



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb),
NIKEL (Ni), KROMIUM (Cr) DAN KADMIUM (Cd) PADA
KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DAN SIFAT
FRAKSIONASINYA PADA SEDIMEN LAUT**

SKRIPSI

LIDYA FERNANDA

0806399735

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN KIMIA

DEPOK

JULI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb),
NIKEL (Ni), KROMIUM (Cr) DAN KADMIUM (Cd) PADA
KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DAN SIFAT
FRAKSIONASINYA PADA SEDIMEN LAUT**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana sains**

LIDYA FERNANDA

0806399735

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN KIMIA**

**DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Lidya Fernanda

NPM : 0806399735

Tanda Tangan :



Tanggal : 4 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Lidya Fernanda

NPM : 0806399735

Program Studi : Kimia

Judul Skripsi : Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni),
Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau
(*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Laut

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

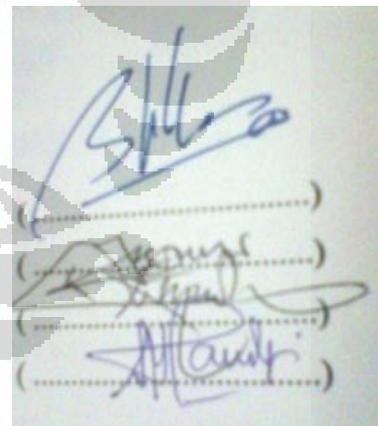
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. rer. nat. Budiawan

Penguji : Dr. Jarnuzi Gunlazuardi

Penguji : Drs. Ismunaryo Moenandar, M.Phil

Penguji : Dra. Sri Handayani, M. Biomed



A photograph showing four handwritten signatures in blue ink, each written over a horizontal dotted line. The signatures are arranged vertically and correspond to the names listed in the 'DEWAN PENGUJI' section.

Ditetapkan di :

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dapat menyelesaikan skripsi dengan baik sebagai syarat menempuh tugas akhir dalam meraih gelar kesarjanaan di Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan dorongan dan motivasi yang sangat berharga hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih sebesar-besarnya pula penulis haturkan kepada:

1. Dr. rer. nat. Budiawan selaku pembimbing penelitian dan pembimbing akademik yang telah membimbing, memotivasi, mengajarkan hal-hal yang berharga untuk kehidupan dan bersedia menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ridla Bakri selaku Ketua Departemen Kimia FMIPA UI;
3. Dra. Tresye Utari, M. Si dan Dra. Siswati, Apt. M. Si. selaku Koordinator dan Sekretaris Penelitian Departemen Kimia Program Reguler FMIPA UI;
4. Prof. Dr. Sumi Hudyono selaku Ketua KBI Biokimia Departemen Kimia FMIPA UI;
5. Mba Neera Khaerani yang selalu membagi waktu dan ilmunya kepada penulis untuk mendiskusikan segala hal. Terima kasih atas perhatian, saran dan kritiknya selama ini;
6. Orang tua tercinta yang telah mencurahkan kasih sayang, perhatian dan bantuan dari segi material dan non material. Adik-adik tercinta, Herman Andreas dan Olivia Angelina selalu menghibur;
7. Seluruh staf pengajar, yang telah mengajarkan banyak hal pada penulis;
8. Sahabat-sahabat seperjuanganku : Intan, Putri , Vina dan Daniel. Terima kasih atas kegembiraan, kesedihan, kelelahan, kelucuan yang

dilalui hampir setiap hari. Terutama semangat yang telah kalian bagi dalam hidup penulis;

9. Sahabat-sahabat terbaikku, Intan Rosa, Karina Djati, Antoinnete, tempat berbagi suka dan duka, terutama dorongan semangat yang diberikan. Bersama-sama berjuang dalam menyusun skripsi walau kita semua beda fakultas;
10. Stengko, Intan, Syifa, Laras, Mia, Fairuz, Risa, Indri, Puthy, dan Sesin. Hal paling membahagiakan punya teman seperti kalian semua.
11. Sahabat-sahabatku, seluruh mahasiswa kimia angkatan 2007,2008, 2009, 2010. Pak Hadi, Pak Mardji selaku karyawan TU Departemen Kimia UI, Babeh Tri, Pak Kiri, Pak Amin, Mba Emma, Mba Tri, Mba Inna.
12. Kakak-kakak di lab instrumen, Kak Daniel, Kak Dio, Kak Mila, Kak Rispa, Kak Rasyid, Kak Puji dan Mba Zora yang sabar membantu dan mengajari pemakaian instrumen.
13. Dan beberapa yang tak bisa penulis sebutkan satu persatu atas keikutsertaan dalam pengembangan dan kematangan diri penulis baik semasa kuliah maupun penyusunan skripsi ini.

Mohon maaf apabila ada kesalahan kata dan perilaku yang telah diperbuat penulis. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan parapembaca umumnya serta perkembangan ilmu pengetahuan.

Penulis
2012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah

ini:

Nama : Lidya Fernanda

NPM : 0806399735

Departemen : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Laut beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

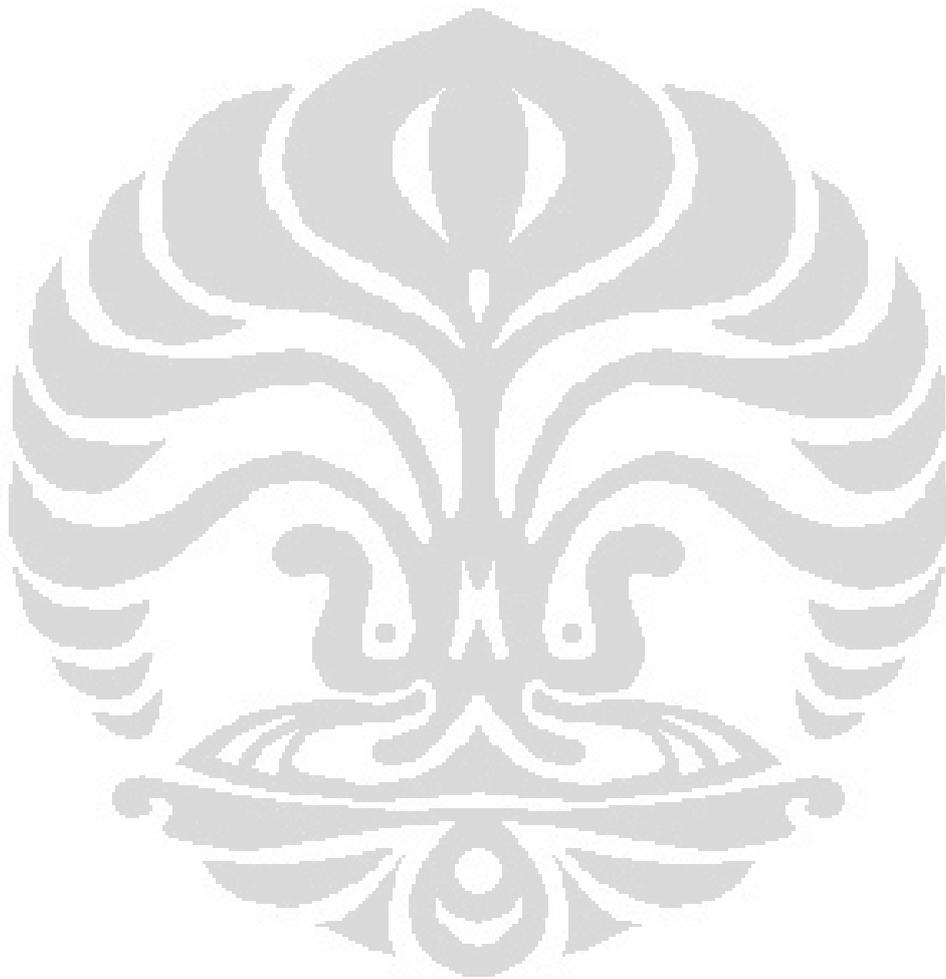
Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Juli 2012

Yang menyatakan



(Lidya Fernanda)



ABSTRAK

Nama : Lidya Fernanda

Program Studi : Kimia

Judul : Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni),

Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau

(*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Laut

Pencemaran perairan oleh logam berat didaerah peternakan kerang sangat membahayakan bagi *Perna viridis* yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Oleh karena itu untuk melihat tingkat pencemaran, dilakukan penelitian kadar logam pada *Perna viridis*, air dan sedimen. Untuk melihat kontribusi sedimen dalam mencemari perairan maka dilakukan ekstraksi sedimen dengan fraksi pada pH 3, pH 5 dan pH 7 sebagai simulasi proses pelepasan logam dari sedimen ke perairan karena pengaruh pH. Kadar logam pada *Perna viridis*, air dan sedimen dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kandungan logam Pb pada *Perna viridis* besar berkisar antara 0,6868 mg/kg hingga 5,7090 mg/kg. Kandungan logam Ni pada *Perna viridis* berkisar antara 0,4161 mg/kg hingga 3,8218 mg/kg. Kandungan logam Cr pada *Perna viridis* berkisar antara 0,2245 mg/kg hingga 3,4446 mg/kg. Kandungan logam Cd pada *Perna viridis* berkisar antara 0,2019 mg/kg hingga 1,3468 mg/kg. Kandungan logam Pb, Ni, Cr dan Cd pada air yaitu 0,1561 mg/L; 0,0255 mg/L; 0,0222 mg/L dan 0,0113 mg/L. Kandungan logam berat Pb, Ni, Cr dan Cd pada sedimen yaitu sebesar 41,2522 mg/kg; mg/kg; 36,5143 mg/kg; 17,2292 mg/kg dan 10,8192 mg/kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam-logam Pb, Ni, Cr dan Cd yang terdapat pada sedimen dapat terlepas dengan ekstraksi, hal ini menandakan bahwa sedimen berkontribusi terhadap akumulasi logam pada kerang dan air.

