal dalam system perairan biasanya dalam bentuk kompleks dalam gugusan organik membentuk larutan klorida atau dalam bentuk ion  $Pb^{++}$  dan  $PbCl^+$  (Supriharyono, 2002 *dalam* Permana, 2006).

#### **2.2.5 Dinamika Pb (Timbal)**

Dinamika logam berat Pb dipengaruhi oleh pelapukan batuan dan pemanfaatan logam berat tersebut oleh manusia, selain itu keberadaan logam berat

ini juga dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Menurut Renoua *et al.*, (2008), pencemaran logam berat Pb merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Keberadaan logam ini dalam lingkungan berasal dari dua sumber. Pertama dari proses alamiah seperti pelapukan secara kimiawi dan kegiatan geokimiawi serta dari tumbuhan dan hewan yang membusuk, kedua dari hasil aktifitas manusia terutama hasil dari limbah industri. Semakin bertambahnya industri akan mengakibatkan peningkatan jumlah logam berat yang akan berakibat buruk bagi lingkungan.

Menurut Rochyatun *et al.*, (2006) berpendapat bahan pencemar yang mengandung logam berat Pb yang berasal dari darat cukup tinggi terbawa air hujan kemudian mengalir ke laut melalui sungai. Logam berat yang semula terlarut dalam air sungai diadsorpsi oleh partikel halus (suspended solid) dan oleh aliran air sungai dibawa ke muara. Di muara, arus air sungai bertemu dengan arus pasang dan kondisi arus gelombang yang cukup tenang, sehingga logam tersebut mengalami pengenceran cukup rendah.

Menurut Usman (2013), timbal tidak akan larut ke dalam tanah jika tanah tidak terlalu masam. Tingginya tingkat keasaman dapat diatasi dengan pengapuran. Pengapuran tanah dan penyerapannya oleh tanaman mengurangi ketersediaan timbal. Timbal akan diendapkan untuk menempati tempat - tempat petukaran pada akar dan permukaan tanah. Timbal sebagian besar diakumulasi oleh organ tanaman seperti daun, batang, akar. Tanaman dapat menyerap logam Pb pada saat kondisi kesuburan tanah, kandungan bahan organik, serta KTK (Kemampuan Tukar Kation) tanah rendah. Pada keadaan ini logam berat Pb akan terlepas dari ikatan tanah dan berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah. Jika logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi serapan Pb oleh akar tanaman.

### 2.2.6 Kandungan Timbal (Pb) di Sedimen

Kandungan logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh tipe sedimen, dengan kategori kandungan logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir (Korzeniewski & Neugabieuer *dalam* Amin, 2001). Pada konsentrasi logam berat tertinggi dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Hal ini sebagai akibat dari adanya gaya tarik elektro kimia partikel sedimen dengan partikel mineral, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme (Hutagalung *et al.*, 1997).

Besar kandungan logam berat yang mengendap di dasar perairan pada daerah yang memiliki arus tenang akan jauh lebih banyak jika dibandingkan perairan berarus kuat (Hutagalung, 1984). Konsentrasi logam berat tertinggi terdapat dalam sedimen yang partikelnya paling halus, oleh karena itu sedimen yang terkontaminasi oleh logam berat tetap dapat menjadi sumber pencemar bahkan jika sumber asli pencemar telah dihilangkan (Bryan, 1976).

### 2.2.6 Kandungan Timbal (Pb) di Organisme

Logam berat masuk ke perairan melalui proses kondensasi (penggumpalan awan yang disebabkan penguapan dari lautan dan daratan), presipitasi (turunnya air hujan karena pengaruh kondensasi), maupun terdifusi (pengambilan udara oleh air) karena energi angin. Di dalam perairan, selanjutnya akan mengalami proses kimia dan biologi, sehingga dari proses tersebut akan mempengaruhi kelarutannya pada badan perairan maupun proses sedimentasi (Khaisar, 2006).

Logam berat dalam konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan kematian beberapa jenis biota perairan. Disamping itu, dalam konsentrasi yang rendah logam berat dapat membunuh organisme hidup dan proses ini diawali dengan penumpukan

logam berat dalam tubuh biota. Lama kelamaan, penumpukan yang terjadi pada organ target dari logam berat akan melebihi daya toleransi dari biotanya dan hal ini menjadi penyebab dari kematian biota terkait (Supriatno dan Lelifajri, 2009).

## 2.3 Biologi Kerang Darah (*Anadara granosa* L.)

### 2.3.1 Klasifikasi dan Identifikasi

Klasifikasi kerang darah menurut Zipcodezoo (2013), sebagai berikut :

Phylum	: Mollusca
Class	: Bivalvia
Subclass	: Metabranchia
Superorder	: Filibranchia
Order	: Pteriomorpha
Superfamily	: Arcoidea
Family	: Arcidae
Genus	: <i>Anadara</i>
Spesies	: <i>Anadara granosa</i> L.



Gambar 2. Struktur Luar *Anadara granosa* L. (Googleimage, 2013)

Kerang ini disebut kerang darah karena memiliki pigmen darah merah/haemoglobin yang disebut *bloody cockles*, sehingga kerang ini dapat hidup pada kondisi kadar oksigen yang relatif rendah, bahkan setelah dipanen masih bisa hidup walaupun tanpa air. Kerang dalam keadaan hidup dengan ciri cangkang tertutup rapat bila terkena sentuhan. Kerang yang mati cangkangnya agak terbuka dan sedikit menganga yang diikuti oleh bau segar yang perlahan-lahan berganti dengan bau busuk (amoniak) (Nurjanah *et al.*, 2005).

Bentuknya bulat kipas, agak lonjong, terdiri dari dua belahan yang sama (simetris), mempunyai garis palial pada cangkang sebelah dalam yang lengkap dan garis palial bagian luar beralur. Bagian dalam halus dengan warna putih mengkilat. Warna dasar kerang putih kemerahan (merah darah) dan bagian dagingnya merah dan ukuran lebar cangkang dapat mencapai 4 cm (Umbara dan Suseno, 2006).

### **2.3.2 Makan dan Kebiasaan Makan**

Hewan ini tergolong *filter feeder* yaitu jenis hewan yang mendapatkan makanan dengan jalan menyaring air yang masuk ke dalam tubuhnya. Makanan yang masuk bersama air tadi digerakkan, diperas, lalu dicerna dengan bantuan cilia (rambut getar) pada tubuhnya. Cilia mampu bergerak 2-20 kali per detik. Makanan yang masuk dapat berupa zooplankton, fitoplankton, bakteri, flagellata, protozoa, detritus, alga, dan berbagai zat yang tersuspensi dalam perairan tempat tinggalnya (Hasim, 2008 *dalam* Ayuningrat, 2009).

Makanan kijing adalah apa saja yang ditangkap. Jika fitoplankton hanya tersedia sedikit maka akan memakan detritus. Dalam waktu 3 jam moluska dapat mengambil 200 juta makanan. Umumnya fitoplankton yang melimpah di air juga akan terdapat dalam perut moluska.

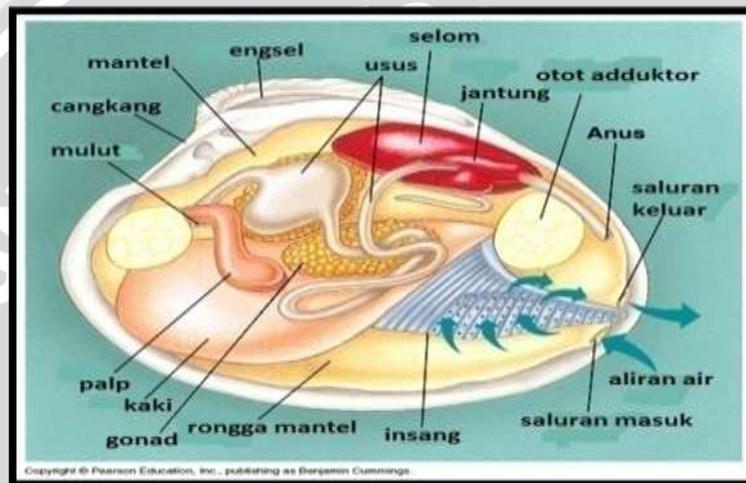
Sistem organ-organ yang berkaitan dengan pencernaan makanan dan pengeluaran feses terdiri dari mulut, esofagus pendek, lambung, *crystalline sac*, *digestive diverticula*, perut, rektum, anus. Mulut berbentuk celah antara sepasang *labial palps* dan dilapisi dengan epitelium bersilia pada sebuah membran. Sel-sel epitel hanya berisi beberapa kelenjar lendir. Esofagus pendek berbentuk corong dan pada bagian ventral dilapisi epitelium mirip dengan mulut. Alur sepanjang dinding mantel mengarah ke pembukaan perut dan berfungsi untuk menyortir makanan serta mengarahkan partikel makanan. *Crystalline sac* membantu dalam pencampuran partikel makanan dan menghasilkan enzim pencernaan. Pencernaan dan penyerapan makanan pada kerang merupakan proses intraseluler yang berlangsung di *digestive diverticula* (Galtsoff, 1984).

### 2.3.3 Fisiologi Kerang Darah (*Anadara granosa* L.)

Kerang terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu mantel, insang, dan organ dalam. Mantel menggantung di seluruh tubuh, dan membentuk lembaran yang luas dari jaringan yang berada di bawah cangkang. Puncak cangkang disebut umbo dan merupakan bagian cangkang yang paling tua. Garis-garis melingkar sekitar umbo menunjukkan pertumbuhan cangkang. Di dalam cangkang terdapat dua buah sifon yang berbeda fungsi. Sifon ventral (*inhalant*) berfungsi sebagai alat pemasukan air (makanan) dan sifon dorsal (*exhalant*) untuk membuang sisa metabolisme (Hakim, 2007).

Sistem organ-organ yang berkaitan dengan pencernaan makanan dan pengeluaran feses terdiri dari mulut, esofagus pendek, lambung, *crystalline sac*, *digestive diverticula*, perut, rektum, anus. Mulut berbentuk celah antara sepasang *labial palps* dan dilapisi dengan epitelium bersilia pada sebuah membran. Sel-sel epitel hanya berisi beberapa kelenjar lendir. Esofagus pendek berbentuk corong dan

pada bagian ventral dilapisi epitelium mirip dengan mulut. Alur sepanjang dinding mantel mengarah ke pembukaan perut dan berfungsi untuk menyortir makanan serta mengarahkan partikel makanan. *Crystalline sac* membantu dalam pencampuran partikel makanan dan menghasilkan enzim pencernaan. Pencernaan dan penyerapan makanan pada kerang merupakan proses intraseluler yang berlangsung di *digestive diverticula* (Galtsoff, 1984).



**Gambar 3. Struktur Dalam *Anadara granosa* L. (googleimage, 2013)**

Menurut Maulana (2007), proses respirasi pada kijing terjadi di dalam insang dan mantel. Insang merupakan sepasang membran yang terdiri dari dua *lamella*. Pada *lamella* terdapat sejumlah saluran air yang letaknya vertikal dan bersatu pada rongga *suprabranchial* yang ujungnya menuju ke sifon dorsal, ke arah dimana air yang telah diambil oksigennya dikeluarkan. Jantung terletak di dalam rongga pericardium yang terdiri atas satu serambi dan dua bilik. Darah dari serambi akan dipompa ke dua arah, ke depan melalui aorta anterior menuju kaki dan alat tubuh lainnya kecuali insang dan ginjal. Dari mantel darah langsung kembali ke bilik. Darah yang telah bersikulasi dari organ yang lain akan dilewatkan melalui pembuluh darah

kecil (vena) menuju ginjal untuk membuang sisa metabolisme, darah kemudian ke insang untuk mengikat oksigen dan melepaskan CO<sub>2</sub>.

Hewan ini bersifat hermaprodit dan kebanyakan hewan ini mempunyai alat kelamin yang terpisah. Pada saat terjadi perkawinan, alat kelamin jantan akan mengeluarkan sperma ke air dan akan masuk dalam tubuh hewan betina. Melalui sifon air masuk, sehingga terjadilah pembuahan. Ovum akan tumbuh dan berkembang yang melekat pada insang dalam ruang mantel, kemudian akan menetas dan keluarlah larva yang disebut glokidium. Larva ini akan keluar dari dalam tubuh hewan betina melalui sifon air keluar, kemudian larva tersebut menempel pada insang atau sirip ikan dan larva tersebut akan dibungkus oleh lendir dari kulit ikan. Larva ini bersifat sebagai parasit kurang lebih selama 3 minggu. Setelah tumbuh dewasa, larva akan melepaskan diri dari insang atau sirip ikan dan akan hidup bebas (Cester, 2011).

Di dalam tubuh hewan, logam diabsorpsi oleh darah dan berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi biasanya dalam organ detoksikasi (hati) dan ekskresi (ginjal). Di dalam kedua jaringan tersebut biasanya logam juga berikatan dengan berbagai jenis protein baik enzim maupun protein lain yang disebut *metallothionin* (Darmono, 2001). Kelompok ini mengikat logam-logam berat sangat kuat, khususnya merkuri (Hg), kadmium (Cd), perak (Ag), seng (Zn). Logam-logam biasanya bertindak sebagai kofaktor atau sebagai modulator reaksi-reaksi tertentu. Sel-sel perlu menyimpan cadangan logam tetapi tidak berlebihan atau pada konsentrasi toksik. Logam-logam tersebut selanjutnya dibebaskan perlahan sebagai fungsi keperluan sel (Lasut, 2002).

### 2.3.4 Dinamika Kerang Darah

Berkurangnya kerang darah pada suatu populasi melalui kematian dapat dijelaskan dari persentase individu yang hidup (tingkat survival) atau persentase individu yang mati (tingkat mortalitas). Terdapat banyak faktor pada lingkungan laut yang mempengaruhi kesempatan untuk hidup (survival) individu pada suatu populasi. Hal ini meliputi kekurangan makanan, kompetisi dan adanya predasi. Tingkat kematian juvenil yang lebih sedikit, karena umumnya memiliki pemangsa lebih sedikit dan kematian dewasa konstan dari sisa hidupnya (Gosling, 2003).

Rekrut adalah jumlah kerang yang telah mencapai suatu umur tertentu, dan masuknya individu dalam satu waktu yang disebut musim rekrutmen. Rekrutmen merupakan penambahan anggota baru ke dalam suatu kelompok. Semua populasi memiliki kapasitas untuk tumbuh, karena faktor alam dapat menambah kecepatan mortalitas sehingga populasi juga akan tumbuh. Daya tahan hidup akan optimal jika kondisi lingkungan hidupnya terpenuhi, sehingga kerang dapat tumbuh berkembang (Komala *et al.*, 2011).

## 2.4 Parameter Kualitas Air

### 2.4.1 Suhu

Apabila limbah industri yang panas dibuang ke sungai, maka air sungai akan menjadi panas. Air sungai yang suhunya naik akan mengganggu kehidupan hewan air dan organisme air lainnya karena kadar oksigen terlarut dalam air akan turun bersamaan dengan kenaikan suhu. Padahal setiap kehidupan memerlukan oksigen untuk bernafas. Oksigen yang terlarut dalam air berasal dari udara yang secara lambat terdifusi ke dalam air (Wardhana, 2004).

Peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air yang selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi

oksigen. Pada peningkatan suhu perairan sebesar  $10^{\circ}\text{C}$  menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2-3 kali lipat (Effendi, 2003).

#### **2.4.2 pH ("Puissance Hydrogen)**

Derajat Keasaman (pH) menunjukkan kekuatan antara asam dan basa dalam air, juga dapat diartikan dengan kadar konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air yang mempunyai pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004).

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan pH rendah dan berkurang dengan meningkatnya pH. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada  $\text{pH} < 5$ , alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Toksisitas logam dapat memperlihatkan peningkatan pH rendah (Effendi, 2003).

#### **2.4.3 Salinitas**

Konsentrasi rata-rata seluruh garam yang terdapat di dalam air laut dikenal sebagai salinitas. Hampir semua organisme laut hanya dapat hidup pada daerah-daerah yang mempunyai perubahan salinitas yang sangat kecil. Daerah estuarine adalah suatu daerah dimana kadar salinitasnya berkurang, karena adanya sejumlah

air tawar yang masuk berasal dari sungai-sungai dan juga disebabkan oleh terjadinya pasang surut di daerah ini (Hutabarat dan Evans, 2008).

Menurut Praseno *et al.*, (2010), salinitas diartikan sebagai ukuran yang menggambarkan tingkat keasinan (NaCl) dari suatu perairan. Satuan salinitas umumnya dalam bentuk promil (‰) atau satu bagian per seribu bagian, misalnya 35g dalam 1 L air (1000 ml) maka kandungan salinitasnya 35‰ atau dalam istilah lainnya disebut psu (partical salinity unit). Air tawar memiliki salinitas 0‰, air payau memiliki salinitas antara 1‰-30‰, sedangkan air laut/asin memiliki salinitas diatas 30‰.

#### **2.4.4 DO (“Dissolved Oxygen”)**

Oksigen terlarut (“Dissolved Oxygen” = DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2005).

Penyebab utama berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air disebabkan karena adanya zat pencemar yang dapat mengkonsumsi oksigen. Zat pencemar tersebut terutama terdiri dari bahan-bahan organik dan non organik yang berasal dari berbagai sumber, seperti kotoran (manusia dan hewan), sampah organik, bahan-bahan buangan industri dan rumah tangga. Sebagian besar zat pencemar yang menyebabkan oksigen terlarut berkurang adalah limbah organik (Connel dan Miller, 1995).

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) menyatakan besarnya kandungan oksigen yang terlarut dalam suatu perairan. Konsentrasinya dipengaruhi oleh suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Konsentrasinya juga berfluktuasi secara harian dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk perairan (Effendi, 2003).

#### **2.4.5 TOM (“Total Organic Matter”)**

Bahan organik total atau *Total Organic Matter* (TOM) menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (partikulat) dan koloid. Prinsip analisis TOM hampir sama dengan prinsip analisis COD yaitu didasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi dengan menggunakan senyawa Kalium permanganat. Oksidator yang digunakan untuk penentuan TOM adalah  $\text{KMnO}_4$ , diasamkan dengan menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan dididihkan beberapa saat (Hariyadi *et al.*, 1992).

*Total Organic Matter* (TOM) merupakan gambaran total bahan organik yang berada di dalam perairan dengan menggunakan pereduksi permanganat untuk menggambarkan bahan organik. Semua bahan organik mengandung unsure karbon C yang berkombinasi dengan satu atau lebih unsur lainnya (Effendi, 2003).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air, sedimen, fitoplankton, kerang darah (ukuran kecil <2,5 cm, ukuran sedang 2,5-3 cm, ukuran besar >3 cm) (Afriansyah, 2009). Parameter kualitas air yang diamati meliputi suhu, salinitas, pH, DO, TOM.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Tabel Alat dan Bahan Penelitian**

Parameter	Alat	Bahan	Satuan
Pb pada Air	SSA	-	ppm
Pb pada Sedimen	SSA	-	ppm
Pb pada Daging Kerang Darah	SSA	-	ppm
Pb pada Fitoplankton	SSA	-	ppm
Suhu	Termometer	Air muara	°C
Salinitas	Salinometer	Air muara	ppt
pH	pH meter	Air muara	-
Oksigen Terlarut	DO meter	Air muara	mg/l
TOM	1. Gelas ukur 2. Erlemeyer 3. Buret 4. Statif 5. Hot Plate 6. Pipet tetes 7. Pipet Volume 8. Stirer	1. Air muara 2. $\text{KMnO}_4$ 3. $\text{H}_2\text{SO}_4$ 4. Na-oxalate 5. Aquadest	ppm

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Menurut Notoatmodjo (2010), penelitian survei tidak dilakukan intervensi atau perlakuan terhadap variabel, tetapi sekadar mengamati terhadap fenomena alam atau sosial, atau mencari hubungan fenomena tersebut dengan variabel-variabel yang lain. Survei dilakukan terhadap sekumpulan objek yang biasanya cukup banyak dalam jangka waktu tertentu, tetapi tidak seluruh objek diteliti, tetapi melalui perwakilan dari seluruh objek tersebut. Perwakilan seluruh objek yang diambil ini disebut sampel. Oleh sebab itu, penelitian survei selalu melakukan pengambilan sampel.

Hasil penelitian survei tersebut dijelaskan secara deskriptif. Penjelasan secara deskriptif ini dilakukan untuk membuat pencandraan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi atau daerah tertentu (Ismadi, 1998).

### 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan perahu nelayan yang disesuaikan dengan lokasi penelitian. Sampel yang diambil adalah air, sedimen, kerang darah, dan fitoplankton. Lokasi penelitian terdiri dari 3 stasiun pengambilan sampel dan setiap stasiun dilakukan 3 kali ulangan. Penetapan stasiun berdasarkan letak geografis yang berfungsi sebagai petunjuk lokasi pengambilan sampel. Letak geografis terdiri dari garis lintang dan garis bujur. Langkah-langkah mencari garis lintang dan garis bujur lokasi pengambilan sampel menggunakan Google map adalah sebagai berikut :

1. Buka [www. google.com](http://www.google.com) kemudian pilih map dan masukan alamat pada kotak pencarian,
2. Zoom hingga mendapat tempat lokasi yang diinginkan,

3. Klik kanan lokasi tersebut dan pilih "center map here",
4. Klik tombol Hyperlink "Link to this Page" di situs google map dan copy paste URL tersebut ke notepad, mencari nilai parameter pada URL adalah garis lintang dan garis bujur tujuan,
5. Rumah saya ada pada koordinat -6.463951, 106.812338

Garis lintang dapat menunjukkan musim sedangkan garis bujur dapat menunjukkan waktu. Lintang utara (LU) bertanda positif dan lintang selatan (LS) bertanda negatif pada hasil pencarian titik koordinat google map. Garis bujur disebut bujur timur (BT) bila bertanda positif dan bujur barat (BB) bila bertanda negatif pada pencarian titik koordinat google map. Garis lintang dan garis bujur lokasi pengambilan sampel yang didapat menggunakan prosedur diatas sebagai berikut :

- Stasiun 1 ulangan 1 : 7°38'17,04" LS dan 112°83'70,93" BT
- Stasiun 1 ulangan 2 : 7°37'80,44" LS dan 112°83'82,95" BT
- Stasiun 1 ulangan 3 : 7°37'42,56" LS dan 112°84'38,73" BT
- Stasiun 2 ulangan 1 : 7°38'32,79" LS dan 112°83'90,24" BT
- Stasiun 2 ulangan 2 : 7°38'28,53" LS dan 112°84'35,30" BT
- Stasiun 2 ulangan 3 : 7°38'26,83" LS dan 112°84'76,50" BT
- Stasiun 3 ulangan 1 : 7°38'46,83" LS dan 112°82'76,94" BT
- Stasiun 3 ulangan 2 : 7°38'78,33" LS dan 112°83'80,80" BT
- Stasiun 3 ulangan 3 : 7°39'02,59" LS dan 112°83'86,81" BT

Stasiun 1 daerah kiri muara sungai, stasiun 2 daerah tengah muara sungai menghadap ke arah laut lepas, stasiun 3 daerah kanan muara sungai. Jarak antar stasiun sejauh  $\pm 1$  km yang dianggap sudah mewakili daerah penelitian dan

pengambilan sampel pada waktu surut. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Lampiran 1 dan 2.

### 3.5 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air secara langsung di perairan menggunakan botol air mineral 600 ml yang sudah ditandai sesuai lokasi pengambilan sampel. Pengambilan sampel kerang darah dan sedimen menggunakan jaring lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik yang sudah ditandai sesuai lokasi pengambilan. Cara pengambilan fitoplankton menggunakan *plankton net* No.25 dengan ukuran mata jaring 64  $\mu\text{m}$  pada jarak 20 cm dari sedimen. Sampel fitoplankton yang diperoleh dimasukkan ke dalam botol film yang sudah ditandai sesuai lokasi pengambilan.

Kerang darah yang telah ditangkap di setiap stasiun dikelompokkan terlebih dahulu ke dalam 3 ukuran panjang kerang, yaitu kerang kecil (<2,5 cm), kerang sedang (2,5 cm-3 cm) dan kerang besar (>3 cm). Penetapan ukuran kerang ini berdasarkan pada ukuran kerang yang dikelompokkan pada uji pendahuluan. Menurut Afriansyah (2009), *Anadara granosa* dikelompokkan terlebih dahulu ke dalam 3 ukuran panjang yaitu; ukuran kecil (<2,5 cm), sedang (2,5-3cm) dan besar (3-5 cm) sebelum dilakukan analisis.

Pengambilan sampel dibantu oleh seorang nelayan. Sampel kerang yang didapat dipisahkan antara cangkang dan daging. Daging kerang tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik yang sudah ditandai sesuai ukuran dan lokasi pengambilan sampel. Selanjutnya sampel air, sedimen, kerang darah dan fitoplankton dianalisis di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

### 3.6 Analisis Timbal (Pb) pada Sampel

Analisis logam berat Pb pada air, sedimen, daging kerang darah dan fitoplankton dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang menggunakan Spektrometri Serapan Atom (SSA).

Prosedur analisis Pb pada sampel adalah sebagai berikut :

1. Menimbang masing-masing sampel padat  $\pm 15$  gr dengan timbangan sartorius untuk mendapatkan berat basah.
2. Mengoven sampel padat pada suhu  $\pm 105$  °C selama 3-5 jam sampai mendapat berat konstan.
3. Menimbang berat konstan dengan timbangan sartorius sebagai berat kering.
4. Memasukkan sampel yang sudah kering ke dalam *beaker glass* 100 ml.
5. Menambahkan  $\text{HNO}_3$  dengan perbandingan 1:1 (  $\text{HNO}_3$ :HCL) sebanyak  $\pm 10$ -15 ml.
6. Memanaskan diatas *hot plate* di dalam kamar asam sampai  $\pm 3$  ml.
7. Menyaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml.
8. Mengulang proses penyaringan sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam *beaker glass*.
9. Menganalisis sampel dengan menggunakan mesin Spektrometri Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 283,3 nm.
10. Menyiapkan larutan standar.
11. Menganalisis larutan standar dengan mesin SSA dan mencatat nilai absorbannya kemudian membuat kurva kalibrasinya. Larutan standar ini berfungsi untuk membantu nilai konsentrasi logam Pb pada sampel, karena prinsip kerja mesin SSA hanya menentukan nilai absorbansi dengan sampel.

### 3.7 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, pH, salinitas, DO, dan TOM. Tujuan analisis parameter kualitas air untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan yang mendukung hidup kerang darah.