Kata Kunci : *Perna viridis*, leaching, logam berat, sedimen

xv + 95 halaman : 34 gambar ; 5 tabel ; 22 lampiran

Daftar Pustaka : 78 (1979-2012)

ABSTRACT

Name: Lidya Fernanda

Program Study: Chemistry

Title: Study of Heavy Metals Concentration Lead (Pb), Nickel (Ni), Chromium (Cr) and Cadmium (Cd) in Green Mussels (*Perna viridis*) and its Fractionation Properties in Marine Sediment

Heavy metal pollution of waters by shellfish farming area is very dangerous for *Perna viridis* that consumed by many people. Therefore to see the level of pollution, conducted research on the metal content of *Perna viridis*, water and sediment. To see the contribution of sediment in the polluted waters of the sediment extraction fraction at pH 3, pH 5 and pH 7 as a simulation of the process of metal release from sediment into the water because of the influence of pH. Metal content in the *Perna viridis*, water and sediments were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Based on the results of the study, obtained the metal content of Pb in *Perna viridis* between 0.6868 mg / kg to 5.7090 mg / kg. *Perna viridis* Ni metal content in the range between 0.4161 mg / kg to 3.8218 mg / kg. Cr metal content in the *Perna viridis* ranged from 0.2245 mg / kg to 3.4446 mg / kg. Cd metal content in the *Perna viridis* ranged from 0.2019 mg/kg to 1, 3468mg/kg. Metal content of Pb, Ni, Cr and Cd in water is 0.1561 mg / L; 0.0255 mg / L; 0.0222 mg / L and 0.0113 mg / L. The content of heavy metals Pb, Ni, Cr and Cd in the sediment that is equal to 41.2522 mg / kg; mg / kg; 36.5143 mg / kg; 17,2292 mg/kg and 10.8192 mg / kg. The results showed that the metals Pb, Ni, Cr and Cd are found in sediments can be separated by extraction, it indicates that the sediments contribute to the accumulation of metals in shellfish and water.

Keywords: *Perna viridis*, leaching, heavy metals, sediment

xv + 95 pages: 34 images; 5 tables, 22 appendix

Bibliography: 78 (1979-2011)

DAFTAR ISI

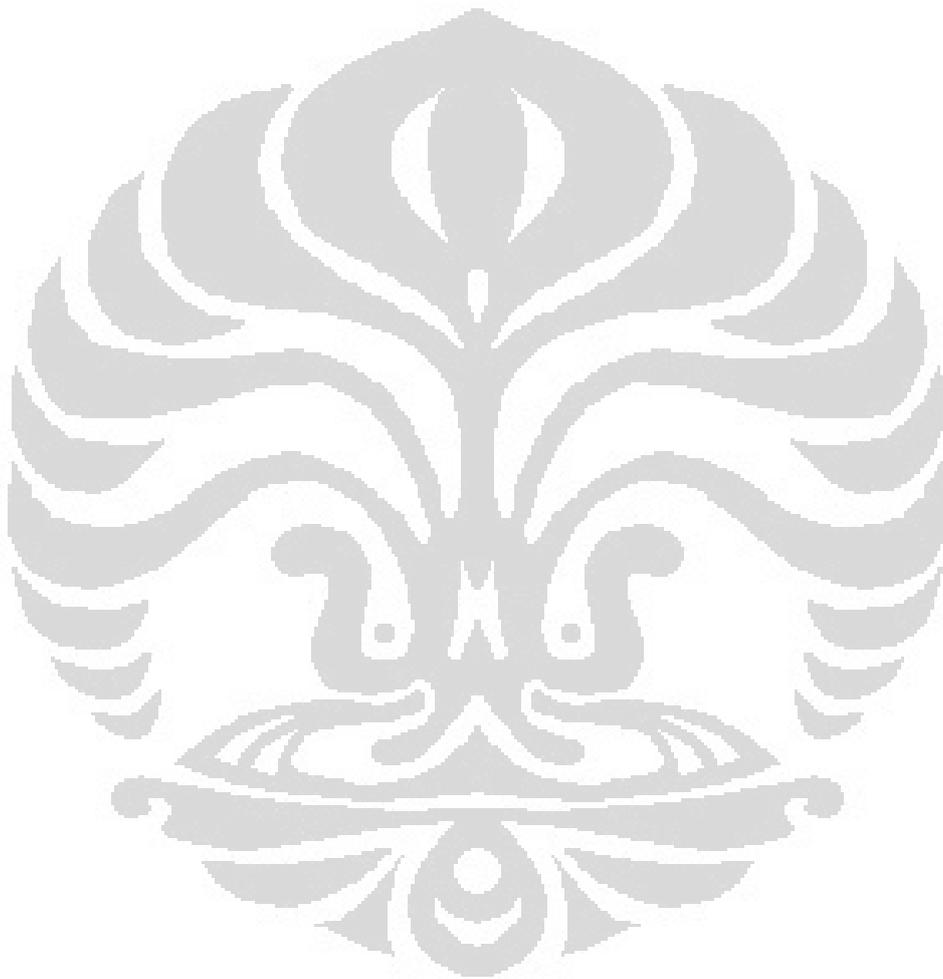
| | |
|---|----------|
| Halaman Judul | ii |
| Halaman Pernyataan | iii |
| Lembar Pengesahan | iv |
| Kata Pengantar | v |
| Lembar Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah | vii |
| Abstrak | viii |
| Daftar Isi | x |
| Daftar Gambar | xii |
| Daftar Tabel | xiv |
| Daftar Lampiran | xv |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Hipotesis | 5 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Pencemaran | 6 |
| 2.2 Logam Berat | 6 |
| 2.2.1 Mekanisme Toksisitas Logam | 8 |
| 2.3 Timbal (Pb) | 9 |
| 2.3.1 Sifat Fisika dan Kimia Timbal | 9 |
| 2.3.2 Kegunaan Timbal | 10 |
| 2.3.3 Mekanisme Masuknya Timbal | 10 |
| 2.3.4 Metabolisme Timbal | 11 |
| 2.4 Nikel (Ni) | 13 |
| 2.4.1 Sifat Fisika dan Kimia Nikel | 13 |
| 2.4.2 Kegunaan Nikel | 14 |
| 2.4.3 Masuknya Nikel | 14 |
| 2.4.4 Metabolisme Nikel | 14 |
| 2.5 Kromium (Cr) | 15 |
| 2.5.1 Sifat Fisika dan Kimia Kromium | 15 |
| 2.5.2 Kegunaan Kromium | 16 |
| 2.5.3 Masuknya Kromium | 16 |
| 2.5.4 Metabolisme Kromium | 16 |
| 2.6 Kadmium (Cd) | 17 |
| 2.6.1 Sifat Fisika dan Kimia Kadmium | 17 |
| 2.6.2 Kegunaan Kadmium | 18 |
| 2.6.3 Masuknya Kadmium | 18 |
| 2.6.4 Metabolisme Kadmium | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7 Kerang Hijau | 20 |
| 2.7.1 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Kerang | 24 |
| 2.7.2 Pengaruh Logam Berat Terhadap Kerang | 24 |
| 2.8 Sedimen | 25 |
| 2.9 Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS | 25 |
| 2.9.1 Prinsip Kerja AAS | 25 |
| 2.9.2 Hubungan antara Serapan Atom dengan Konsentrasi | 26 |
| 2.10 Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) | 27 |
| | |
| 3. METODE PENELITIAN | 28 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 28 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 28 |
| 3.3 Prosedur Kerja | 29 |
| 3.3.1 Pengambilan Sample | 29 |
| 3.3.2 Persiapan dan Pengawetan Sampel Uji | 30 |
| 3.3.3 Persiapan Pengujian | 30 |
| 3.3.4 Verifikasi Metode Analisa | 31 |
| 3.3.5 Penentuan Kadar Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd Sampel Uji | 32 |
| 3.4 Bagan Kerja Penelitian | 34 |
| | |
| 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 35 |
| 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel | 35 |
| 4.2 Tempat dan Waktu | 36 |
| 4.3 Kadar Logam Pb, Ni, Cr dan Cd pada Kerang | 39 |
| 4.4 Kandungan Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Perairan | 51 |
| 4.5 Kandungan Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Sedimen | 55 |
| 4.6 Pengamatan Proses Pelepasan (leaching) Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd pada Sedimen dengan Variasi pH | 59 |
| | |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 65 |
| 5.1. Kesimpulan | 65 |
| 5.2 Saran | 66 |
| Daftar Pustaka | 67 |
| Lampiran | 74 |