#### 3.7.1 Suhu

Menurut Standar Nasional Indonesia (1989), pengukuran suhu dengan menggunakan alat yaitu Thermometer Hg. Pengukuran suhu dilakukan dengan cara

1. Mengkalibrasi Thermometer Hg.
2. Melakukan pemeriksaan terhadap suhu udara di daerah lokasi pengambilan sampel dengan cara menempatkan Thermometer Hg sedemikian rupa, sehingga tidak terjadi kontak langsung dengan cahaya matahari yang biasanya dilindungi dengan bayangan badan.
3. Menunggu sampai skala suhu pada Thermometer Hg menunjukkan angka yang stabil.
4. Mencatat suhu udara yang tertera.
5. Mencilupkan Thermometer ke dalam air sampai batas skala terbaca.
6. Menunggu selama 2-5 menit sampai skala suhu pada Thermometer Hg menunjukkan angka yang stabil.
7. Membaca skala Thermometer Hg harus dilakukan tanpa mengangkat lebih dahulu Thermometer Hg dari badan air.

#### 3.7.2 Salinitas

Pengukuran salinitas dengan menggunakan alat salinometer ATAGO *Pocker Refractometer* dilakukan dengan cara :

1. Mengkalibrasi lapisan prisma dengan menggunakan aquades dan keringkan dengan menggunakan tisu
2. Mengambil 0,3 ml larutan sampel, kemudian teteskan di atas lapisan prisma
3. Menekan tombol start, maka *Pocket Refractometer* akan menunjukkan hasil larutan uji pada layar setelah muncul tanda panah tiga kali
4. Setelah muncul tanda panah tiga kali, tunggu selama 2 menit maka kadar salinitas larutan uji sudah terbaca
5. Matikan *Pocket Refractometer* dengan menekan tombol start selama 2 detik
6. Membersihkan lapisan prisma dengan menggunakan aquades kembali dan keringkan dengan menggunakan tissue.

### 3.7.3 DO (“Dissolved Oxygen”)

Alat yang digunakan adalah DO meter tipe Lutron DO-5510. Menurut petunjuk pemakaian DO meter tersebut, prosedur pengukuran DO adalah:

1. Membilas probe dengan dengan deionised atau air suling sebelum digunakan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada ujung probe. Jika tidak ada, rendamlah pada air kran selama 30 menit.
2. Menyalakan DO meter. Nilai DO terletak pada bagian atas layar sedangkan indikator suhu terletak pada bagian pojok kanan bawah dari layar.
3. Mencilupkan probenya pada sampel dan biarkan beberapa saat sampai stabil.

Catatan: ketika mencelupkan probe pada sampel, yakinkan bahwa ujung probenya tercelup semua. Yakinkan jangan sampai ada gelembung karena dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan.

4. Membaca nilai DO ketika DO meter sudah stabil. Akan muncul kata “READY“, dan sampel sudah bisa dibaca nilainya.

5. Menekan tombol “*HOLD*” untuk mengunci nilai DO yang terbaca. Tekan “*HOLD*” lagi untuk melepaskan kuncinya.
6. Menentukan nilai suhu secara langsung dapat dilihat di bagian kiri bawah DO meter.

### 3.7.4 pH (“*Puissance Hydrogen*”)

Alat yang digunakan adalah pH meter tipe KL-03 (II) Waterproof Pen. Menurut petunjuk pemakaian pH meter tersebut, prosedur pengukuran pH sebagai berikut :

1. Menghidupkan pH meter.
2. Memasukkan pH meter ke dalam air sampel selama 2 menit.
3. Membaca dan mencatat nilai yang muncul pada pH meter.

### 3.7.5 TOM (“*Total Organic Matter*”)

Menurut Hariyadi *et al.*, (1992), adapun cara mengukur kandungan total bahan organik terlarut atau TOM adalah dengan cara sebagai berikut:

1. Memasukkan 50 ml air sampel ke dalam erlenmeyer.
2. Menambahkan 9,5 ml  $\text{KMnO}_4$  dari buret.
3. Menambahkan 10,00 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:4).
4. Memanaskan dalam pemanas air sampai suhu mencapai  $70^\circ\text{C}$ - $80^\circ\text{C}$  kemudian diangkat.
5. Menambahkan Na-Oxalate 0,01 N perlahan sampai tidak berwarna pada suhu  $60^\circ\text{C}$ - $70^\circ\text{C}$
6. Menitrasi dengan  $\text{KMnO}_4$ , sampai terbentuk warna (merah jambu/pink). mencatatnya sebagai nilai ml titran (x ml).
7. Melakukan prosedur 1 sampai 6 dengan menggunakan sampel aquadest dan mencatat volum titran yang digunakan sebagai nilai y (ml).

Perhitungan:

$$TOM (mg/L) = \frac{(X - Y) \times 31,6 \times 0,01 \times 1000}{ml \text{ air sampel}}$$

Keterangan:

X = ml titran untuk air sampel

Y = ml titran untuk aquades (larutan blanko)

31.6 = Seperlima dari BM  $KMnO_4$

0,01 = Normalitas  $KMnO_4$

### 3.8 Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian dianalisis menggunakan analisis keragaman (ANOVA) berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Analisis keragaman (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran kerang dan letak stasiun terhadap kandungan logam berat Pb pada kerang ukuran kecil, sedang dan besar. Jika hasil ANOVA dengan taraf kesalahan sebesar 5% dan 1% berpengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji BNT untuk mengetahui perbedaan nyata atau tidaknya kandungan Pb pada kerang darah tersebut.

Selain itu, data tersebut dianalisis menggunakan analisis korelasi dan regresi. Analisis ini dapat menentukan arah dan kuatnya hubungan Pb di kerang darah dengan Pb di air, sedimen, fitoplankton. Regresi memiliki 2 variabel yang terdiri dari Y variabel terikat (variabel dependen) yaitu variabel yang dipengaruhi dan X variabel bebas (variabel independen) yaitu variabel yang mempengaruhi. Menurut Sugiyono (2011), persamaan umum regresi linier sederhana adalah:

$$Y = a + b X$$

Dimana :

Y : Variabel dependen yang diprediksikan.

a : Harga Y ketika harga  $X = 0$  (harga konstan).

b : Angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka peningkatan atau penurunan variabel dependen yang didasarkan pada perubahan variabel independen. Bila (+) arah garis naik, bila (-) maka arah garis turun.

X : Subjek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu.



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di muara Sungai Kalanganyar, Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Menurut Shodikin<sup>1</sup> (komunikasi pribadi), Luas wilayah Desa Kalanganyar kurang lebih 135.000 m<sup>2</sup> dan 2/3 wilayahnya terdiri dari tambak. Adapun batas-batas Desa Kalanganyar sebagai berikut.

- Sebelah timur : Desa Pucanganom
- Sebelah selatan : Desa Gedangan
- Sebelah barat : Desa Sawohan
- Sebelah utara : Desa Pepe, Desa Damarsi

Wilayah Kabupaten Sidoarjo berada di dataran rendah. Sidoarjo dikenal dengan sebutan Kota Delta, karena berada di antara dua sungai besar pecahan Kali Brantas, yaitu Kali Mas dan Kali Porong. Delta merupakan endapan di muara sungai yang terletak di lautan terbuka sebagai akibat dari berkurangnya laju aliran saat memasuki laut dan akhirnya membentuk daratan. Kali Mas dan Kali Porong ini membentuk kanal-kanal sungai, salah satunya Sungai Kalanganyar.

Muara Sungai Kalanganyar dapat ditempuh melalui dua jalur yaitu jalur darat dan jalur sungai. Jalur darat hanya dapat dilalui dengan berjalan kaki karena kondisi jalan yang tidak rata dan becek saat musim hujan. Oleh karena itu, peneliti menempuh jalur sungai menggunakan perahu nelayan.

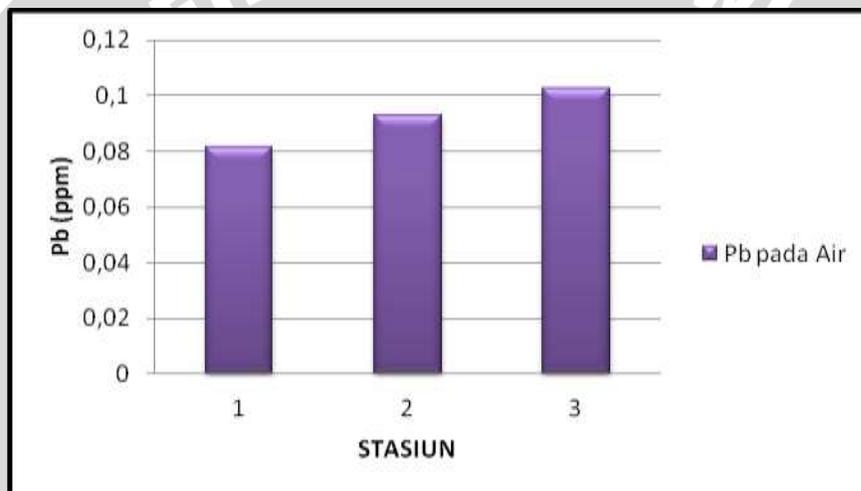
---

<sup>1</sup> Kepala Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati

Lokasi yang digunakan untuk mengambil sampel merupakan daerah pertemuan antara air sungai dan air laut. Substrat pada lokasi pengambilan sampel pada umumnya lempung berpasir berwarna hitam dan airnya keruh berwarna kecoklatan. Bagian kanan dan kiri muara sungai banyak ditumbuhi mangrove.

#### 4.2 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Air

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa kandungan Pb pada air muara Sungai Kalanganyar berkisar antara 0,08-0,1 ppm dan disajikan dalam Gambar 4.



**Gambar 4. Kandungan Pb pada Air di Tiap- tiap Stasiun**

Kandungan Pb pada air di tiap-tiap stasiun berbeda, hal ini dikarenakan arah aliran air yang berbeda dari sungai menuju laut. Sungai merupakan aliran air yang mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah dan memanjang menuju laut. Pola aliran air di muara Sungai Kalanganyar berbentuk radial, yaitu aliran sungai yang mengalir ke segala arah dari satu titik. Kandungan Pb pada air di stasiun 3 (kanan muara) lebih tinggi, hal ini karena air sungai yang membawa limbah langsung dibelokkan ke kanan muara dan perahu nelayan sering melewati stasiun 3 menuju laut lepas. Perahu nelayan tersebut dapat menyumbangkan Pb pada cat-cat

perahu anti korosi. Kandungan Pb terendah pada air di stasiun 1 (kiri muara), karena jarang terdapat aktivitas penangkapan dan hanya digunakan sebagai tempat menyimpan ikan hasil tangkapan nelayan. Air muara yang mengandung Pb dimungkinkan diserap lebih banyak oleh ikan daripada kerang sehingga kandungan Pb pada kerang darah di stasiun 1 lebih sedikit.

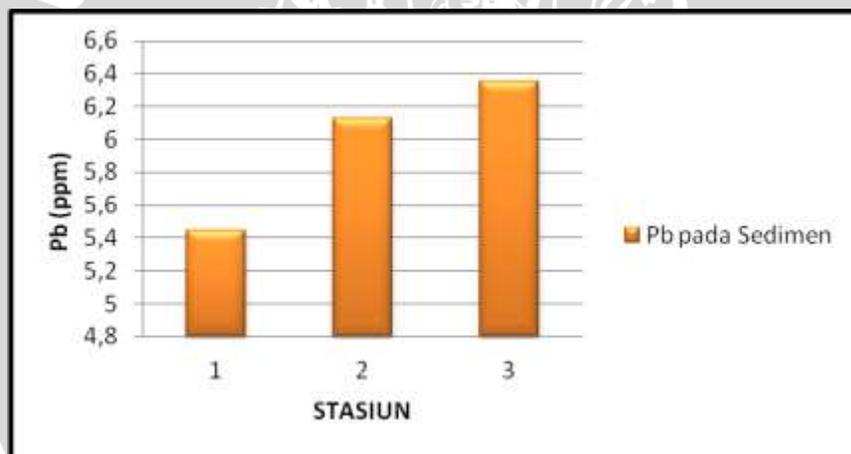
Kandungan Pb di muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo diduga berasal dari limbah industri yaitu PT Pakarti Riken Indonesia (memproduksi mesin otomotif) yang menggunakan Pb sebagai pelumas mesin agar tidak timbul perkaratan dan limbah rumah tangga yang berasal dari pemukiman penduduk di sekitar Sungai Kalanganyar. Kandungan Pb pada tiap daerah juga dipengaruhi oleh proses-proses yang terjadi di perairan seperti proses sedimentasi dan difusi. Menurut Supriharyono (2002), logam berat yang dilimpahkan ke dalam perairan, baik sungai maupun lautan akan mengalami paling tidak tiga proses, yaitu pengendapan: apabila konsentrasi logam lebih besar daripada daya larut terendah komponen yang terbentuk antara logam dan anion yang ada di dalam air. Adsorpsi (berikatan dengan unsur lain dan absorpsi (penyerapan) oleh organisme-organisme perairan baik langsung maupun tidak langsung melalui rantai makanan.

Hasil kandungan Pb pada air muara Sungai Kalanganyar di tiap-tiap stasiun tersebut sudah melebihi ambang batas yang ditentukan untuk perairan. Hal ini sesuai dengan KMLH Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut sebesar 0,008 ppm. Kandungan logam berat Pb ini tergantung dari banyak sedikitnya limbah yang masuk ke dalam perairan. Semakin banyak limbah yang masuk ke dalam perairan maka kandungan logam berat Pb akan semakin tinggi pula.

Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mencemari laut. Selain mencemari air, logam berat juga akan mengendap di dasar perairan yang mempunyai waktu tinggal (*residence time*) sampai ribuan tahun dan logam beratakan terkonsentrasi ke dalam tubuh makhluk hidup dengan proses bioakumulasi dan biomagnifikasi melalui beberapa jalan yaitu melalui saluran pernapasan, saluran makanan dan melalui kulit (Darmono, 2001).

#### 4.3 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Sedimen

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa kandungan Pb pada sedimen muara Sungai Kalanganyar berkisar antara 5,45-6,36 ppm dan disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Kandungan Pb pada Sedimen di Tiap- tiap Stasiun

Kandungan Pb pada sedimen di stasiun 3 (kanan muara) lebih tinggi daripada stasiun 1 (kiri muara) dan stasiun 2 (tengah muara). Kandungan Pb pada sedimen di stasiun 3 dipengaruhi oleh kandungan Pb pada air di stasiun 3 juga. Jarak permukaan air dengan sedimen pada stasiun 3 cukup dangkal sehingga Pb pada air lebih cepat menyatu dengan sedimen. Menurut baku mutu logam berat di perairan standart Belanda yaitu International Association of Dredging Companies

(IADC) dan Central Dredging Association (CEDA) (1997), menyatakan bahwa nilai Pb < 85 ppm termasuk level target yaitu jika konsentrasi kontaminan di sedimen nilainya lebih kecil dari level target maka substansi yang ada pada sedimen tak berbahaya bagi lingkungan.

Meningkatnya kadar logam berat dalam lingkungan perairan hingga melebihi batas maksimum akan menyebabkan rusaknya lingkungan serta dapat membahayakan kehidupan organisme di dalamnya. Mengendapnya logam berat bersama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan di sekitarnya (Bangun, 2005).

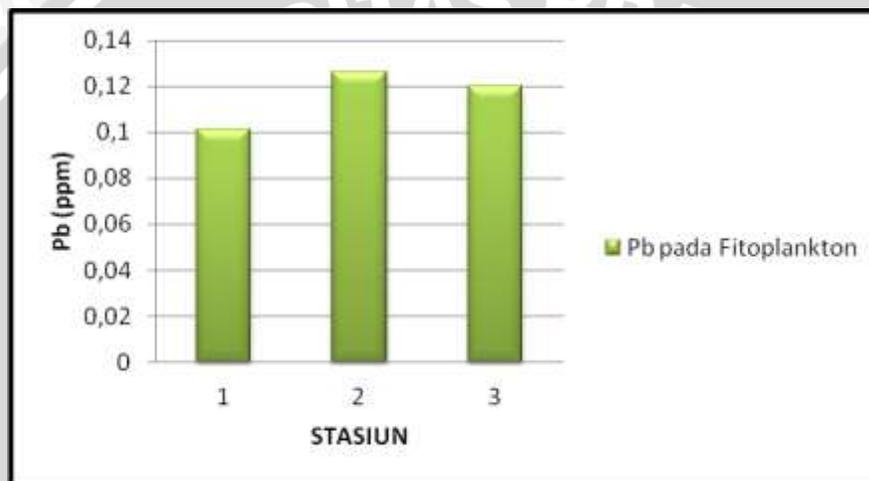
Kandungan Pb yang terkandung pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi kehidupan organisme. Akan tetapi kualitas air dapat mempengaruhi bahaya atau tidaknya bagi kehidupan organisme perairan. Pada umumnya logam-logam berat ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi perairan yang bersifat dinamis seperti perubahan pH, akan menyebabkan logam-logam berat yang mengendap dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme hidup bila ada dalam jumlah berlebih (Connel dan Miler, 1995).

Kandungan logam berat Pb sedimen di stasiun berbeda karena adanya perbedaan laju proses pengendapan atau sedimentasi yang dialami logam berat. Dalam hal ini logam berat yang terdapat pada kolom air akan mengalami proses penggabungan dengan senyawa lain, sehingga berat jenisnya menjadi lebih besar yang akan mempengaruhi laju pengendapan. Air yang menggenang cenderung sedimennya mengandung logam berat yang lebih tinggi. Menurut Harahap (1991), logam berat bersifat mengendap dalam perairan. Logam berat mempunyai sifat

mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, maka kadar logam berat dalam sedimen umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan kolom perairan.

#### 4.4 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Fitoplankton

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa kandungan Pb pada fitoplankton muara Sungai Kalanganyar berkisar antara 0,1-0,13 ppm dan disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6. Kandungan Pb pada Fitoplankton di Tiap- tiap Stasiun**

Fitoplankton yang terdapat di tiap-tiap stasiun mempunyai kandungan logam berat Pb yang berbeda. Fitoplankton yang tertangkap di stasiun 2 (tengah muara) kandungan logam berat Pb lebih tinggi dibandingkan fitoplankton yang tertangkap di stasiun 1 (kiri muara) dan stasiun 3 (kanan muara). Hal ini menunjukkan bahan organik banyak terdapat di di stasiun 2 (tengah muara). Bertemunya air sungai dan air laut diduga banyak menggenang di daerah tengah muara. Oleh karena itu, kandungan Pb pada kerang lebih tinggi juga di tengah muara daripada kiri dan kanan muara. Fitoplankton yang sudah terkontaminasi Pb akan mempengaruhi kandungan Pb pada kerang yang memakan fitoplankton tersebut. Kandungan

nutrien yang cukup akan meningkatkan produktifitas fitoplankton. Meningkatnya produktifitas fitoplankton di daerah muara ini akan mendukung meningkatnya produktifitas organisme lain yang memiliki tingkatan trofik lebih tinggi (Chanton dan Lewis, 2002).

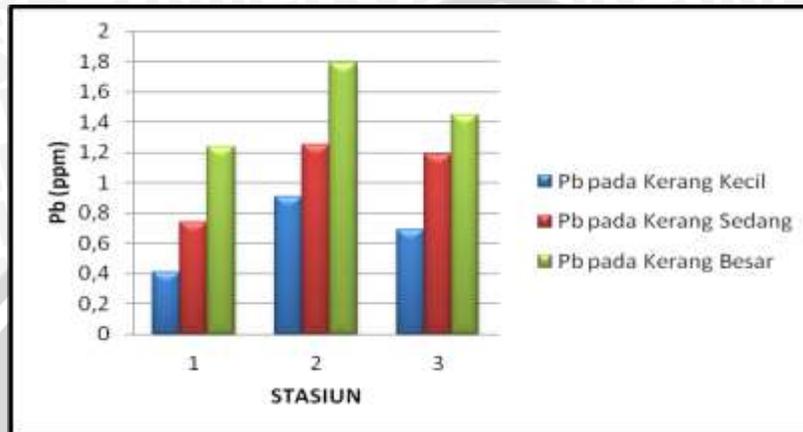
Kandungan Pb pada fitoplankton lebih besar daripada kandungan Pb di air. Hal ini menunjukkan bahwa fitoplankton mampu menyerap logam berat di perairan. Menurut Wibowo (2004), proses akumulasi bahan pencemar ke dalam fitoplankton dari lingkungannya terjadi akibat interaksi antara bahan pencemar tersebut dengan permukaan tubuhnya karena fitoplankton merupakan organisme renik bersel tunggal yang seluruh permukaannya dilapisi oleh membrane sel, maka masuknya bahan pencemar tersebut melalui membran selnya.

#### **4.5 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Kerang Darah Ukuran Berbeda**

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa kandungan Pb pada kerang darah ukuran kecil berkisar antara 0,41-0,90 ppm, ukuran sedang berkisar antara 0,74-1,25 ppm, ukuran besar berkisar antara 1,24-1,79 ppm. Kandungan Pb pada kerang darah ukuran kecil, sedang, besar di tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 7.

Kerang ukuran kecil, sedang, besar di stasiun 2 (tengah muara) mempunyai kandungan Pb lebih tinggi daripada stasiun 1 (kiri muara) dan stasiun 3 (kanan muara). Hal ini diduga di daerah tengah muara tersedia lebih banyak makanan dibandingkan daerah kiri muara dan kanan muara. Kerang akan lebih sering melakukan proses makan memakan jika di lingkungan tempat tinggalnya tersedia banyak makanan. Fitoplankton merupakan salah satu makanan kerang. Kandungan Pb pada fitoplankton di tengah muara juga lebih tinggi daripada kiri kanan muara.

Makanan kerang dapat berupa zooplankton, fitoplankton, bakteri, flagellata, protozoa, detritus, alga, dan berbagai zat yang tersuspensi dalam perairan tempat tinggalnya (Ayuningrat, 2009).



**Gambar 7. Kandungan Pb pada Kerang Darah di Tiap- tiap Stasiun**

Kerang ukuran kecil, sedang, besar di stasiun 2 (tengah muara) mempunyai kandungan Pb lebih tinggi daripada stasiun 1 (kiri muara) dan stasiun 3 (kanan muara). Hal ini diduga di daerah tengah muara tersedia lebih banyak makanan dibandingkan daerah kiri muara dan kanan muara. Kerang akan lebih sering melakukan proses makan memakan jika di lingkungan tempat tinggalnya tersedia banyak makanan. Fitoplankton merupakan salah satu makanan kerang. Kandungan Pb pada fitoplankton di tengah muara juga lebih tinggi daripada kiri kanan muara. Makanan kerang dapat berupa zooplankton, fitoplankton, bakteri, flagellata, protozoa, detritus, alga, dan berbagai zat yang tersuspensi dalam perairan tempat tinggalnya (Ayuningrat, 2009).

Penyerapan logam berat pada kerang dapat secara aktif yaitu melalui makanan dan secara pasif yaitu melalui pernapasan maupun penyerapan dari kulit. Menurut Darmono (2001), logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernapasan, pencernaan dan penetrasi

melalui kulit. Absorpsi melalui saluran pernapasan biasanya cukup besar. Adsorpsi yang masuk ke dalam pencernaan biasanya cukup besar tetapi jumlah logam yang masuk melalui saluran pencernaan presentase absorpsinya cukup kecil.

Kerang ukuran kecil (<2,5 cm) memiliki kandungan Pb lebih rendah daripada kerang ukuran sedang dan besar. Kerang ukuran sedang (2,5 cm-3 cm) memiliki kandungan Pb lebih rendah daripada kerang ukuran besar (>3 cm). Kandungan Pb pada kerang tersebut sudah melebihi batas yang diperbolehkan. Menurut KMLH Nomor 51 Tahun 2004, kandungan Pb yang diperbolehkan untuk biota air sebesar 0,008 ppm.

Untuk mengetahui perbedaan kandungan Pb pada kerang kecil, sedang, besar dipengaruhi oleh ukuran kerang dan letak stasiun, dilakukan uji ANOVA. Hasil analisis sidik ragam dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Sidik Ragam Kandungan Pb pada Kerang Darah**

SK	DB	JK	KT	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Kelompok	2	0,4065	0,2032	34,061**	6,94	18,00
Perlakuan	2	1,0259	0,5129	85,965**	6,94	18,00
Galat	4	0,0239	0,006			
Total	8	1,4562				

\*=berbeda nyata

\*\*=berbeda sangat nyata

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa ukuran kerang dan letak stasiun memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kandungan Pb pada kerang ukuran kecil, sedang, besar untuk itu dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil uji BNT tersebut menunjukkan perbedaan ukuran kerang dan letak stasiun

mempengaruhi kandungan logam berat Pb pada kerang ukuran kecil, sedang, besar. Hasil uji BNT dapat dilihat pada Lampiran 6.

Kandungan Pb pada kerang besar (>3 cm) lebih tinggi daripada kerang kecil (<2,5 cm) dan kerang sedang (2,5-3 cm) karena lamanya waktu kerang besar terpapar logam berat Pb di lingkungan hidupnya. Akumulasi logam berat Pb di dalam tubuh kerang darah dipengaruhi oleh kemampuan fisiologis dari kerang itu sendiri. Dalam proses metabolisme tubuhnya akan mengolah atau mentransformasi setiap bahan racun (logam berat) yang masuk, sehingga akan mempengaruhi daya racun atau toksisitas bahan tersebut (logam berat) (Apriadi, 2005).

Besar cangkang suatu spesies makrofauna benthik biasanya diidentikkan dengan umur spesies tersebut. Artinya semakin besar ukuran cangkang maka umur spesies tersebut juga diperkirakan lebih tinggi (Amriani, 2011). Proses pelepasan logam berat pada kerang ukuran besar lebih lambat dibandingkan kerang kecil dan sedang sehingga logam berat Pb masih terkumpul di dalam tubuh kerang besar. Hal ini diduga karena semakin tua umur kerang maka organ-organ di dalam tubuh kerang akan berkurang fungsi (semakin tua) juga.

Faktor akumulasi pada setiap jenis biota laut relatif berbeda, hal ini disebabkan oleh perbedaan sifat-sifat biologis (jenis, umur dan fisiologis) masing-masing jenis biota, perbedaan sifat fisik dan kimia serta aktivitas masing-masing lokasi. Kerang darah merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat, karena sifatnya yang *filter feeder* atau menyerap makanannya termasuk kontaminan logam berat. Organisme yang hidup *sedentary* atau menetap, tidak bisa menghindar dari kontaminan dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu sehingga dapat mengakumulasi logam lebih besar dari hewan lainnya (Arfiati dan Herawati, 2012).