DAFTAR GAMBAR

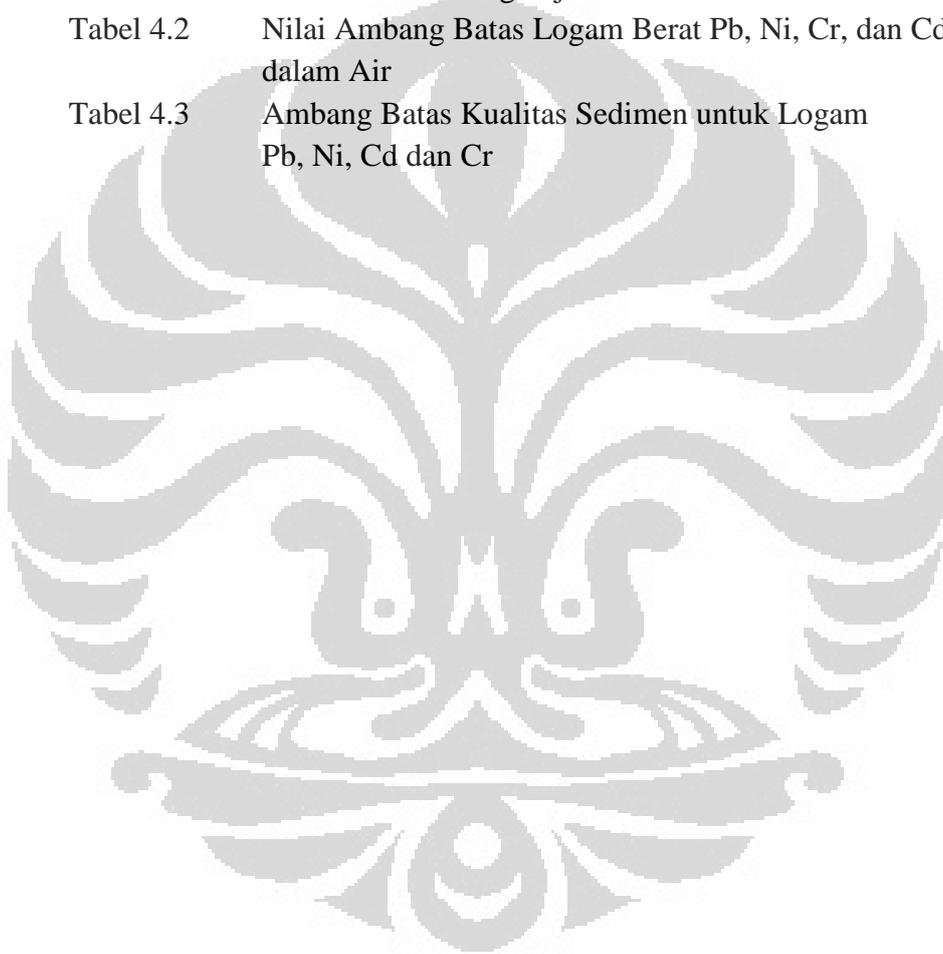
| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1. | Skema proses alami yang terjadi jika polutan (logam berat) masuk ke lingkungan laut (EPA, 19737) | 7 |
| Gambar 2.2. | Timbal | 10 |
| Gambar 2.3. | Nikel | 13 |
| Gambar 2.4. | Kromium | 16 |
| Gambar 2.5. | Kadmium | 18 |
| Gambar 2.6. | <i>Perna viridis</i> | 21 |
| Gambar 2.7. | Morfologi Kerang | 22 |
| Gambar 2.8. | Prinsip kerja Spektrofotometer Serapan Atom | 26 |
| Gambar 4.1 | Peta Lokasi Pengambilan Sampel di Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal | 35 |
| Gambar 4.2 | Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal | 36 |
| Gambar 4.3 | (a,b) Pengambilan Sampel Kerang Hijau di Peternakan Kerang Muara Kamal | 37 |
| Gambar 4.4 | (a,b) Pengambilan Sampel Kerang Hijau di Pelelangan Ikan | 37 |
| Gambar 4.5 | (a,b) Pengambilan Sampel Kerang Hijau di Pengasinan Ikan | 38 |
| Gambar 4.6 | (a,b) Pengambilan Sampel Sedimen di Peternakan Kerang | 38 |
| Gambar 4.7 | Rerata kandungan Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Kerang Hijau berdasarkan lokasi pengambilan sampel | 41 |
| Gambar 4.8 | Kandungan Logam Pb dalam Kerang di Peternakan Kerang | 43 |
| Gambar 4.9 | Kandungan Logam Pb dalam Kerang di Pengasinan Ikan Kerang | 43 |
| Gambar 4.10 | Kandungan logam Pb dalam Kerang di Pelelangan Ikan | 43 |
| Gambar 4.11 | Kandungan logam Ni dalam Kerang di Peternakan Kerang | 45 |
| Gambar 4.12 | Kandungan logam Ni dalam Kerang di Pengasinan Ikan | 45 |
| Gambar 4.13 | Kandungan logam Ni dalam Kerang di Pelelangan Ikan | 45 |
| Gambar 4.14 | Kandungan logam Cr dalam Kerang di Peternakan Kerang | 47 |
| Gambar 4.15 | Kandungan logam Cr dalam Kerang di Pengasinan Ikan | 47 |
| Gambar 4.16 | Kandungan logam Cr dalam Kerang di Pelelangan Ikan | 47 |
| Gambar 4.17 | Kandungan logam Cd dalam Kerang di Peternakan Kerang | 49 |
| Gambar 4.18 | Kandungan logam Cd dalam Kerang di Pengasinan Ikan | 49 |
| Gambar 4.19 | Kandungan logam Cd dalam Kerang di Pelelangan Ikan | 49 |
| Gambar 4.20 | Kandungan Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Air | 51 |
| Gambar 4.21 | Kandungan Logam Berat Cd, Cr, Ni dan Pb di dalam Sedimen Peternakan Kerang, Muara Kamal | 56 |
| Gambar 4.22 | Hubungan antara Air, Sedimen dan Biota | 60 |

- Gambar 4.23 Kandungan Logam Pb Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7 61
- Gambar 4.24 Kandungan Logam Ni Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7 62
- Gambar 4.25 Kandungan Logam Cr Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7 62
- Gambar 4.26 Kandungan Logam Cd Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7 63



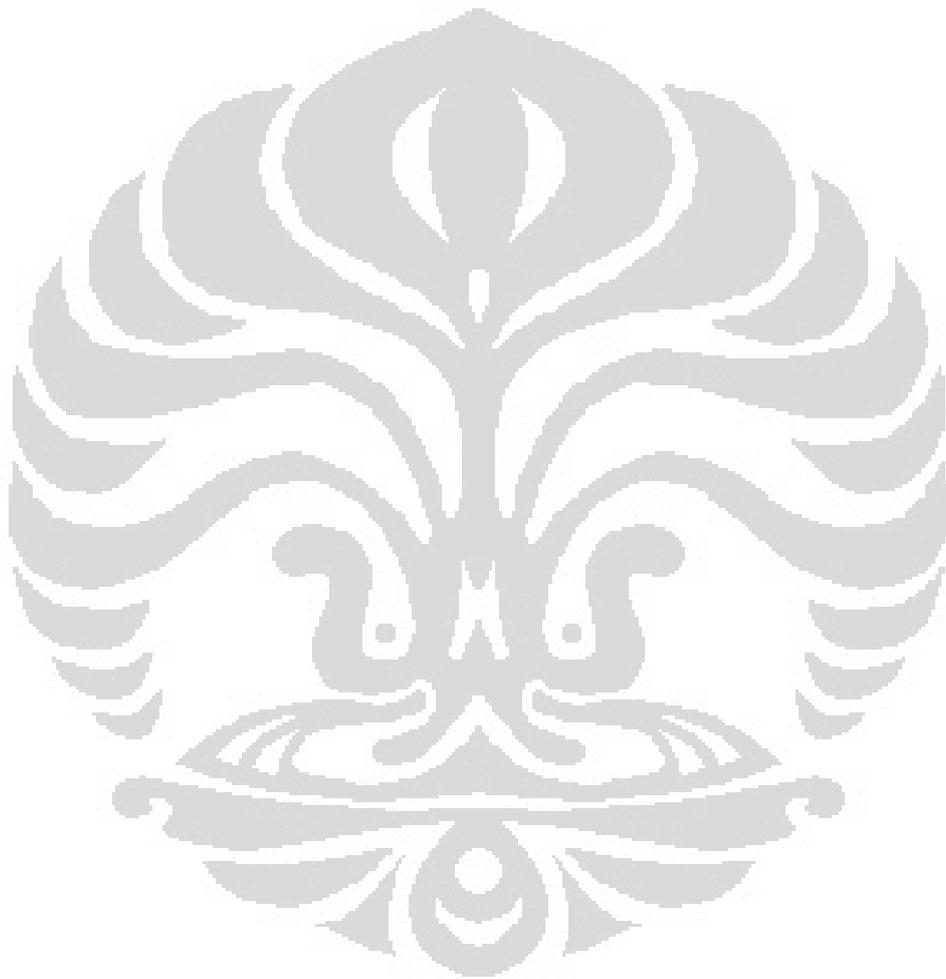
DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1. | Penggolongan Ion-Ion Logam Berdasarkan Toksisitas | 9 |
| Tabel 2.2 | Taksonomi <i>Perna viridis</i> | 20 |
| Tabel 4.1 | Data Kondisi Pengambilan Sampel di lokasi Pernakan Kerang Hijau Muara Kamal | 36 |
| Tabel 4.2 | Nilai Ambang Batas Logam Berat Pb, Ni, Cr, dan Cd dalam Air | 52 |
| Tabel 4.3 | Ambang Batas Kualitas Sedimen untuk Logam Pb, Ni, Cd dan Cr | 57 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|--------------|--|----|
| Lampiran 1. | Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ) Cd | 75 |
| Lampiran 2. | Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ) Pb | 76 |
| Lampiran 3. | Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ) Cr | 77 |
| Lampiran 4. | Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ) Ni | 78 |
| Lampiran 5. | Data Kadar Logam Ni pada Kerang di Pernakan Kerang Hijau Muara Kamal | 79 |
| Lampiran 6. | Data Kadar Logam Ni pada Kerang di Pengasinan Ikan dan Pelelangan Ikan | 79 |
| Lampiran 7. | Data Kadar Logam Pb pada Kerang di Pernakan Kerang Hijau Muara Kamal | 81 |
| Lampiran 8. | Data Kadar Logam Pb pada kerang di Pengasinan Ikan dan Pelelangan Ikan | 81 |
| Lampiran 9. | Data Kadar Logam Cr pada Kerang di Pernakan Kerang Hijau Muara Kamal | 83 |
| Lampiran 10. | Data Kadar Logam Cr pada kerang di Pengasinan Ikan dan Pelelangan Ikan | 83 |
| Lampiran 11. | Data Kadar Logam Cd pada Kerang di Pernakan Kerang Hijau Muara Kamal | 85 |
| Lampiran 12. | Data Kadar Logam Cr pada kerang di Pengasinan Ikan dan Pelelangan Ikan | 85 |
| Lampiran 13. | Data Kadar Logam Pb pada Air | 87 |
| Lampiran 14. | Kadar Logam Ni pada Air | 87 |
| Lampiran 15. | Data Kadar Logam Cd pada Air | 88 |
| Lampiran 16. | Kadar Logam Cr pada Air | 88 |
| Lampiran 17. | Data Kadar Logam Pb pada Sedimen | 89 |
| Lampiran 18. | Data Kadar Logam Ni pada Sedimen | 90 |
| Lampiran 19. | Data Kadar Logam Cr pada Sedimen | 91 |
| Lampiran 20. | Data Kadar Logam Cd pada Sedimen | 92 |
| Lampiran 21. | Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 : Pengelolaan kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air | 93 |
| Lampiran 22. | Sediment Quality Guideline (SQG) | 95 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan industri di Indonesia terutama di daerah DKI Jakarta dan sekitarnya sangat berkembang pesat. Peningkatan jumlah industri ini akan selalu diiringi dengan peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah padat, cair dan gas. Limbah tersebut mengandung bahan kimia beracun dan berbahaya (B3) yang akan berpengaruh untuk lingkungan sekitarnya.

Pengertian dari Limbah B3 menurut Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1999 adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya beracun yang karena sifat, konsentrasinya dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan merusakkan lingkungan hidup, dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Definsi lain dari B3 adalah bahan buangan bentuk (padat, cair dan gas) yang dihasilkan baik dari proses produksi maupun dari proses pemanfaatan produksi industri tersebut yang mempunyai sifat berbahaya dan sifat beracun terhadap ekosistem karena dapat bersifat korosi, eksplosif, toksik, reaktif, mudah terbakar, menghasilkan bau, radioaktif dan bersifat karsinogenik maupun mutagenik terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Salah satu limbah B3 adalah logam berat. Logam berat merupakan bahan buangan yang sudah sering menimbulkan pencemaran laut atau pantai di negara-negara yang sedang berkembang. Masuknya limbah ini ke perairan laut telah menimbulkan pencemaran terhadap perairan. Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu logam berat tidak dapat dihancurkan (*nondegradable*) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Djuangsih, 1982).

Menurut Nybakken (1992), logam berat merupakan salah satu bahan kimia beracun yang dapat memasuki ekosistem bahari. Logam berat seringkali memasuki rantai makanan di laut dan berpengaruh pada hewan-hewan, serta

dari waktu ke waktu dapat berpindah-pindah dari sumbernya. Beberapa biota laut tertentu juga dapat mempertinggi pengaruh toksik berbagai unsur kimia, karena memiliki kemampuan untuk mengakumulasi zat di tubuhnya jauh melebihi yang terkandung di perairan sekitarnya. Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia

Hasil penelitian Yatim et al. (1979) menunjukkan bahwa kadar logam berat dalam air di Teluk Jakarta sudah tergolong tinggi, bahkan di beberapa lokasi seperti muara Angke kadar logam beratnya cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah industri di Jakarta. Bahkan kadar Hg, Pb dan Cd dalam air dan berbagai jenis biota laut yang hidup di perairan Muara Angke, Teluk Jakarta sudah melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan. Hasil penelitian H.P. Hutagalung, H. Razak (1982) dan H.P. Hutagalung, Bull. (1987) di perairan muara Angke menunjukkan bahwa air laut, udang, kerang-kerangan dan beberapa jenis ikan yang hidup di muara Angke telah tercemar oleh merkuri (Hg), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd).

Menurut Anon (2004), Teluk Jakarta merupakan teluk yang paling tercemar di Asia akibat limbah industri dan rumah tangga. Hal ini menjadi masalah tersendiri untuk kelangsungan hidup biota air laut seperti kerang dan ikan lainnya, yang juga dimanfaatkan sebagai bahan konsumsi oleh masyarakat.

Selama bertahun-tahun, perairan Teluk Jakarta menunjukkan peningkatan eutrofikasi dan sedimentasi. Dari tahun 1937 sampai 2005, Teluk Jakarta menerima peningkatan jumlah limbah dari daerah Jakarta dan sekitarnya (Sancia E.T. van der Meij et al., 2009).

Pencemaran Teluk Jakarta akan menyebabkan bahan pangan ikut tercemar. Hal ini terjadi karena biota air yang hidup dalam perairan tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh hewan tersebut (Rai, L.L., 1981).

Logam berat yang ada di perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi bersama lumpur, hal ini akan menyebabkan organisme yang mencari makan di dasar perairan

(kerang, udang, dan rajungan) akan memiliki peluang yang besar terpapar logam berat yang telah terikat di dasar perairan dan membentuk sedimen (Rahman, 2006).

Menurut Jardine (1993) terjadinya kontaminasi zat beracun pada organisme perairan dapat melalui permukaan organisme, respirasi atau ingesti dari air dan melalui pengambilan makanan (zooplankton, phitoplankton) yang mengandung bahan pencemar.

Kasus pencemaran logam berat pada makanan laut (*seafood*) sudah banyak di laporkan. Sebuah survey beberapa jenis hewan laut di Johar, Malaysia menunjukkan konsentrasi timbal melebihi batas maksimum yang diizinkan yaitu 2,0 µg/g berat kering yang dikeluarkan oleh Malaysia Ministry of Health (Yusof et al., 1994).

Ismail et al. (1995) menganalisis sepuluh jenis udang-udangan laut dari Peninsular Malaysia. Hasil analisis menunjukkan konsentrasi timbal pada umumnya rendah, tiger prawn (*Penaeus monodon*), makanan laut lokal yang populer, mengandung 0,06 – 5,9 µg/g berat kering.

Di Indonesia, kerang adalah salah satu contoh bahan pangan yang diperoleh dari peternakan di Muara Kamal, Teluk Jakarta merupakan salah satu sumber protein hewani yang tinggi, bahkan mutunya dikategorikan lengkap protein karena kadar asam amino esensialnya tinggi sekitar 85-95%. Habitat kerang yaitu hidup di perairan yang memiliki pasir berlumpur yang banyak ditemukan pada substrat yang kaya kadar organik (Nurdin, 2008).

Jenis kerang-kerangan merupakan jenis organisme khas yang dapat mengakumulasi logam berat, dikarenakan kerang mempunyai mobilitas yang rendah sehingga adanya logam berat di dalam tubuhnya dipandang dapat mewakili keberadaan logam berat yang terdapat di habitatnya. Menurut Yennie dan Murtini (2005) kerang merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat, karena sifatnya yang *filter feeder*, sehingga biota ini sering digunakan sebagai hewan uji dalam pemantauan tingkat akumulasi logam berat pada organisme laut.

Oleh karena itu, hasil tangkapan laut perlu diwaspadai terhadap pencemaran logam berat, khususnya jenis kerang yang habitatnya berada di dasar perairan atau lumpur. Mengingat pencemaran terjadi secara terus menerus karena adanya penambahan industri, diduga akan berpengaruh pada

terjadinya perubahan konsentrasi logam berat di perairan dari waktu ke waktu. Selain itu, analisis logam berat pada biota perairan memberikan informasi penting mengenai dampak potensial dari konsumsi makanan laut pada kesehatan masyarakat. Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan analisis untuk mengukur kandungan logam berat Pb, Ni, Cr dan Cd pada kerang hijau (*Perna viridis*), air dan sedimen dari Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal.

1.2. Perumusan Masalah

Pencemaran logam berat di perairan Teluk Jakarta disebabkan oleh hasil limbah aktivitas manusia di darat seperti industri/pabrik, pertanian, pertambangan, pelabuhan, dan pemukiman yang langsung dibuang ke perairan Teluk Jakarta. Dalam kepentingan untuk menjaga kelestarian lingkungan perairan maka perlu diketahui kandungan logam Pb, Ni, Cr dan Cd dalam sedimen dan air. Kandungan logam dalam sedimen dapat berkontribusi mencemari lingkungan perairan tersebut dikarenakan adanya pengaruh pH.

Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan bahan pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Kerang hijau (*Perna viridis*) yang dibudidayakan di Muara Kamal, Teluk Jakarta dapat pula tercemar oleh logam-logam berat. Oleh karena itu perlu diketahui kandungan logam pada kerang hijau (*Perna viridis*) untuk keperluan perlindungan masyarakat terhadap bahaya mengkonsumsi jenis pangan tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

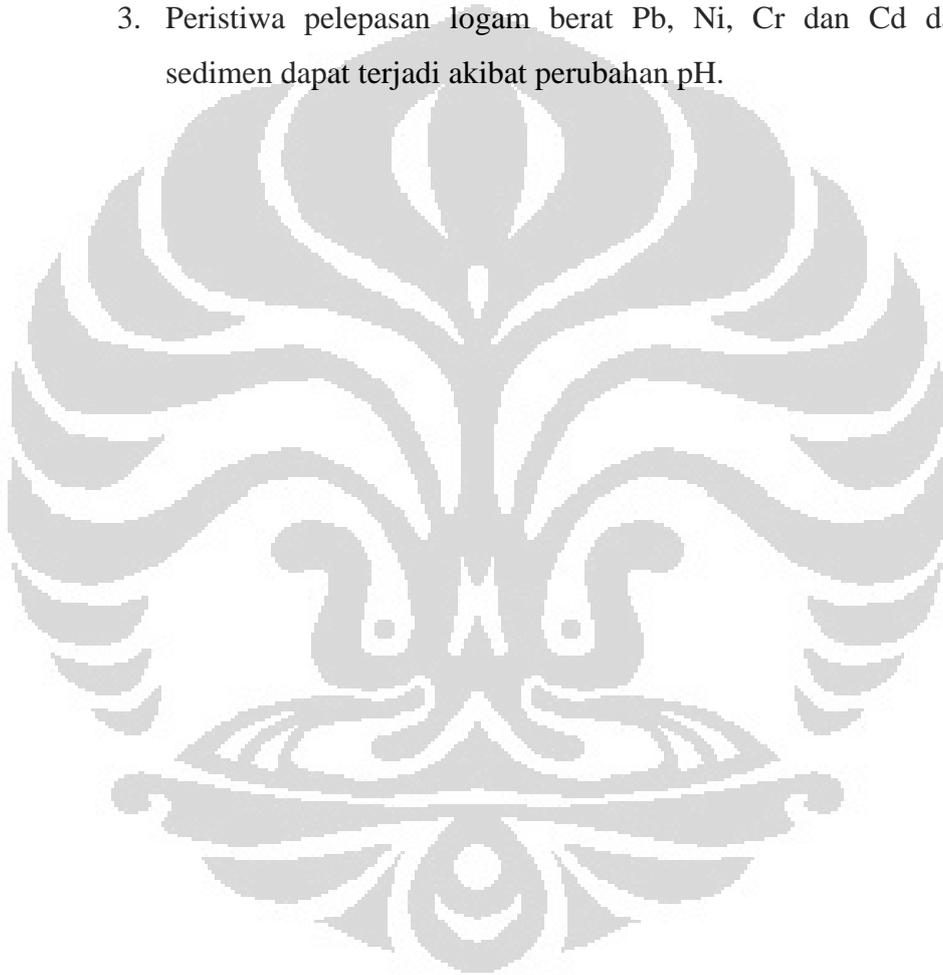
Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui kadar logam Pb, Ni, Cr dan Cd pada kerang hijau, sebagai indikator biologi sehingga dapat diketahui tingkat pencemaran di peternakan kerang Muara Kamal, Jakarta Utara.
2. Menentukan kadar logam Pb, Ni, Cr dan Cd yang terdapat pada sedimen dan air.
3. Mengetahui peristiwa pelepasan logam (*leaching*) Pb, Ni, Cr dan Cd

dalam sampel sedimen akibat perubahan pH.

1.4. Hipotesis

1. Kerang merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat, karena sifatnya yang *filter feeder*, sehingga logam berat dapat terakumulasi.
2. Sedimen dan air yang berasal dari Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal, Jakarta tercemar oleh logam berat Pb, Ni, Cr dan Cd.
3. Peristiwa pelepasan logam berat Pb, Ni, Cr dan Cd dari sampel sedimen dapat terjadi akibat perubahan pH.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran

Bedasarkan Keputusan Kementrian dan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/1998. yang dimaksud dengan pencemaran adalah masuk atau dimasukannya makhluk hidup, zat energi, dan/atau komponen lain ke dalam air atau udara, dan/atau berubahnya tatanan (komposisi) air atau udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air atau udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Secara garis besar sumber pencemaran perairan pesisir dan lautan dapat dikelompokkan menjadi tujuh kelas yaitu limbah, industri, limbah cair pemukiman (*sewage*), limbah cair perkotaan (*urban storm water*), pertambangan, pelayaran (*shipping*), pertanian dan perikanan budidaya. Sedangkan bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah dari ketujuh sumber tersebut berupa sediment, unsur hara (*nutrient*), logam beracun (*toxic metal*), pestisida, organisme eksotik, organisme patogen, sampah dan *oxygen depleting substance* (bahan yang menyebabkan oksigen terlarut dalam air berkurang) (Dahuri,1998).