Kandungan Pb pada kerang ukuran kecil, sedang, besar berbeda diduga karena adanya logam berat Pb di air, sedimen, dan fitoplankton yang berbeda. Logam berat Pb dapat masuk ke dalam tubuh kerang melalui rantai makanan, insang, dan difusi permukaan kulit, dan akumulasi Pb dalam tubuh kerang hijau dapat terjadi melalui proses absorpsi air, partikel, dan plankton. Di samping itu, tingginya konsentrasi Pb dalam jaringan tubuh kerang tidak terlepas dari tingginya kandungan Pb di dalam air dan endapannya. Selain melalui sungai, keberadaan logam berat di perairan juga dapat melalui udara, terutama unsur Pb yang digunakan dalam campuran bahan bakar (Suaniti, 2007).

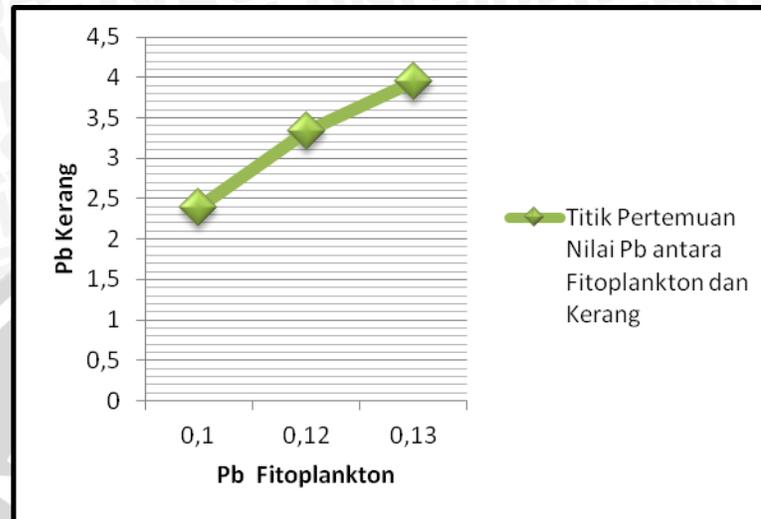
#### **4.6 Hubungan Timbal (Pb) pada Fitoplankton, Air, dan Sedimen dengan Timbal (Pb) pada Kerang Darah**

##### **4.6.1 Hubungan antara Timbal (Pb) pada Fitoplankton dengan Kerang Darah**

Hasil analisis korelasi dan regresi antara Pb pada fitoplankton (X) dengan kerang darah (Y) mempunyai koefisien korelasi (R) sebesar 0,996 yang menandakan hubungan variabel X dan Y sangat kuat. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,994. Hal ini menunjukkan kontribusi variabel X terhadap variabel Y sebesar 99% dan persamaan regresi yang terbentuk yaitu  $Y = 51,28X - 2,76$ . Persamaan regresi tersebut menjelaskan bahwa setiap kenaikan Pb pada fitoplankton (X) dapat meningkatkan kandungan Pb pada kerang (Y) sebesar 51,28. Grafik yang menunjukkan hubungan kandungan Pb pada fitoplankton dan kandungan Pb pada kerang dapat dilihat pada Gambar 8.

Kandungan Pb pada fitoplankton mempengaruhi kandungan Pb pada kerang. Hal ini dikarenakan fitoplankton merupakan salah satu makanan bagi kerang. Makanan kijing adalah apa saja yang ditangkap. Jika fitoplankton hanya tersedia sedikit maka akan memakan detritus. Dalam waktu 3 jam moluska dapat mengambil

200 juta makanan. Umumnya fitoplankton yang melimpah di air juga akan terdapat dalam perut moluska (Galtsoff, 1964).



**Gambar 8. Hubungan antara Pb pada Fitoplankton dan Kerang**

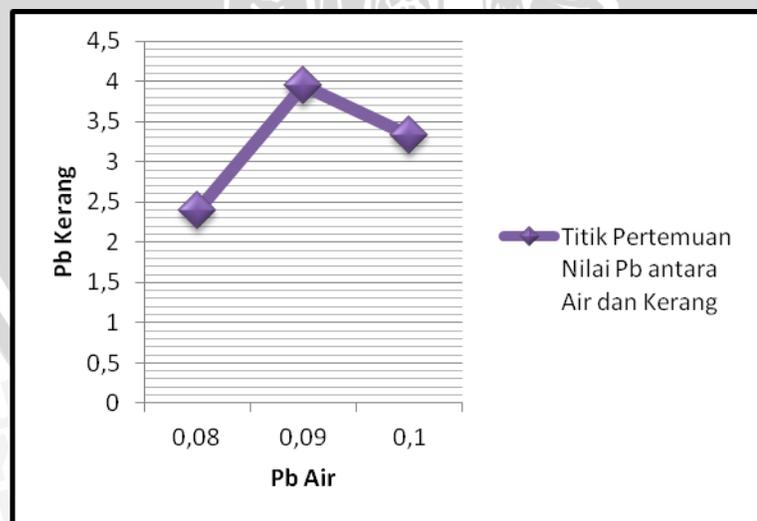
Kerang mendapatkan makanannya dengan cara menyaring air masuk ke tubuhnya (*filter feeder*). Terjadinya kontaminasi zat beracun pada organisme perairan dapat melalui 3 cara: (1) melalui permukaan organisme (2) melalui respirasi atau ingesti dari air dan (3) melalui pengambilan makanan (zooplankton, phitoplankton) yang mengandung bahan pencemar kimia (Jardin, 1993 *dalam* Suprapti, 2008). Dalam proses *filter feeder*, kerang menyaring makanan yang masuk kedalam tubuhnya. Saat makanan tersebut masuk ke dalam tubuh kerang, maka partikel logam berat akan ikut terserap ke dalam tubuh kerang, sehingga semakin banyak makanan yang disaring maka semakin banyak logam berat pada tubuh kerang.

Menurut Darmono (2001), logam masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernapasan, pencernaan dan penetrasi kulit. Adsorpsi logam melalui saluran pernapasan biasanya cukup besar, baik pada

hewan air yang masuk melalui insang maupun pada hewan darat yang masuk melalui debu di udara yang masuk melalui pernapasan. Adsorpsi melalui saluran pencernaan hanya beberapa persen saja. Dalam tubuh hewan logam diabsorpsi oleh darah, berkaitan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh.

#### 4.6.2 Hubungan antara Timbal (Pb) pada Air dengan Kerang Darah

Hasil analisis korelasi dan regresi antara Pb pada air (X) dengan kerang darah (Y) mempunyai koefisien korelasi (R) sebesar 0,598 yang menandakan hubungan variabel X dan Y sedang. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,358. Hal ini menunjukkan kontribusi variabel X terhadap variabel Y sebesar 0,36% dan persamaan regresi yang terbentuk yaitu  $Y = 47X - 1,006$ . Persamaan regresi tersebut menjelaskan bahwa setiap kenaikan Pb pada air (X) dapat meningkatkan kandungan Pb pada kerang (Y) sebesar 47. Grafik yang menunjukkan hubungan kandungan Pb pada air dan kandungan Pb pada kerang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan antara Pb pada Air dan Kerang

Kandungan Pb pada air mempengaruhi kandungan Pb pada kerang darah karena kerang memperoleh makanannya dari air. Logam berat Pb yang ada di dalam air akan mengendap di dalam sedimen dan diserap oleh fitoplankton. Kerang sebagai *filter feeder* akan memakan fitoplankton melalui insangnya. Kemudian dimasukkan ke dalam lambung dan selanjutnya disimpan di dalam daging.

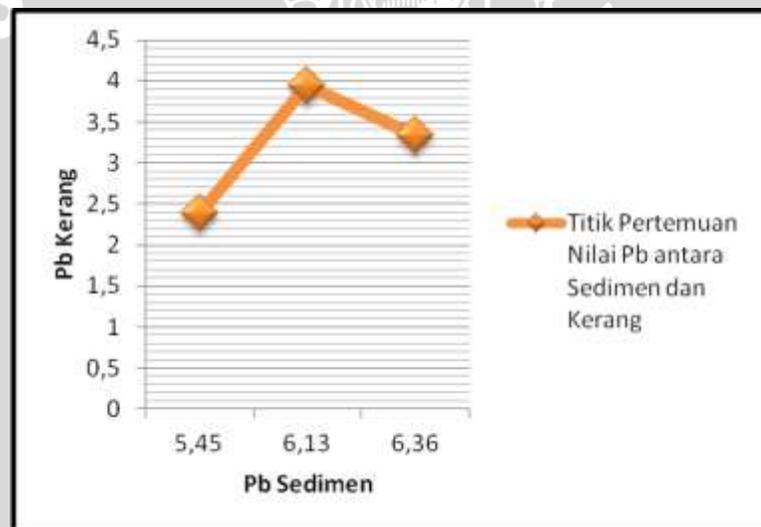
Menurut Trisnawati (2009), kerang mendapatkan makanan dengan jalan menyaring air masuk ke dalam tubuhnya. Volume air yang dapat disaring oleh kerang adalah 2,5 liter per individu dewasa per jam. Makanan yang masuk bersama air digerakkan, diperas lalu dicerna dengan bantuan cilia (rambut getar) pada tubuhnya. Cilia mampu bergerak 2-20 kali per detik. Makanan kerang dapat berupa zooplankton, fitoplankton, bakteri, flagelata, protozoa, detritus, alga, dan berbagai zat yang tersuspensi dalam perairan tempat tinggalnya.

Logam berat diserap oleh tubuh hewan perairan kebanyakan dalam bentuk ion. Penyerapan tersebut dalam bentuk ion, melalui insang dan saluran pencernaan. Logam dapat tertimbun dalam jaringan terutama di hati dan ginjal. Ion logam yang masuk ke dalam jaringan makhluk hidup bersenyawa dengan bahan kimia jaringan makhluk hidup membentuk senyawa kompleks organik protein disebut metallothionein (Suaniti, 2007).

Menurut Supriatno dan Lelifajri (2009), peningkatan kadar logam berat dalam air akan mengakibatkan logam berat semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme akan berubah menjadi racun bagi organisme. Hal ini diduga, jika air yang mengandung logam berat Pb diserap kerang terus menerus dapat menimbulkan kematian akibat penurunan kemampuan menyerap makanan dan akhirnya mengalami kematian.

#### 4.6.3 Hubungan antara Timbal (Pb) pada Sedimen dengan Kerang Darah

Hasil analisis korelasi dan regresi antara Pb pada sedimen (X) dengan kerang darah (Y) mempunyai koefisien korelasi sebesar 0,795 yang menandakan hubungan variabel X dan Y kuat. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,632. Hal ini menunjukkan kontribusi variabel X terhadap variabel Y sebesar 0,63% dan persamaan regresi yang terbentuk yaitu  $Y = 1,320X - 4,671$ . Persamaan regresi tersebut menjelaskan bahwa setiap kenaikan Pb pada sedimen (X) dapat meningkatkan kandungan Pb pada kerang (Y) sebesar 1,320. Grafik yang menunjukkan hubungan kandungan Pb pada sedimen dan kandungan Pb pada kerang dapat dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10. Hubungan antara Pb pada Sedimen dan Kerang**

Peningkatan kandungan Pb pada sedimen juga dapat meningkatkan kandungan Pb pada kerang darah. Kandungan Pb pada sedimen tidak terlalu berbahaya, tetapi tetap harus diperhatikan karena kerang darah hidup di dasar perairan. Meningkatnya kadar logam berat dalam lingkungan perairan hingga

melebihi batas maksimum akan menyebabkan rusaknya lingkungan serta dapat membahayakan kehidupan organisme di dalamnya.

Mengendapnya logam berat bersama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan di sekitarnya (Bangun, 2005). Kandungan Pb pada kerang darah lebih dipengaruhi sedimen daripada air. Hal ini diduga karena kerang darah hidup di dasar perairan sehingga Pb cenderung lebih mudah masuk ke dalam tubuh kerang. Menurut Apriadi (2005), sifat hidupnya yang *sessil* dan *filter feeder* mengakibatkan kerang dapat menyerap logam berat di kolom air dan sedimen melalui proses makan memakan.

Pada umumnya logam-logam berat ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi perairan yang bersifat dinamis seperti perubahan pH, akan menyebabkan logam-logam berat yang mengendap dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme hidup bila ada jumlah berlebih (Connel dan Miler, 1995).

#### 4.7 Parameter Kualitas Air

##### a. Suhu

Jika terjadi peningkatan suhu dalam perairan maka akan mempengaruhi peningkatan toksisitas logam berat Pb di sedimen maupun di perairan. Suhu yang tinggi akan meningkatkan kecepatan metabolisme dan respirasi. Maka Pb yang akan larut di perairan pada suhu tinggi akan masuk ke dalam tubuh organisme perairan (Effendi, 2003).

*Anadara granosa* banyak ditemukan di perairan estuari dengan substrat lumpur dan pasir dengan suhu sekitar 30 °C akan merangsang *Anadara* betina

untuk bertelur (Brotowidjoyo *et al.*,1995). Dari hasil penelitian, suhu yang didapat berkisar antara 27°C-28°C. Suhu antara stasiun 1, 2, dan 3 memiliki perbedaan suhu yang tidak terlalu besar dan masih dalam kondisi optimum bagi hidup moluska. Nilai hasil pengamatan suhu terdapat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Pengukuran Suhu**

Stasiun	1			2			3		
Ulangan	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Suhu (°C)	27,3	27,1	27,4	27,6	28,3	27,9	28	28,3	28

Adanya sinar matahari yang tidak tertutup awan dan intensitas cahaya matahari akan mempengaruhi besarnya suhu pada perairan. Menurut Haslam (1995) berpendapat bahwa suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman dari badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi di badan air. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia dan evaporasi. Selain itu, peningkatan suhu badan air mengakibatkan penurunan kelarutan gas dalam air seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>.

#### **b. Salinitas**

Pada perairan laut dan limbah industri, salinitas sangat perlu diukur. Salinitas adalah konsentrasi ion total yang terdapat di perairan. Nilai salinitas perairan tawar biasanya kurang dari 0.5 ‰, perairan payau antara 0.5 – 30 ‰ dan perairan laut 30 – 40 ‰ (Effendi, 2003). Pada muara sungai ini nilai salinitas dipengaruhi oleh masukan dari sungai ketika surut.

Hutabarat dan Evans (2008), menyatakan bahwa salinitas di perairan terbuka bisa mencapai 35 ‰, sedangkan di perairan pantai akan lebih rendah disebabkan

terjadinya proses pengenceran, misalnya pengaruh sungai, sehingga salinitas turun. Salinitas menunjukkan jumlah ion-ion terlarut. Berdasarkan hasil pengukuran salinitas, didapat hasil salinitas berkisar antara 17‰-19‰. Salinitas tersebut masih bisa mendukung kehidupan kerang darah (*Anadara granosa*). Nilai hasil pengamatan salinitas terdapat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Pengukuran Salinitas**

Stasiun	1			2			3		
Ulangan	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Salinitas (ppt)	18	19	17	19	18	19	17	16	17

Faktor lingkungan yang tak kalah penting antara lain salinitas yang nilainya berfluktuasi kepada masukan air dari sungai-sungai, juga bergantung pada genangan pasang surut dan intensitas penguapan yang terjadi di laut. Kebanyakan organisme intertidal menunjukkan toleransi yang terbatas terhadap turunnya salinitas sehingga penurunan salinitas yang melewati batas toleransi akan menyebabkan kematian (Niswari, 2004).

### c. pH (“Puissance Hydrogen”)

Hasil pengukuran pH (“Puissance Hydrogen”) pada penelitian ini di semua stasiun adalah 8. Besarnya nilai pH masih sesuai dengan baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 yaitu pH sebesar 7-8,5 sehingga masih dapat mendukung kehidupan kerang (Wibisono, 2011).

Nilai pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia, toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang pada meningkatnya

pH. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5 (Effendi, 2003). Nilai hasil pengamatan pH terdapat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Pengukuran pH**

Stasiun	1			2			3		
Ulangan	1	2	3	1	2	3	1	2	3
pH	8	8	8	8	8	7	8	7	8

#### d. DO (“Dissolved Oxygen”)

Berdasarkan pengukuran DO, didapatkan hasil berkisar antara 3,5-4,2 mg/l. nilai DO yang diperoleh termasuk kategori normal, namun masih bisa untuk mendukung kehidupan kerang. Kandungan oksigen terlarut (“Dissolved Oxygen”) minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (toksik). Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme (Salmin, 2005). Nilai hasil pengamatan DO (“Dissolved Oxygen”) terdapat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Hasil Pengukuran DO**

Stasiun	1			2			3		
Ulangan	1	2	3	1	2	3	1	2	3
DO (mg/l)	3,8	3,5	3,1	3,3	4,4	3,7	4,6	3,9	4,2

Oksigen terlarut (“Dissolved Oxygen”/ DO) berasal dari dua sumber yakni dari atmosfer dan dari hasil proses fotosintesis fitoplankton dan berjenis tanaman laut. Keberadaan oksigen terlarut ini sangat memungkinkan untuk langsung dimanfaatkan bagi kebanyakan organisme untuk kehidupan antara lain pada proses respirasi dimana oksigen diperlukan untuk pembakaran (metabolisme) bahan

organik sehingga terbentuk energy diikuti dengan pembentukan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> O (Wibisono, 2011).

Oksigen terlarut dipengaruhi oleh jenis substrat yang ada. Substrat berlumpur akan menyebabkan oksigen dari udara sulit mengalami difusi ke dalam sedimen, sehingga akan membuat kondisi oksigen pada sedimen semakin rendah. Kondisi oksigen yang rendah akan membuat pH semakin menurun dikarenakan terjadi dekomposisi bahan-bahan organik dalam keadaan anaerob (Khaisar, 2006).

#### e. TOM (“Total Organic Matter”)

Berdasarkan hasil pengukuran TOM (“Total Organic Matter”), hasil yang didapat berkisar antara 15,77-27,88 mg/l. Bahan organik merupakan makanan utama bagi biota perairan, salah satunya moluska yang terbawa air atau berasal dari substrat di dalam perairan. Pada daerah pantai berpasir hanya sebagian kecil dari organisme yang menyerap bahan organik, baik yang terlarut maupun yang berukuran sangat kecil (Romimohtarto dan Juwana, 2001). Nilai hasil pengamatan TOM terdapat pada Tabel 7.

**Tabel 7. Hasil Pengukuran TOM**

Stasiun	1			2			3		
Ulangan	1	2	3	1	2	3	1	2	3
TOM	27,17	27,34	29,12	22,75	26,31	23,56	13,27	19,78	14,26

Menurut Lukman *et al.*, (2008) bahwa bahan organik yang cenderung tinggi dapat bersumber dari sisa perombakan tumbuhan air serta dari sisa pakan dan feses dari aktivitas manusia. Meningkatnya kandungan nutrisi ke daerah muara sungai dapat menyebabkan terjadinya *blooming* fitoplankton yang berakibat pada meningkatnya kekeruhan perairan dan menurunnya kecerahan. Namun, kandungan

nutrien yang cukup akan meningkatkan produktifitas fitoplankton. Meningkatnya produktifitas fitoplankton di daerah muara ini akan mendukung meningkatnya produktifitas organisme lain yang memiliki tingkatan trofik lebih tinggi (Chanton dan Lewis, 2002).



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

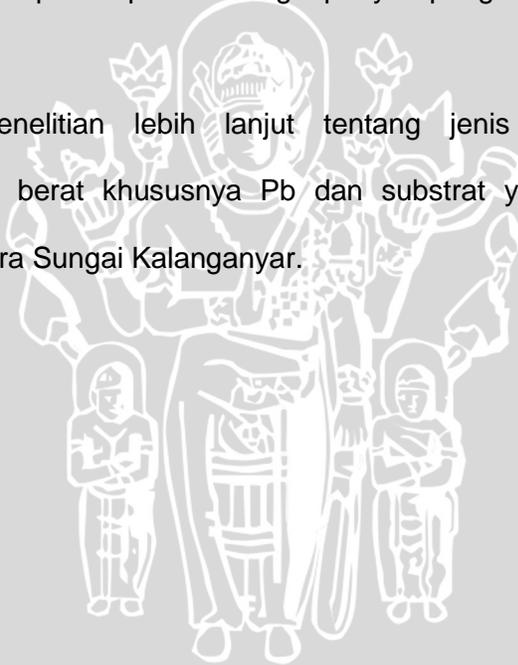
- Kandungan Pb pada kerang darah ukuran kecil (0,41-0,90 ppm) lebih sedikit daripada kandungan Pb pada kerang darah ukuran sedang (0,74-1,25 ppm) dan kerang darah ukuran besar(1,24-1,79 ppm). Kandungan Pb pada kerang darah ukuran sedang (0,74-1,25 ppm) lebih sedikit daripada kerang darah ukuran besar(1,24-1,79 ppm).
- Terdapat hubungan yang sangat kuat ( $R=0,996$ ) antara kandungan Pb pada kerang darah dengan fitoplankton, artinya kandungan Pb pada kerang darah lebih dipengaruhi kandungan Pb pada fitoplankton daripada Pb pada air dan sedimen.
- Pengukuran kualitas air didapatkan hasil suhu  $27^{\circ}\text{C}$ - $28^{\circ}\text{C}$ , salinitas 18-19 ppt, pH seluruhnya 8, DO (oksigen terlarut) berkisar antara 3,5 mg/l – 4, 2 mg/l, TOM 15,77- 27,88 ppm. Kondisi kualitas air tersebut masih bisa mendukung kehidupan kerang darah di muara Sungai Kalanganyar, Sidoarjo.

### 5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan berdasarkan hasil penelitian di Muara Sungai Kalanganyar tentang kandungan timbal (Pb) pada air, sedimen dan kerang darah adalah sebagai berikut:

- Sebaiknya masyarakat mengkonsumsi kerang darah tidak berlebihan baik ukuran kecil, sedang maupun besar karena diduga mengandung logam berat timbal (Pb).

- Konsumsi mingguan kerang yang direkomendasikan oleh WHO toleransinya bagi orang dewasa sebesar 3,3 kg/minggu dan anak-anak sebesar 0,5 kg/minggu.
- Kerang darah dapat dijadikan sebagai salah satu bioindikator yang baik dalam memonitoring suatu pencemaran lingkungan.
- Perlu dilakukan perencanaan pengelolaan di Muara Sungai Kalanganyar secara terpadu dan berkelanjutan oleh seluruh pihak yang terkait (Stakeholder).
- Perlu digalakkan upaya penanaman mangrove disekitar wilayah Sungai Kalanganyar karena dapat berperan sebagai penyerap logam berat yang masuk ke perairan sungai.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang jenis fitoplankton yang mengandung logam berat khususnya Pb dan substrat yang mempengaruhi kerang darah di Muara Sungai Kalanganyar.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah. 2009. Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) dalam Air, Seston, Kerang dan Fraksinasinya dalam Sedimen di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur. IPB. Bogor. (tidak diterbitkan)
- Amin, B. 2001. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu pada Mangrove (*Avicennia marina*) di Perairan Pantai Dumai, Riau. <http://ejournal.unri.ac.id/index.php/JTB/index>. Diakses pada tanggal 3 Juli 2013
- Amriani, Hendrarto, B., dan Hadiyanto, A. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Zn pada Kerang Darah (*Anadara granosa L.*) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis L.*) di Perairan Teluk Kendari. Jurnal Ilmu Lingkungan Volume 9 Issue 2: 45-50. Universitas Diponegoro. Semarang. <http://www.ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/view/4067> . Diakses pada tanggal 3 Juli 2013
- Apriadi, D. 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb, dan Cr pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. IPB. Bogor. (tidak diterbitkan)
- Arfiati, D dan Herawati, E,Y. 2012. Kandungan Logam berat Pb pada Air Laut dan Tiram *Saccostrea glomerata* Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Prigi, Trenggalek. <http://jpp.ub.ac.id/index.php/jpp>. Diakses pada tanggal 3 April 2013
- Atmojo, S.T. 2012. Mengenal Timbal (Pb) dan Aspek-Aspeknya. BPTIKP Jawa Tengah. Solo. <http://chemistry35.blogspot.com/2012/01/mengenal-timbal-pb-dan-aspek-aspeknya.html>. Diakses pada tanggal 5 Januari 2013
- Awalina. 2011. Bioakumulasi Ion Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Fitoplankton pada Beberapa Perairan Situ di Sekitar Kabupaten Bogor. UI. Depok (tidak diterbitkan)
- Ayuningrat, E. 2009. Penapisan Awal Komponen Bioaktif dari Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana Lea.*) sebagai Senyawa Antioksidan. IPB. Bogor. (tidak diterbitkan)
- Bangun, J.M. 2005. Kandungan Logam Berat Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Air, Sedimen, dan Organ Tubuh Ikan Sokang (*Tricanthus nieuhofi*) di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. IPB. Bogor (tidak diterbitkan)
- Brotowidjoyo, M.D., Djoko T. dan Eko, M. 1995. Pengantar Lingkungan Perairan dan Budidaya Air. Penerbit Libery. Yogyakarta.
- Bryan, G.W. 1976. Heavy Metal in The Sea dalam : Marine Polution. Johnson (ED) Academic Press, London.

Cester. 2011. Kerang Darah (*Anadara granosa*). Universitas Khairun. Ternate.  
<http://cester20.wordpress.com/2012/01/01/anadara-granosa-kerang-darah-2/>  
Diakses pada tanggal 31 Maret 2013

Chanton, J. and Lewis, F.G. 2002. Examination of coupling between primary and secondary production in a river-dominated estuary: Apalachicola Bay, Florida, U.S.A. *Limnology and Oceanography* 47:683–697. USA

Connel, W.D dan Miller, G.J. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Universitas Indonesia. Jakarta.

Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press. Jakarta.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta

Fardiaz S. 1992. Polusi Air dan Udara. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB. Bogor.

Galtsoff, P.S. 1984. The American Oyster *Crasostrea Virginica* Gmelin. Fish and Wildlife Service Bureau of Commercial Fisheries Vol.46. United States.

Googleimage. 2013. Anadaragranosa. [www.googleimage.com.anadara+granosa/org/](http://www.googleimage.com.anadara+granosa/org/). Diakses tanggal 22 Maret 2013

\_\_\_\_\_. 2013. Anatomi Kerang Darah. [www.googleimage.com](http://www.googleimage.com). Diakses tanggal 22 Maret 2013

Gosling, E. 2003. *Bivalve Molluscs. Biology, Ecology and Culture*. Fishing News Books a division of Blackwell Publishing. 443 hal. United States.