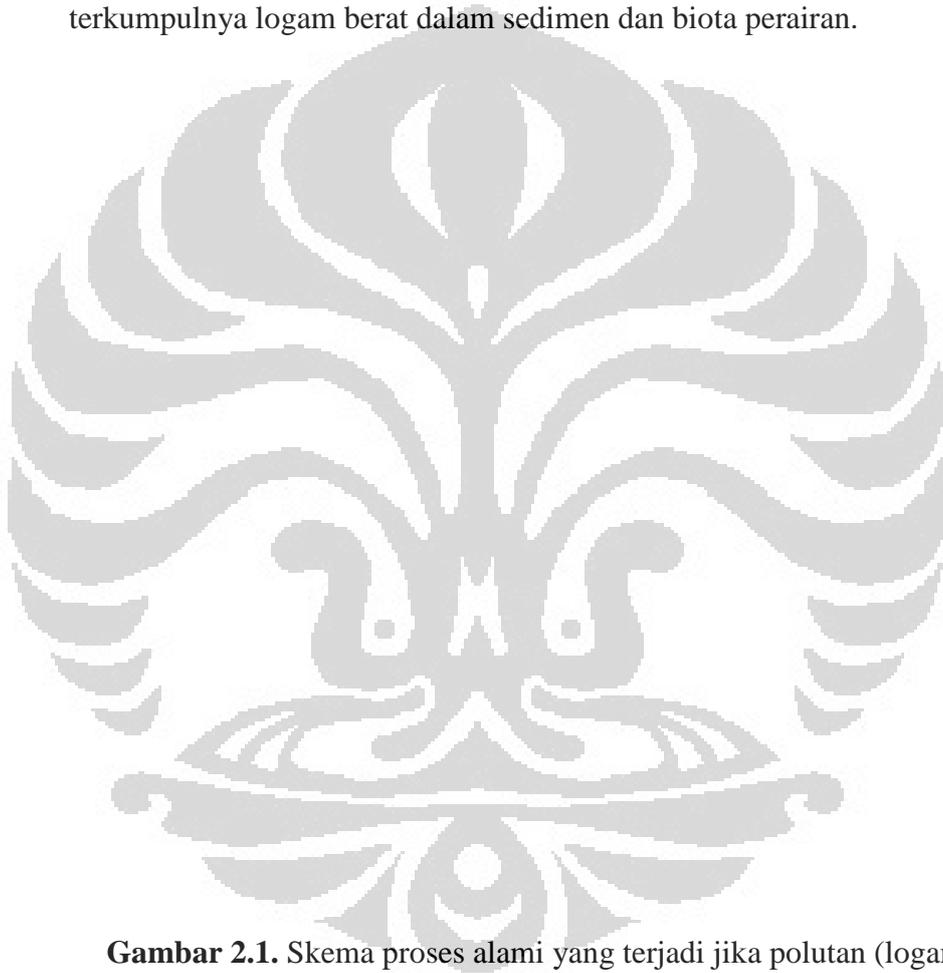
2.2 Logam Berat

Berdasarkan daya hantar panas dan listriknya semua unsur-unsur kimia yang terdapat dalam Susunan Berkala Unsur dapat dibagi atas dua golongan yaitu golongan logam dan non logam. Berdasarkan densitasnya, unsur logam dibagi menjadi dua yaitu unsur logam ringan (memiliki densitas kurang dari 5 gram per cm³) dan unsur logam berat (memiliki densitas lebih besar dari 5 gram per cm³).

Logam ini ditemukan dan menetap dalam alam, tetapi bentuk kimianya dapat berubah akibat pengaruh fisikokimia, biologis, atau akibat aktivitas manusia. Toksisitasnya dapat berubah drastis bila bentuk kimianya berubah. Kebanyakan logam terdapat dialam, tersebar dalam batu-batuan, bijih tambang, tanah, air, dan udara.

Keberadaan logam berat di lingkungan dapat berasal dari dua sumber. Pertama berasal dari alam dengan kadar di biosfer yang relatif kecil. Keberadaan logam berat secara alami tidak membahayakan lingkungan. Kedua, dari antropogenik dimana keberadaan logam berat tersebut diakibatkan oleh aktivitas manusia.

Limbah industri merupakan salah satu sumber pencemaran logam berat yang potensial bagi perairan. Pembuangan limbah industri secara terus menerus tidak hanya mencemari lingkungan perairan tetapi menyebabkan terkumpulnya logam berat dalam sedimen dan biota perairan.



Gambar 2.1. Skema proses alami yang terjadi jika polutan (logam berat) masuk ke lingkungan laut

Sumber : (EPA, 1973)

Menurut Sutamihardja (1982), sifat-sifat logam berat secara umum yaitu :

1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan

- perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan).
2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut.
 3. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen dapat menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Keberadaan logam di badan perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan di antaranya adalah suhu, pH, dan salinitas. Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam dalam air di kontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 1994).

Miller (1995), menyatakan bahwa kepekatan garam yang tinggi kation alkali dan alkalin dapat bersaing untuk tempat penyerapan pada partikel padat dengan cara mengganti ion logam yang telah diserap.

2.2.1 Mekanisme Toksisitas Logam

Toksisitas setiap logam dalam perairan berbeda-beda. Daya toksisitas logam berat dalam perairan terhadap makhluk hidup di dalamnya, dipengaruhi oleh bentuk logam dalam air, keberadaan logam-logam lain, pengaruh lingkungan, dan kemampuan organisme beraklimatisasi terhadap bahan toksik logam (Lu, 1995).

Ochiai (1997) telah mengklasifikasikan toksisitas logam dalam tiga kategori yakni: menahan gugus fungsi biologis yang esensial dalam biomolekul, menggantikan ion logam esensial dalam biomolekul, serta mengubah konformasi aktif biomolekul (Lu, 1995).

Niebor dan Richardson membagi logam berat ke dalam tiga kelompok, yaitu:

1. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga logam kelas A.
2. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen atau belerang yang disebut juga logam kelas B.
3. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus sebagai logam pengganti untuk logam-logam atau ion-ion logam dari kelas A dan kelas B.

Ion-ion logam kelas B merupakan yang paling toksik dan efektif untuk berikatan dengan kelompok -SH (misalnya sistein) dan kelompok yang mengandung nitrogen (misalnya lisin dan histidin imidazol) pada enzim. Ion-ion pada kelas B dapat mengganti ion-ion esensial dalam tubuh misalnya Zn pada metaloenzim yang menyebabkan enzim tidak aktif. Selain itu, ion-ion golongan B dapat membentuk ion organometalik yang larut dalam lemak, termasuk Hg, As, Sn, dan Pb yang mampu menembus membran biologi dan berakumulasi di dalam sel dan organel (Palar, 2004)

Tabel 2.1. Penggolongan Ion-Ion Logam Berdasarkan Toksisitas

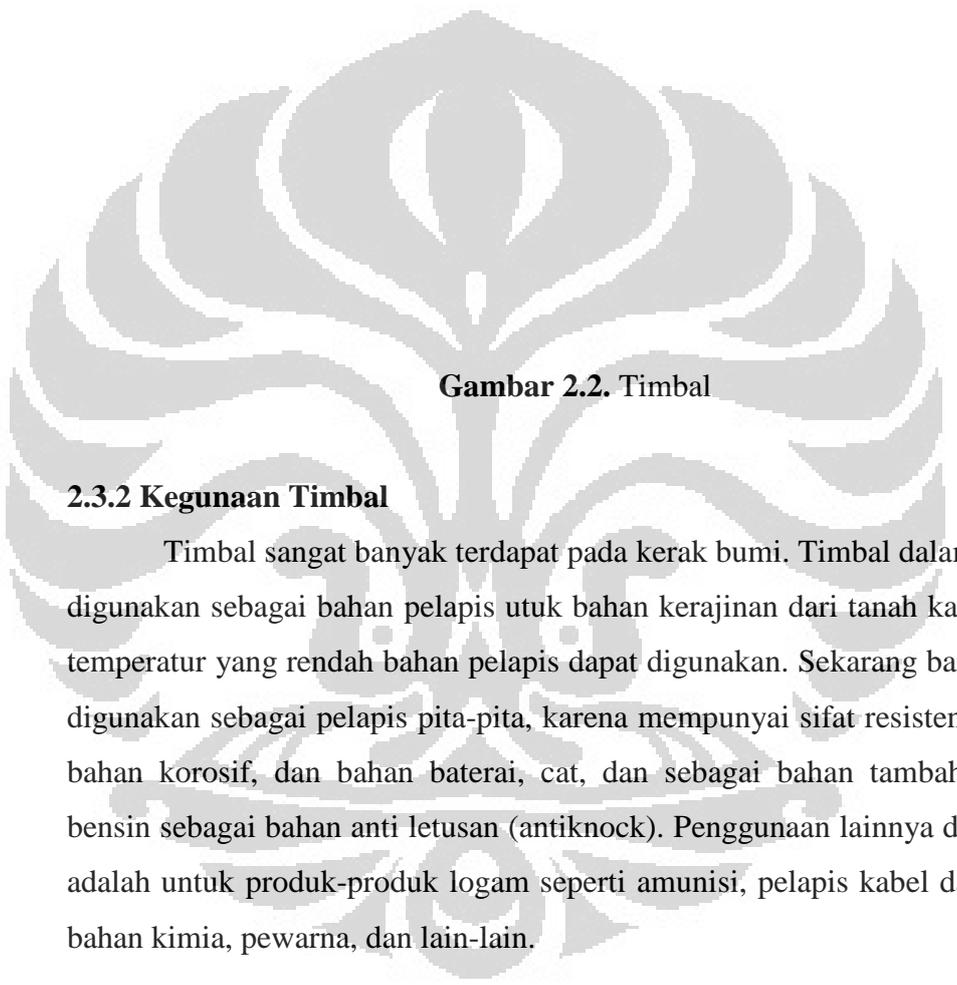
| Kelas A | Kelas Antara | Kelas B |
|------------------|------------------|------------------|
| Ca ²⁺ | Cr ²⁺ | Hg ²⁺ |
| Mg ²⁺ | Ni ²⁺ | Pb ²⁺ |
| Ba ²⁺ | As ²⁺ | Cu ⁺ |
| Be ²⁺ | Mn ²⁺ | Ti ⁺ |
| Al ³⁺ | Cd ²⁺ | Ag ⁺ |

2.3 Timbal (Pb)

2.3.1 Sifat Fisika dan Kimia Timbal

Timbal atau timah hitam yang dalam bahasa ilmiah dikenal dengan

kata *plumbum* dan disimbol dengan Pb, merupakan logam lunak dengan titik leleh $327,502^{\circ}\text{C}$ dan titik didih 1620°C . Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada Tabel Periodik unsur kimia. Walaupun bersifat lunak dan lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Sebagai salah satu logam berat, ternyata timbal merupakan unsur yang potensial menyebabkan pencemaran lingkungan.



Gambar 2.2. Timbal

2.3.2 Kegunaan Timbal

Timbal sangat banyak terdapat pada kerak bumi. Timbal dalam industri digunakan sebagai bahan pelapis untuk bahan kerajinan dari tanah karena pada temperatur yang rendah bahan pelapis dapat digunakan. Sekarang banyak juga digunakan sebagai pelapis pita-pita, karena mempunyai sifat resisten terhadap bahan korosif, dan bahan baterai, cat, dan sebagai bahan tambahan untuk bensin sebagai bahan anti letusan (antiknock). Penggunaan lainnya dari timbal adalah untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel dan solder, bahan kimia, pewarna, dan lain-lain.

2.3.3 Mekanisme Masuknya Timbal

Proses masuknya senyawa timbal ke dalam tubuh dapat melalui beberapa cara antara lain :

1. Sekitar 80% timbal masuk kedalam tubuh melalui saluran pernafasan, kemudian masuk ke pembuluh darah paru. Timbal yang terhirup akan berikatan dengan darah dan diedarkan ke seluruh jaringan dan organ

tubuh. Plasma darah berfungsi dalam mendistribusikan timbal dalam darah ke bagian syaraf, ginjal, hati, kulit dan otot skeletal/rangka. Lebih dari 90% timbal yang terserap oleh darah berikatan dengan sel-sel darah merah (Palar, H., 2004).

2. Melalui makanan dan minuman (14%) yang akan ikut dimetabolisme oleh tubuh.
3. Penetrasi pada selaput atau lapisan kulit (1%), hal ini disebabkan senyawa timbal dapat larut dalam lemak. Senyawa timbal tersebut dapat melakukan penetrasi apabila partikel timbal menempel pada permukaan kulit (Hariono, Bambang., 2005) .

2.3.4 Metabolisme Timbal

1. Absorpsi

Absorpsi timbal melalui saluran pernafasan dipengaruhi oleh tiga proses yaitu deposisi, pembersihan mukosiliar, dan pembersihan alveolar. Deposisi terjadi di nasofaring, saluran trakeobronkhial, dan alveolus. Deposisi tergantung pada ukuran partikel timbal, volume pernafasan, dan daya larut. Partikel yang lebih besar banyak di deposit pada saluran pernafasan bagian atas dibanding partikel yang lebih kecil. Pembersihan mukosiliar membawa partikel di saluran pernafasan bagian atas ke nasofaring kemudian ditelan. Rata-rata 10 – 30% timbal yang terinhalasi diabsorpsi melalui paru-paru, dan sekitar 5-10% dari yang tertelan diabsorpsi melalui saluran cerna. Fungsi pembersihan alveolar adalah membawa partikel, menembus lapisan jaringan paru kemudian menuju kelenjar limfe dan aliran darah. Sebanyak 30-40% timbal yang di absorpsi melalui saluran pernapasan akan masuk ke aliran darah.

Timbal yang diabsorpsi melalui saluran pencernaan akan melewati hati sebelum dibawa ke bagian tubuh lain. Hati merupakan organ utama yang dapat mendetoksifikasi zat kimia melalui proses biotransformasi. Proses biotransformasi tersebut akan dihasilkan metabolit yang seringkali lebih larut dalam air sehingga dapat diekskresi oleh tubuh. Sama seperti melalui inhalasi, timbal yang masuk melalui lapisan kulit akan langsung dibawa ke seluruh organ dalam tubuh sebelum menuju ke hati (WHO, 2002)

2. Distribusi dan Penyimpanan

Menurut EHC 3 (1977), timbal yang diabsorpsi akan diangkut oleh darah ke organ organ tubuh dan kemudian akan disimpan dalam jaringan lunak (sumsum tulang, sistim saraf, ginjal, hati) serta jaringan keras (tulang, kuku, rambut, gigi). Pada jaringan lunak sebagian timbal disimpan dalam aorta, hati, ginjal, otak, dan kulit. Timbal yang ada di jaringan lunak bersifat toksik. Akumulasi timbal dalam tubuh manusia dimulai pada janin. Timbal mudah bermigrasi melalui plasenta, sehingga konsentrasi timbal anak yang baru lahir akan sama dengan ibu mereka yang terindikasi timbal.

3. Ekskresi

Ekskresi timbal melalui beberapa cara, yang terpenting adalah melalui ginjal dan saluran cerna. Ekskresi timbal melalui urine sebanyak 75 – 80%, melalui feces 15% dan lainnya melalui empedu, keringat, rambut, dan kuku. Ekskresi timbal melalui saluran cerna dipengaruhi oleh saluran aktif dan pasif kelenjar saliva, pankreas dan kelenjar lainnya di dinding usus, regenerasi sel epitel, dan ekskresi empedu. Proses ekskresi timbal melalui ginjal adalah melalui filtrasi glomerulus. Pada umumnya ekskresi timbal berjalan sangat lambat. Waktu paruh didalam darah kurang lebih 25 hari, pada jaringan lunak 40 hari sedangkan pada tulang 25 tahun. Ekskresi yang lambat ini menyebabkan timbal mudah terakumulasi dalam tubuh.

4. Toksisitas Timbal

- Pengaruh Paparan Akut

Paparan akut pada inhalasi akan menimbulkan gejala antara lain sakit kepala, mual, kejang perut, dan ngilu pada persendian. Selain itu juga terdapat efek lain seperti rasa logam dimulut, muntah, konstipasi, atau diare berdarah. Timbal yang terakumulasi dalam tubuh akan memberi pengaruh terhadap kesehatan setelah paparan kronis dengan gejala yang mirip seperti pada inhalasi akut. Sedangkan pada pencernaan juga akan timbul gejala yang mirip dengan inhalasi (Sabki, 2003).

- Pengaruh Paparan Kronis

Paparan timbal yang kronis dapat mempengaruhi sistem saraf pusat, pencernaan, ginjal, darah dan jantung. Selain itu paparan timbal yang kronis dapat memicu kanker serta abrasi kromosom dari sel – sel darah putih (Palar, H., 2004).

Pada sistem saraf, gejala yang sering terjadi adalah pelupa, keletihan, sakit kepala, pusing, depresi, penurunan nafsu seksual, bahkan dengan kadar yang sangat tinggi dapat mengakibatkan kelumpuhan otak, perhatian menurun, hilang ingatan, dan lain-lain.

Pengaruh pada ginjal antara lain kerusakan pada tubulus proksimal, intersisial fibrosis, sklerosis pembuluh darah, dan gagal ginjal. Selain itu paparan timbal juga dapat mengurangi produksi hemoglobin (Hb) dan memperpendek umur dan fungsi dari sel darah merah sehingga mengakibatkan anemia. Selain mengakibatkan anemia, dapat juga menimbulkan hipertensi (Frank, C., 1995).

2.4 Nikel (Ni)

2.4.1 Sifat Fisika dan Kimia Nikel

Nikel adalah unsur kimia metalik yang termasuk kelompok VIIIB dari tabel periodik. Nikel memiliki kepadatan spesifik $8,90 \text{ g/cm}^3$, titik leleh $1555 \text{ }^\circ\text{C}$, dan titik didih $2837 \text{ }^\circ\text{C}$. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Bentuk umum adalah ion nikel (II). Nikel karbonat, sulfida nikel, dan nikel oksida tidak larut dalam air, sedangkan nikel klorida dan nikel nitrat yang larut dalam air. Dalam sistem biologi, nikel terlarut dapat membentuk komponen yang kompleks dengan berbagai ligan dan berikatan dengan bahan organik. (Environmental Health Criteria 108, 1991).

Gambar 2.3. Nikel

2.4.2 Kegunaan Nikel

Sebagian besar dari nikel yang digunakan untuk produksi stainless steel dan paduan nikel lainnya dengan korosi tinggi dan tahan suhu. Nikel paduan dan platings nikel digunakan di kendaraan, mesin pengolahan, persenjataan, peralatan, peralatan listrik, peralatan rumah tangga, dan mata uang. Senyawa nikel juga digunakan sebagai katalis, pigmen, dan dalam baterai.

2.4.3 Masuknya Nikel

Nikel dapat diserap pada manusia dan hewan melalui jalur inhalasi dan ingesti. Penyerapan melalui inhalasi dan penyerapan nikel melalui pencernaan adalah rute utama masuk selama pemaparan dalam pekerjaan. Nikel juga dapat masuk melalui kulit. Paparan nikel melalui kulit akan mengakibatkan hipersensitivitas.

2.4.4 Metabolisme Nikel

1. Absorpsi

Jumlah nikel diserap dari udara diperkirakan akan bervariasi menurut tingkat atmosfer sekeliling. 75% asupan nikel melalui pernapasan masih dipertahankan dalam tubuh. Sekitar 50% nikel yang dihirup akan disimpan pada mukosa bronkus, dan 25% disimpan pada parenkim paru.

Penyerapan nikel dari saluran pencernaan terjadi setelah konsumsi makanan, minuman, atau air minum.

2. Distribusi dan Penyimpanan

Nikel diangkut dalam darah, terutama terikat albumin. Akumulasi nikel tertinggi terjadi pada ginjal, kelenjar endokrin, paru-paru, dan hati: konsentrasi tinggi juga ditemukan pada otak setelah pemberian karbonil nikel.

3. Ekskresi

Semua cairan tubuh termasuk air kencing, empedu, keringat, air mata dan susu adalah rute potensial untuk melakukan ekskresi.

Secara umum, nikel yang diserap melalui saluran pencernaan, akan dikeluarkan melalui feses. Pada manusia dan hewan, ekskresi nikel melalui urin biasanya lebih besar (Environmental Health Criteria 108, 1991).

4. Toksisitas Nikel

- Pengaruh Paparan Akut

Gejala termasuk mual, muntah, kelemahan, sakit kepala, batuk, sesak napas, kelelahan.

- Pengaruh Paparan Kronis

Terpapar dalam jangka waktu yang lama dan berulang dapat menyebabkan gangguan dermatitis, pneumonia. Dapat terjadi disfungsi ginjal, sementara bersifat nefrotoksisitas ringan. Terjadi iritasi hipersensitivitas apabila kontak dengan kulit dan mata.