Hakim, A. 2007. Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) sebagai Agen Pembersih di Waduk Cirata, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. IPB. Bogor. (tidak diterbitkan)

Harahap, S. 1991. Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro. IPB. Bogor. (tidak diterbitkan)

Hariyadi, S., Suryadiputra dan Widigdo, B. 1992. Limnologi Metode Kualitas Air. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Haslam, S. M. 1995. River Pollution, an Ecological Perspective. Belhaven Press. London.

- Hutabarat, S dan Evans, S. 2008. Pengantar Oseanografi. UI- Press. Jakarta.
- Hutagalung, P.H. 1984. Logam Berat Dalam Lingkungan Laut. Jurnal Oseana, Vol. IX, No. 1:11-20. [http://www.bbp4b.litbang.kkp.go.id/jurnal-pascapanen/cat\\_view/14-jurnal-penelitian-perikanan-indonesia-volume-11-nomor-8-tahun-2005](http://www.bbp4b.litbang.kkp.go.id/jurnal-pascapanen/cat_view/14-jurnal-penelitian-perikanan-indonesia-volume-11-nomor-8-tahun-2005) Diakses pada tanggal 19 Juli 2013
- Hutagalung, H.P., Setiapermana dan Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. LIPI. Jakarta.
- International of Dredging Companies/Central Dredging Association. 1997. Environmental Aspects of Dredging-Conventions, Codes and Conditions: Marine Disposal. International Association of Dredging Companies (IADC), & Central Dredging Association (CEDA), Netherlands, 1-71. <http://cigr.ageng2012.org /documentos/orales/O-ES.pdf> Diakses pada tanggal 31 Juli 2013
- Ismadi. 1998. Metode, Macam, Proses Penelitian Suatu Kerangka Umum. Pusat Penelitian Ilmu Sosial. Universitas Brawijaya. Malang
- Jalius. 2008. Bioakumulasi Logam Berat dan Pengaruhnya terhadap Gametogenesis Kerang Hijau *Perna viridis* : Studi Kasus di Teluk Jakarta, Teluk Banten dan Teluk Lada. IPB. Bogor
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51. 2004. Tentang Penetapan Baku Mutu Air Laut.
- Khaisar, O. 2006. Kandungan Timah Hitam (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Air, Sedimen, dan Bioakumulasi serta Respon Histopatologis Organ Ikan Alu-Alu (*Sphyaena barracuda*) di Perairan Teluk Jakarta. IPB. Bogor. (tidak diterbitkan)
- Komala, R., Yulianda, F., Lumbanbatu, D., Setyobudiandi, I. 2011. Indeks Kondisi Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Indikator Kualitas Lingkungan di Teluk Lada di Perairan Selat Sunda. BIOMA Vol. IX No.2. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/11543/C05jmb.pdf> Diakses pada tanggal 21 Agustus 2013
- Lasut, M.T. 2002. Metallothionein : Suatu Parameter Kunci yang Penting dalam Penetapan Baku Mutu Air Laut (BMAL) Indonesia. Lembaga Penelitian Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Lukman, Suryono T., Crishmadha T., Fakhruddin M. dan Sudarso J. 2008. Struktur Komunitas Biota Benthik dan Kaitannya dengan Karakter Sedimen di Danau Limboto, Sulawesi. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia. 34 (3). <http://www.digilib.ui.ac.id/file?file=pdf/abstrak-126853>. 479-494. Diakses tanggal 6 Februari 2013

- Maulana, B. 2007. Efektivitas Kijing Taiwan (*Anadonta woodiana*) dalam Menyerap Limbah Organik pada Budidaya Ikan Sistem Resirkulasi. IPB. Bogor (tidak diterbitkan)
- Niswari. A. P. 2004. Studi Morfometrik Kerang Hijau (*Perna viridis* L) di Perairan Cilincing, IPB. Jakarta Utara (tidak diterbitkan)
- Nurjanah, Zulhamsyah, dan Kustiyariyah. 2005. Kandungan Mineral dan Proksimat Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Diambil dari Kabupaten Boalemo. Buletin Teknologi Hasil Perikanan Vol VIII Nomor 2. Gorontalo. [http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/14471/Nurjanah\\_KandunganMineralDanProksimat.pdf?sequence=1](http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/14471/Nurjanah_KandunganMineralDanProksimat.pdf?sequence=1) Diakses pada tanggal 5 Juni 2013
- Notoatmodjo, S. 2010. Metodologi Penelitian Kesehatan. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT Rineka Cipta. Jakarta
- Panjaitan, G.Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada pohon *Avicennia marina*. Universitas Sumatra Utara. Medan
- Permana, R. S. 2006. Studi Kandungan Logam Berat Pb Pada Lamun (*Enhalus acoroides*) di Pesisir Desa Banjarwati Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan Jawa Timur. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. (tidak diterbitkan).
- Praseno, Kriswanto O.H, Agus S, dan Suhud A. 2010. Uji Ketahanan Salinitas Beberapa Ikan Mas yang Dipelihara di Akuarium. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta.
- Purnomo, T. dan Muchyiddin. 2007. Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) di Tambak Kecamatan Gresik. Surabaya: Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Renou, S., Givaudan J.G, Poulain S., Dirassouyan F., and Moulin P. 2008. Landfill Leachate Treatment : Review and Opportunity, Journal of Hazardous Materials. London
- Rochyatun, E., Kaisupy M.T dan Rozak A. 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. Makara, Sains, Vol. 10, No. 1, April 2006:35-40. <http://lingkungan.ft.unand.ac.id/images/file TL/Dampak9-1/4-REA.pdf> Diakses pada tanggal 15 Agustus 2013.
- Ricomarsen. 2010. Intoksikasi Logam Berat. Marsen's-Opinion and Sciences. <http://yaya-spombob.blogspot.com/2013/01/logam-berat-timbal-pb.html> Diakses pada tanggal 22 Maret 2013

Romimohtarto, K dan Juwana, S. 2009. Biologi Laut. Djambatan. Jakarta.

Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk menentukan Kualitas Perairan. Oseana. Vol. 30: 21-26 <http://digilib.its.ac.id/public/ITS.pdf> Diakses pada tanggal 10 Februari 2013

Standar Nasional Indonesia. 1989. Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Kualitas Air Edisi Akhir 1990. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Suaniti, N.M. 2007. Pengaruh EDTA Dalam Penentuan Kandungan Timbal dan Tembaga Pada Kerang Hijau (*Mytilus viridis*). Ecotrophic Vol. 2 No. 1. ISSN 1907- 5626. Bali. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/ECOTROPHIC/article/viewFile/2461/1689> Diakses pada tanggal 15 Maret 2013.

Sugiyono. 2011. Statistika untuk Penelitian. Cetakan kedua puluh satu. Penerbit ALFABETA. Bandung

Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Microorganism: *Suatu Kajian Kepustakaan (Heavy Metal Bioremoval by Microorganisms: A Literature Study)*. Sinergy Forum - PPI Tokyo Institute of Technology. <http://ejournal.unlam.ac.id/index.php/prestasi/article/view/1> Diakses pada tanggal 15 Maret 2013.

Suprapti, N H. 2008. Kandungan Chromium pada Perairan, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sayung, Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. BIOMA Vol.10 Hlm 53-56 UNDIP. Semarang. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jmr/articl/view/888> Diakses pada tanggal 19 Juli 2013

Supriatno dan Lelifajri. 2009. Analisis Logam Berat Pb dan Cd dalam Sampel Ikan dan Kerang secara Spektrofotometri Serapan Atom. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol. 7 No.1 Hlm. 5-8. Banda Aceh. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/RKL/article/view/60> Diakses pada tanggal 19 Juli 2013

Supriharyono. 2002. Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Air di Wilayah Pesisir Tropis. PT Gramedia Pustaka. Jakarta.

Supriyanto, C., Samin., Kurniawan Z. 2007. Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu dan Cd Pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA). Pusat Teknologi Akselelator dan Pusat Bahan. Yogyakarta. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/1234567.pdf> Diakses pada tanggal 19 Juli 2013

Tresnati, J., Djawad, M.I dan Bulqish, I.S. 2007. Kerusakan Ginjal Ikan Pari Kembang (*Dasyatis kuhlii*) yang Diakibatkan oleh Logam Berat Timbel (Pb) .

Jurnal Sains dan Teknologi Vol 7 No. 3: 153–160. Makassar.  
[http://scholar.google.co.id/scholar?q=related:gSxET69MEf0J:scholar.google.com/&hl=id&as\\_sdt=0,5](http://scholar.google.co.id/scholar?q=related:gSxET69MEf0J:scholar.google.com/&hl=id&as_sdt=0,5). Diakses pada tanggal 5 April 2013 pukul 19.00 WIB

Trisnawati, A. 2008. Studi Kandungan Logam Berat Cadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Mythilus viridus*) di Perairan Kawasan Pantai Kenjeran Surabaya. Universitas Islam Negeri Malang. Malang (tidak diterbitkan)

Umbara, H dan Suseno, H. 2006. Faktor Bioakumulasi  $^{210}\text{Pb}$  oleh Kerang Darah (*Anadara granosa*). Pusat Teknologi Limbah Radioaktif. BATAN.  
[http://digilib.batan.go.id/eprosiding/File%20Prosiding/Lingkungan/Penelit Ke giatan PTLR 06/Data Artikel/Heru Umbara 62.pdf](http://digilib.batan.go.id/eprosiding/File%20Prosiding/Lingkungan/Penelit%20Ke%20giatan%20PTLR%2006/Data%20Artikel/Heru%20Umbara%2062.pdf). Diakses pada tanggal 10 Juni 2013 pukul 12.30 WIB

Usman, I. 2013. Timbal (Pb). <http://indryqhy.blogspot.com/2013/02/makalah-timbal-pb.html>. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2013 pukul 22.00 WIB

Wardhana, W.A. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi Yogyakarta

Wibisono, M.S. 2010. Pengantar Ilmu Kelautan Edisi 2. UI Press. Jakarta

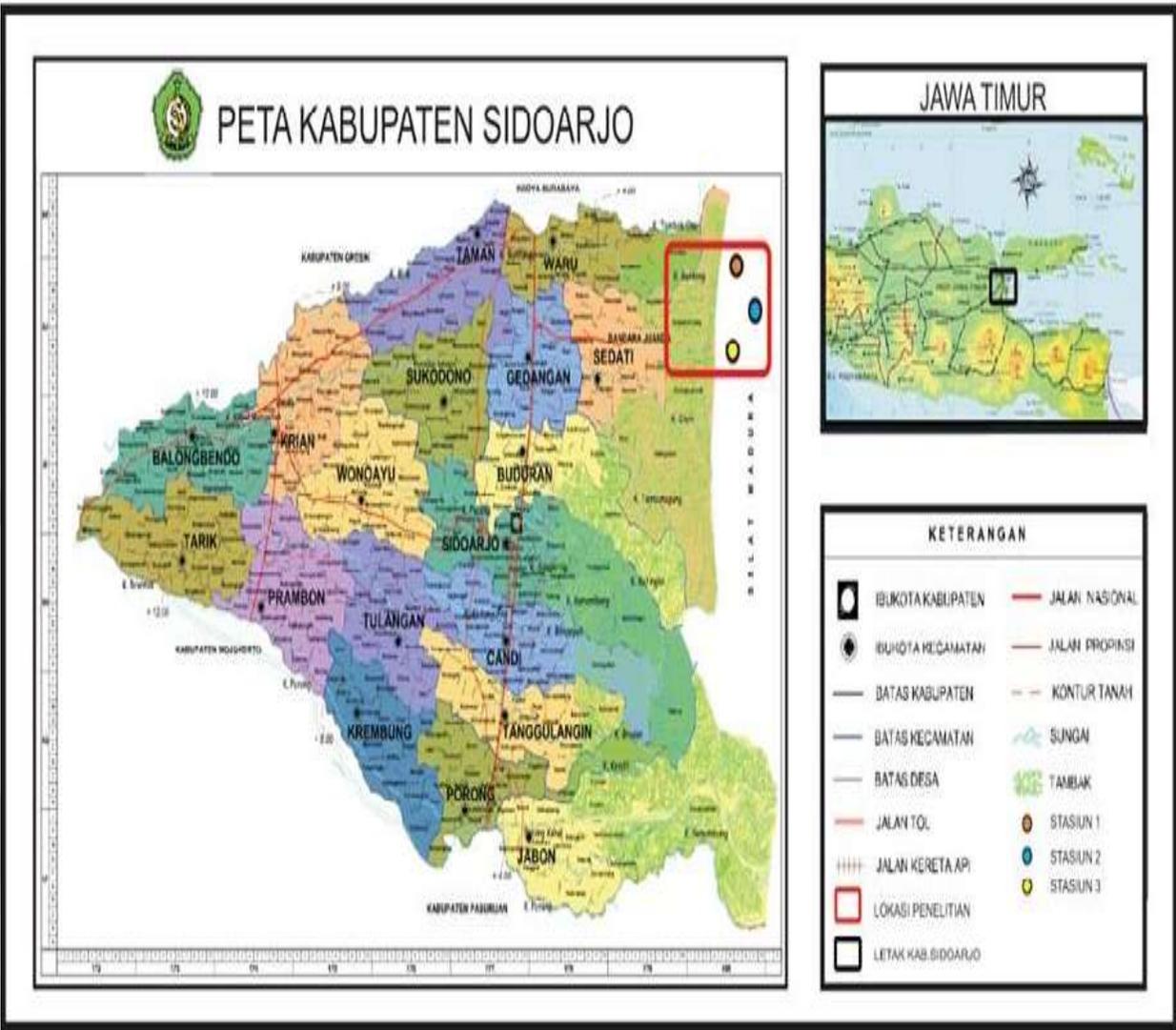
Wibowo. 2004. Kinetika Bioakumulasi Logam Berat Cadmium oleh Fitoplankton *Chlorella* sp. Lingkungan Perairan Laut. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah. Surakarta