2.5 Kromium (Cr)

2.5.1 Sifat Fisika dan Kimia Kromium

Kromium merupakan salah satu unsur logam transisi golongan VIB yang tahan karat dan berwarna abu-abu. Kromium mempunyai nomor atom 24, massa jenis 7.19 g/cm³. Bersifat paramagnetik (sedikit tertarik oleh magnet), membentuk senyawa-senyawa berwarna, memiliki beberapa bilangan oksidasi , yaitu +2, +3, +6 dan stabil pada bilangan oksidasi +3. Bilangan oksidasi +4 dan +5 jarang ditemukan pada logam ini. Senyawa kromium pada bilangan oksidasi +6 merupakan oksidan yang kuat. Dalam bentuk heksavalen, kromium terdapat sebagai CrO₄²⁻ dan Cr₂O₇²⁻, sedangkan bentuk trivalen terdapat sebagai Cr³⁺, [Cr(OH)]²⁺, [Cr(OH)₂]⁺, dan [Cr(OH)₄]⁻ (Clesceri et al. 1998). Kedua bentuk kromium tersebut mempunyai karakteristik kimiawi yang sangat berbeda. Kromium heksavalen hampir semuanya berbentuk senyawaan anionik, sangat larut dalam perairan dan relatif stabil meskipun senyawaan ini merupakan agen pengoksidasi yang kuat di dalam larutan asam. Kromium trivalen stabil, dan berasal dari dikromium trioksida atau kromium trioksida, Cr₂O₃ (Environmental Health Criteria 61, 1988).



Gambar 2.4. Kromium

2.5.2 Kegunaan Kromium

Kromium banyak digunakan dengan besi membentuk baja yang tak berkarat dan berkekuatan tinggi. Logam krom dengan nikel membentuk lapisan krom-nikel untuk pelapis senjata dan kawat-kawat pada alat-alat listrik. Senyawa krom banyak dipakai pada penyamakan kulit, pembuatan zat warna, pewarnaan gelas, industri kimia, semen, pelapis, bahan listrik, dan sebagainya.

2.5.3 Masuknya Kromium

Paparan melalui dermal dapat mengakibatkan penyerapan dan efek berbahaya pada kulit. Kromium, terutama kromat, adalah alergen yang biasa terkontak pada kulit para pekerja. Paparan kromium juga bisa melalui jalur inhalasi dan ingesti.

2.5.4. Metabolisme Kromium

1. Absorpsi

Jumlah kromium yang diabsorpsi melalui inhalasi bergantung dengan ukuran partikel. Partikel dengan diameter lebih besar dari 5 μm akan terdeposit pada permukaan membran nasal, trakea, bronki dan faring apabila tertelan. Partikel dengan ukuran diameter dibawah 2 μm akan terdeposit pada alveolus.

2. Distribusi, Penyimpanan dan Ekskresi

Kromium terkonsentrasi didalam jaringan paru-paru, aorta, pankreas, jantung, testis, ginjal, hati, dan limpa. Selain itu kromium dapat ditemukan di dalam darah, susu, urin, rambut.

3. Toksisitas Kromium

Kromium Heksavalen digolongkan sebagai karsinogenik terhadap manusia oleh United States Environmental Protection Agency (USEPA). Percobaan laboratorium membuktikan bahwa senyawa-senyawa kromium heksavalen atau hasil-hasil reaksi antaranya di dalam sel dapat menyebabkan kerusakan pada materi genetik. Studi lain pada binatang percobaan menunjukkan bahwa bentuk kromium tersebut dapat menyebabkan masalah reproduksi.

- Pengaruh Paparan Akut

Menurut EHC 61, 1988 Toksisitas akut akibat kromium adalah muntah, diare berdarah dan gangguan saluran pencernaan. Efek lain yang muncul adalah nekrosis hati, nekrosis ginjal, dan keracunan darah.

- Pengaruh Paparan Kronis

Efek kronis dari jenis kromium (trivalen dan heksavalen) dilaporkan meliputi kulit, iritasi membran selaput lendir, gangguan pada hati, efek sistemik termasuk pada anak-anak dan kanker paru-paru pada pekerja pada industri pewarna yang menggunakan kromium (Environmental Health Criteria 61, 1988).

2.6 Kadmium (Cd)

2.6.1 Sifat Fisika dan Kimia Kromium

Kadmium (Cd) memiliki nomor atom 48; bobot atom 112,41 g.; bobot jenis 8,642 g/cm³ pada 20 °C. Kadmium memiliki titik leleh 302,9 °C; titik didih 767 °C pada tekanan uap 0,013 Pa pada 180 °C. Kadmium merupakan logam yang ditemukan alami dari kerak bumi. Kadmium murni berupa logam lunak berwarna putih perak. Namun sejauh ini belum pernah ditemukan kadmium dalam keadaan logam murni di alam. Kadmium biasa ditemukan sebagai mineral yang terikat dengan unsur lain seperti oksigen, klorin, atau sulfur. Kadmium tidak memiliki rasa maupun aroma spesifik.



Gambar 2.5. Kadmium

2.6.2 Kegunaan Kadmium

Kadmium digunakan dalam industri sebagai bahan dalam pembuatan baterai, pigmen pelapisan logam dan plastik. Selain itu digunakan pula pada penyolderan dan pencampuran logam. Beberapa garam kadmium, seperti sulfida, karbonat atau oksida, tidak larut dalam air. Namun, dapat berubah menjadi larut dalam air garam di alam bawah pengaruh oksigen

2.6.3 Masuknya Kadmium

Kadmium ini paling sering diambil dalam organisme secara langsung dari air, tetapi juga dapat masuk melalui jalur ingesti karena memakan makanan yang terkontaminasi. Penetrasi pada selaput atau lapisan kulit (1,8%) senyawa kadmium tersebut dapat melakukan penetrasi apabila partikel kadmium menempel pada permukaan kulit. Kadmium bisa masuk ke dalam tubuh melalui jalur inhalasi. Menurut eksperimen pada hewan, 5 - 20% kadmium dihirup dan tersimpan di paru-paru. Sebanyak 5% kadmium diserap melalui saluran pencernaan, dan terakumulasi dalam hati dan ginjal.

2.6.4 Metabolisme Kadmium

1. Absorpsi

Kadmium atau Cd yang masuk melalui pernafasan akan diabsorpsi oleh paru-paru. Sebuah studi pada tikus di mana klorida kadmium diberikan dalam air minum selama periode 12 bulan menunjukkan retensi di ginjal dan hati kurang dari 1% dari jumlah total tertelan. Penetrasi melalui kulit dapat terjadi (1.8% per 5 jam) bila larutan senyawa kadmium ketika ada di permukaan kulit.

2. Distribusi dan Penyimpanan

Data distribusi dan pengangkutan kadmium pada manusia dari situs penyerapan ke berbagai organ tidak tersedia.

Studi pada berbagai spesies telah menunjukkan bahwa, paparan tunggal kadmium oleh jalur oral atau parenteral, organ beban kadmium yang tertinggi pada awalnya ditemukan di hati. Setelah 8 bulan paparan, kenaikan kadmium juga terjadi pada ginjal. Pankreas dan limpa juga menunjukkan konsentrasi yang relatif tinggi.

Beberapa studi yang telah dilakukan pada subselular distribusi kadmium menunjukkan bahwa, sementara banyak terletak di sitosol, proporsi yang signifikan dapat ditemukan dalam inti dan mitokondria. Kadmium terikat dalam sitosol dengan protein yang memiliki massa molekul relatif rendah dan metallothionein. Metallothionein merupakan ikatan logam dengan protein yang memiliki massa molekul yang rendah. Metallothionein memiliki peranan penting dalam metabolisme kadmium. Metallothionein merupakan transportasi penting dan protein penyimpanan untuk kadmium dan logam lainnya.

Cadmium juga mungkin diangkut ke janin. Namun, meskipun kadmium terakumulasi dalam plasenta, sedikit yang ditransfer ke janin.

3. Ekskresi

Beberapa moluska, mengambil dan mempertahankan kadmium dalam jaringan mereka dengan sedikit ekskresi atau bahkan tidak ada sama sekali. Hal ini dikarenakan spesies ini mampu memegang jumlah besar logam di hepatopankreas tanpa timbul efek sakit yang jelas.

Secara umum kadmium di dalam urin, diangkut terikat dengan metallothionein. Menurut penelitian pada hewan, umumnya menunjukkan bahwa beberapa persen kadmium diekskresikan dalam kotoran dalam beberapa hari pertama setelah injeksi.

Kadmium dapat menyebabkan sintesis metallothionein dalam banyak organ termasuk hati dan ginjal. Pengikatan kadmium intraselular ke dalam jaringan metallothionein untuk melindungi terhadap toksisitas kadmium.

4. Toksisitas Kadmium

- Pengaruh Paparan Akut

Keracunan kadmium akut, dalam beberapa kasus telah dilaporkan kematian antara pekerja setelah terpapar asap, ketika logam kadmium atau

bahan yang mengandung kadmium dipanaskan sampai suhu tinggi.

Kasus keracunan makanan terjadi karena penggunaan kadmium dalam pelapisan peralatan memasak. Kontaminasi makanan muncul ketika makanan dan minuman asam disiapkan dan disimpan dan terkontak dengan permukaan berlapis kadmium. Gejala yang ditimbulkan antara lain mual, muntah, dan nyeri perut.

- Pengaruh Paparan Akut

Jangka panjang paparan inhalasi menimbulkan perubahan inflamasi kronis pada fibrosis, paru-paru, dan emphysema. Jangka panjang akibat pemberian oral menghasilkan efek terutama pada ginjal, hati dan kardiovaskular sistem. Efek dan kerusakan plasenta dapat terjadi, tergantung pada relasi antara paparan dan tahap kehamilan (Environmental Health Criteria 135, 1992).

2.7. Kerang Hijau

Kerang termasuk pada Kelas Pelecypoda atau Bivalvia, yang termasuk kelas ini adalah tiram, kerang, remis dan sebagainya. Cangkang disebut dengan tangkup yang terdiri dari dua belah sehingga dinamakan bivalvia. Kedua cangkang dapat membuka dan menutup dengan adanya otot pengikat (*adductor muscle*) dan terdapat dua otot pengikat satu pada bagian depan dan satu pada bagian belakang. Bila dipecah, cangkang kerang akan terlihat tiga buah lapisan, yaitu *periostracum*, *prismatic*, dan lapisan *nacreous*.