Zipcodezoo. 2013. Klasifikasi *Anadara granosa*. [http://zipcodezoo.com/Animals/A/Anadara\\_granosa/](http://zipcodezoo.com/Animals/A/Anadara_granosa/). Diakses tanggal 25 Maret 2013

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian



### Lampiran 2. Lokasi Pengambilan Sampel



**Lampiran 3.** Data Logam Berat Pb pada Sampela. Logam Berat Pb pada Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Stasiun	Ukuran	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata- rata
1	KECIL	0,36	0,5	0,36	0,41
	SEDANG	0,71	0,64	0,86	0,74
	BESAR	1,07	1,43	1,21	1,24
2	KECIL	0,93	0,71	1,07	0,90
	SEDANG	1,14	1,41	1,21	1,25
	BESAR	1,64	1,93	1,79	1,79
3	KECIL	0,71	0,57	0,79	0,69
	SEDANG	1,29	1,14	1,14	1,19
	BESAR	1,57	1,29	1,5	1,45

## b. Logam Berat Pb pada Sedimen

Stasiun	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	5,18	5,78	5,38	5.45
2	6,12	5,79	6,47	6.13
3	6,74	6,00	6,33	6.36

## c. Logam Berat Pb pada Air

Stasiun	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	0,076	0,087	0,081	0,08
2	0,099	0,087	0,093	0,09
3	0,116	0,087	0,105	0,10

## d. Logam Berat Pb pada Fitoplankton

Stasiun	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	0,093	0,105	0,105	0,10
2	0,116	0,134	0,128	0,13
3	0,134	0,105	0,122	0,12

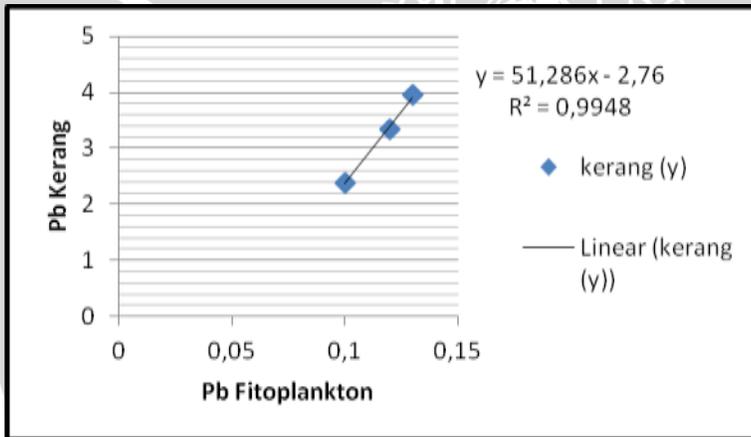
**Lampiran 4.** Hasil Koefisien Korelasi (R) dan Grafik Regresi

Hasil Koefisien Korelasi (R)

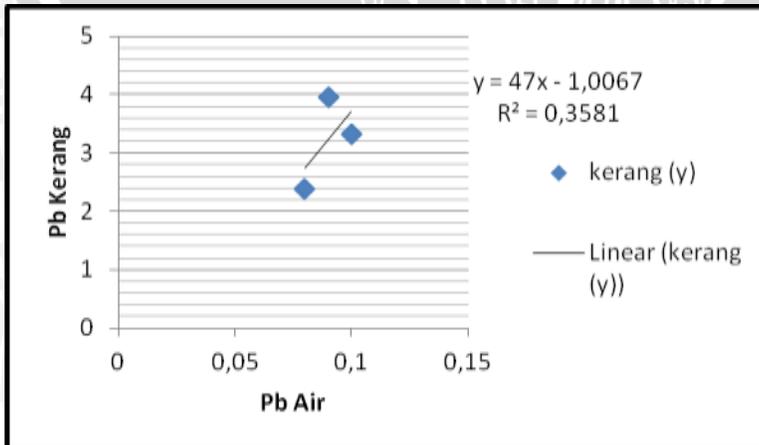
Variabel	Kerang	Sedimen	Air	Fitoplankton
Kerang	-	0,795	0,598	0,996
Sedimen	0,795	-	0,961	0,836
Air	0,598	0,961	-	0,654
Fitoplankton	0,996	0,836	0,654	-

Grafik Regresi Sederhana

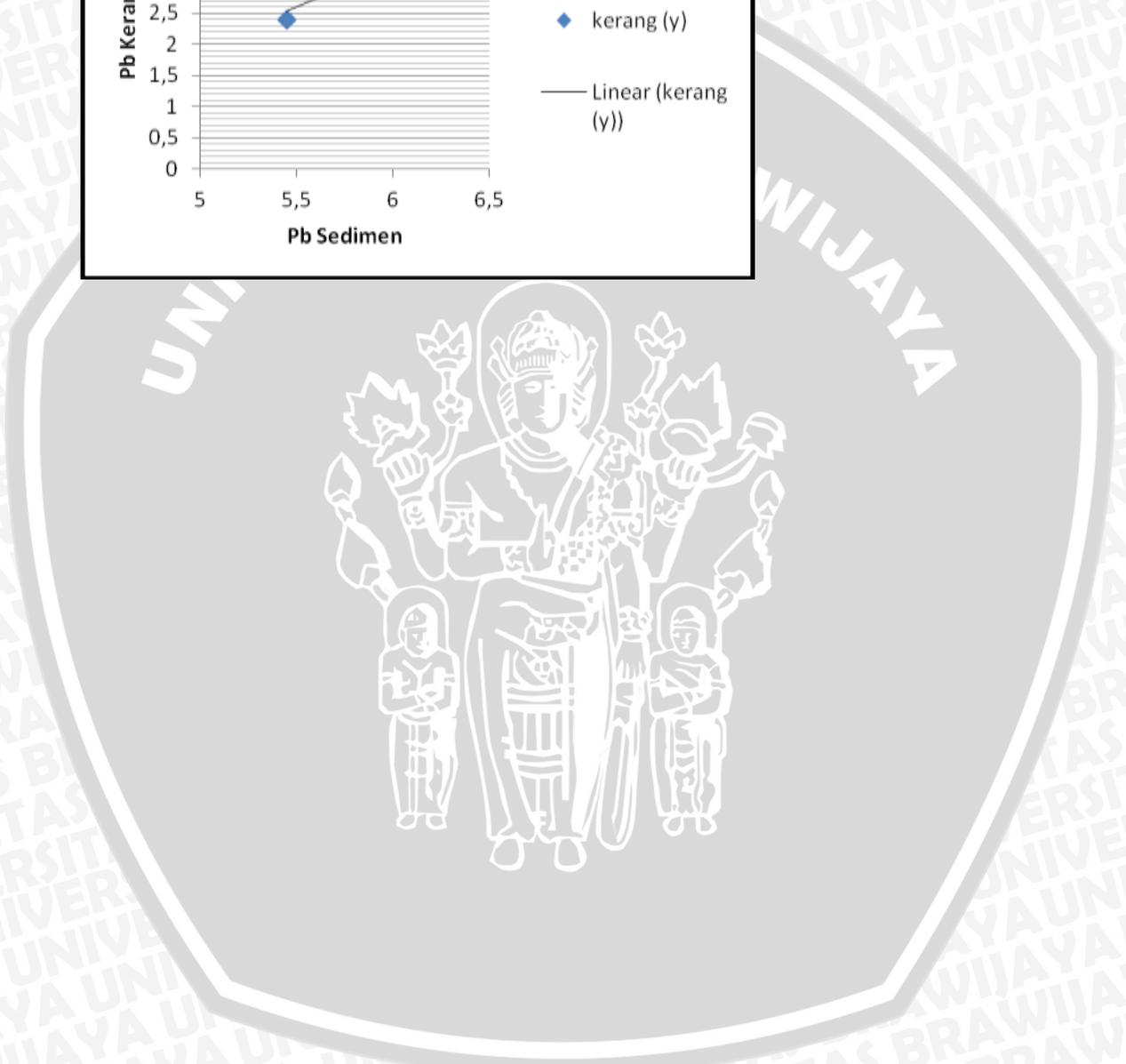
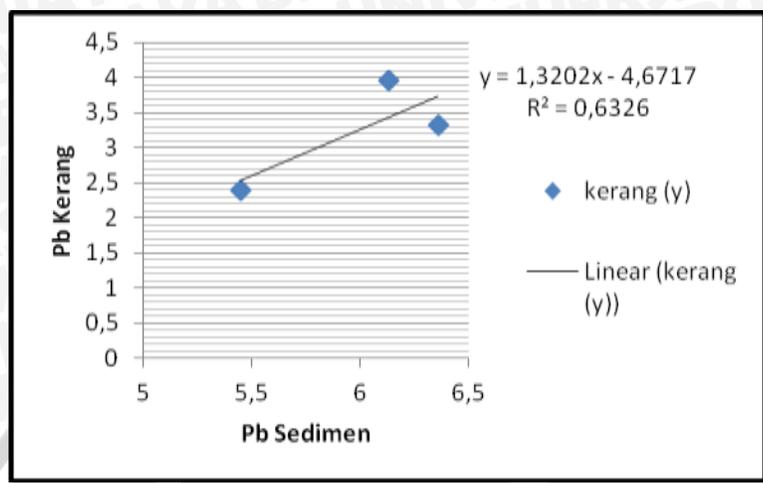
a. Grafik Regresi antara Kandungan Pb pada Fitoplankton dan Kerang



b. Grafik antara Kandungan Pb pada Air dan Kerang



c. Grafik antara Kandungan Pb pada Sedimen dan Kerang



**Lampiran 5. Data Kualitas Air**

## a. Suhu

Stasiun	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	27,3	27,1	27,4	27
2	27,6	28,3	27,9	28
3	28	28,3	28	28

## b. Salinitas

Stasiun	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	18	19	17	18
2	19	18	19	19
3	17	16	17	17

## c. pH

Stasiun	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	8	8	8	8
2	8	8	7	8
3	8	7	8	8

## d. DO

Stasiun	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	3,8	3,5	3,1	3,5
2	3,3	4,4	3,7	3,8
3	4,6	3,9	4,2	4,2

## e. TOM

Stasiun	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	27,17	27,34	29,12	27,88
2	22,75	26,31	23,56	24,2
3	13,27	19,78	14,26	15,77

**Lampiran 6.** Hasil Perhitungan

Tabel Rancangan Acak Lengkap

Ukuran kerang	Kelompok			Total
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	
Kecil	0,41	0,9	0,69	2
Sedang	0,74	1,25	1,19	3,18
Besar	1,24	1,79	1,45	4,48
Total	2,39	3,94	3,33	

Faktor koreksi =  $9,66/3 \times 3 = 10,3684$

JKT =  $11,8246 - 10,3684 = 1,4562$

JKK =  $32,3246/3 - 10,3684 = 10,7749 - 10,3684 = 0,4065$

JKP =  $34,1828/3 - 10,3684 = 11,3943 - 10,3684 = 1,0259$

JKG =  $JKT - JKK - JKP = 1,4562 - 0,4065 - 1,0259 = 0,0239$

Tabel Sidik Ragam

SK	DB	JK	KT	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Kelompok	2	0,4065	0,2032	34,061**	6,94	18,00
Perlakuan	2	1,0259	0,5129	85,965**	6,94	18,00
Galat	4	0,0239	0,006			
Total	8	1,4562				

\*=berbeda nyata

\*\*=berbeda sangat nyata

Perbedaan ukuran kerang dan letak stasiun stasiun memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kandungan logam berat Pb pada kerang ukuran kecil, sedang dan besar.

Perhitungan BNT

$$SED = \sqrt{\frac{2 \times KT \text{ acak}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0,006}{3}} = 0,004$$

Kelompok

Perlakuan

BNT 5% =  $6,94 \times 0,004$   
 = 0,028

BNT 5% =  $6,94 \times 0,004$   
 = 0,028

BNT 1% =  $18,00 \times 0,004$   
 = 0,072

BNT 1% =  $18,00 \times 0,004$   
 = 0,072

Tabel Analisis BNT Pengaruh Letak Stasiun terhadap Kandungan Logam Berat Pb pada Kerang

Rata-rata	A3 = 0,8	A2 = 0,3	A3 = 1,11	Notasi
A3 = 0,8				A
A2 = 0,3	0,5**			B
A1 = 1,11	0,31**	0,81**		C

\*=berbeda nyata

\*\*=berbeda sangat nyata

Tabel Analisis BNT Pengaruh Ukuran Kerang terhadap Kandungan Logam Berat Pb pada Kerang

Rata-rata	B3 = 0,67	B2 = 1,06	B1 = 1,49	Notasi
B1 = 0,67				a
B2 = 1,06	0,39**			b
B3 = 1,49	0,82**	0,43**		c

\*=berbeda nyata

\*\*=berbeda sangat nyata