Tabel. 2.2 Taksonomi *Perna viridis*

| | |
|-------------------|-------------------|
| Kingdom : | Animalia |
| Filum : | Mollusca |
| Kelas : | Bivalvia |
| Subkelas : | Pteriomorphia |
| Orde : | Mytiloida |
| Family : | Mytilidae |
| Genus: | <i>Perna</i> |
| Species | <i>P. viridis</i> |

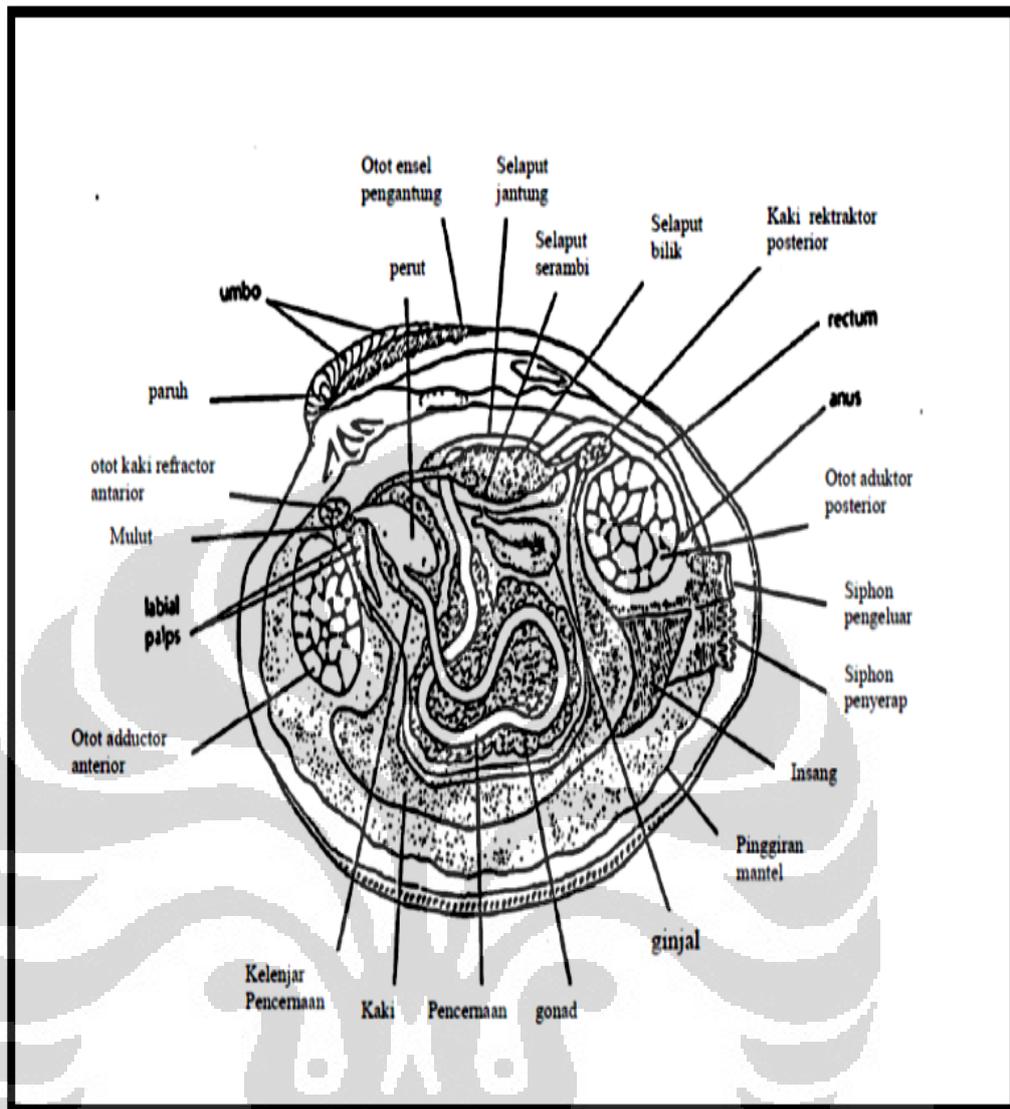


Gambar 2.6. *Perna viridis*

Sumber : Global Invasive Species Database

Kerang bernafas dengan dua buah insang dalam mantel. Insang ini berbentuk lembaran-lembaran (lamela) yang banyak mengandung batang insang. Mantel pada kerang hijau menyelubungi organ-organ bagian dalam. Kaki pada kerang hijau tergolong panjang dan dilengkapi oleh kelenjar byssal yang menghasilkan benang-benang byssus untuk menempel pada substrat. Sementara itu antara tubuh dan mantel terdapat rongga mantel. Rongga ini merupakan jalan masuk keluarnya air. Kerang tidak mempunyai kepala dan tentakel yang nyata tetapi mereka dapat memperoleh makanan dari cara menyaring pada insang dengan sistim sifon. Sistem pencernaan dimulai dari mulut, kerongkongan, lambung, usus dan akhirnya bermuara pada anus. Anus ini terdapat di saluran yang sama dengan saluran untuk keluarnya air (Huber, 2000).

Peredaran darah kerang adalah peredaran darah terbuka yaitu darah dari jantung ke sinus organ, ginjal, insang dan kembali ke jantung. Darah kerang biasanya tidak berwarna, kecuali kerang jenis *Anadara*, famili *Arcidae* mempunyai darah yang mengandung hemoglobin.



Gambar 2.7. Morfologi Kerang

Sumber : (Pechenik 2000).

Philip (1990 dalam Connell 1995) telah membahas secara seksama penggunaan spesies monitor kimiawi, menyatakan bahwa mollusca (Gastropoda, Bivalvia) dan Makroalgae merupakan indikator yang paling tepat dan efisien untuk pencemaran logam berat, ia melaporkan bahwa sifat dasar suatu spesies monitor adalah sebagai berikut:

- a) Makhluk hidup harus mengakumulasi pencemaran tanpa terbunuh pada kadar yang dihadapi dalam lingkungan.

- b) Makhluk hidup harus yang senang menggali lubang agar supaya mewakili daerah studinya.
- c) Makhluk hidup harus banyak jumlahnya dalam seluruh daerah tersebut.
- d) Makhluk hidup harus cukup panjang waktu hidupnya untuk memungkinkan pengambilan sampel lebih dari satu tahun bila dikehendaki.
- e) Makhluk hidup harus cukup besar, memberikan jaringan yang cukup dianalisis.
- f) Makhluk hidup harus mudah disampel dan cukup kuat untuk selamat dalam laboratorium, yang memungkinkan pembersihan sebelum dianalisis bila dikehendaki, dan studi laboratorium terhadap pengambilan (up-take).
- g) Makhluk hidup harus toleran terhadap air payau.
- h) Suatu korelasi yang sederhana harus ada antara pencemaran yang ada dalam makhluk hidup dan rata-rata kepekatan pencemaran dalam air sekelilingnya.
- i) Seluruh makhluk hidup dari spesies tertentu yang digunakan dalam survey harus memiliki korelasi yang sama antara kandungan pencemarannya dengan rata-rata. Kepekatan pencemar dalam air sekelilingnya pada seluruh lokasi yang dipelajari.

Menurut Yennie dan Murtini (2005) kerang merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat, karena sifatnya yang filter feeder. Kerang dapat mengakumulasi logam lebih besar daripada hewan air lainnya karena sifatnya yang menetap, lambat untuk dapat menghindarkan diri dari pengaruh polusi, dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu. Biota ini sering digunakan sebagai hewan uji dalam pemantauan tingkat akumulasi logam berat pada organisme laut

Kerang hijau merupakan organisme yang eurihaline (organisme yang mampu hidup pada kisaran lebar salinitas), teradaptasi serta mempunyai

toleransi yang besar terhadap berbagai variasi dan perubahan parameter atau sifat lingkungan (Pagoray, 2001).

2.7.1 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Kerang

Menurut Darmono (2001), logam masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu melalui saluran pernafasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Absorpsi logam melalui saluran pernafasan biasanya cukup besar. Pada hewan air absorpsi logam yang masuk melalui insang.

Dalam tubuh hewan, logam diabsorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi biasanya dalam organ detoksifikasi (hati) dan ekskresi (ginjal). Di dalam kedua jaringan tersebut biasanya logam juga berkaitan dengan berbagai jenis protein baik enzim maupun protein lain yang disebut metaloenzim.

2.7.2 Pengaruh Logam Berat Terhadap Kerang

Sebagian logam berat seperti Pb, Cd dan Hg merupakan zat pencemar yang berbahaya. Logam berat mempunyai afinitas terhadap sulfur dan enzim dengan membentuk ikatan dengan group sulfur dalam enzim. Pada enzim-enzim tertentu ada yang mengandung gugus sulfhidril (-SH), seperti dalam sistein sebagai pusat aktifnya. Enzim-enzim yang memiliki gugus sulfhidril ini merupakan kelompok enzim yang paling mudah terhalang daya kerjanya. Keadaan ini disebabkan gugus sulfhidril yang dikandungnya dengan mudah dapat berikatan dengan ion-ion logam berat yang masuk ke dalam tubuh. Akibat dari ikatan yang terbentuk antara gugus(-SH) dengan ion logam berat, daya kerja yang dimiliki oleh enzim menjadi sangat berkurang dan atau sama sekali tidak dapat bekerja. Keadaan ini secara keseluruhan akan merusak sistem metabolisme tubuh (Palar, 2004)

Protein dan group amino, mudah membentuk ikatan dengan logam berat, misalnya dengan ion Cd, Co, Pb, Hg. Protein dan group amino mempunyai atom S, N dan O yang memiliki pasangan elektron bebas yang sangat disukai oleh logam (Yulianti,2007).

2.8 Sedimen

Sedimen adalah kumpulan fragmen tanah yang belum mengalami sementasi atau proses diagenesa. Proses diagenesa adalah proses pembentukan batuan. Sedimentasi adalah proses pengendapan sedimen (Kusumadinata, 1985).

Sedimen merupakan tempat tinggal tumbuhan dan hewan yang ada di dasar. Sedimen terdiri dari bahan organik yang berasal dari hewan atau tumbuhan yang membusuk kemudian tenggelam ke dasar dan bercampur dengan lumpur dan bahan anorganik yang umumnya berasal dari pelapukan batuan (Sverdrup, 1966).

Sedimen laut menurut asalnya diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu *lythogenous*, *biogenous* dan *hydrogenous*. *Lythogenous* adalah sedimen yang berasal dari batuan, umumnya berupa mineral silikat yang berasal dari pelapukan batuan. *Biogenous* adalah sedimen yang berasal dari organisme berupa sisa-sisa tulang, gigi atau cangkang organisme, sedangkan *hydrogenous* merupakan sedimen yang terbentuk karena reaksi kimia yang terjadi di laut (Hutabarat dan Stewart, 1985).

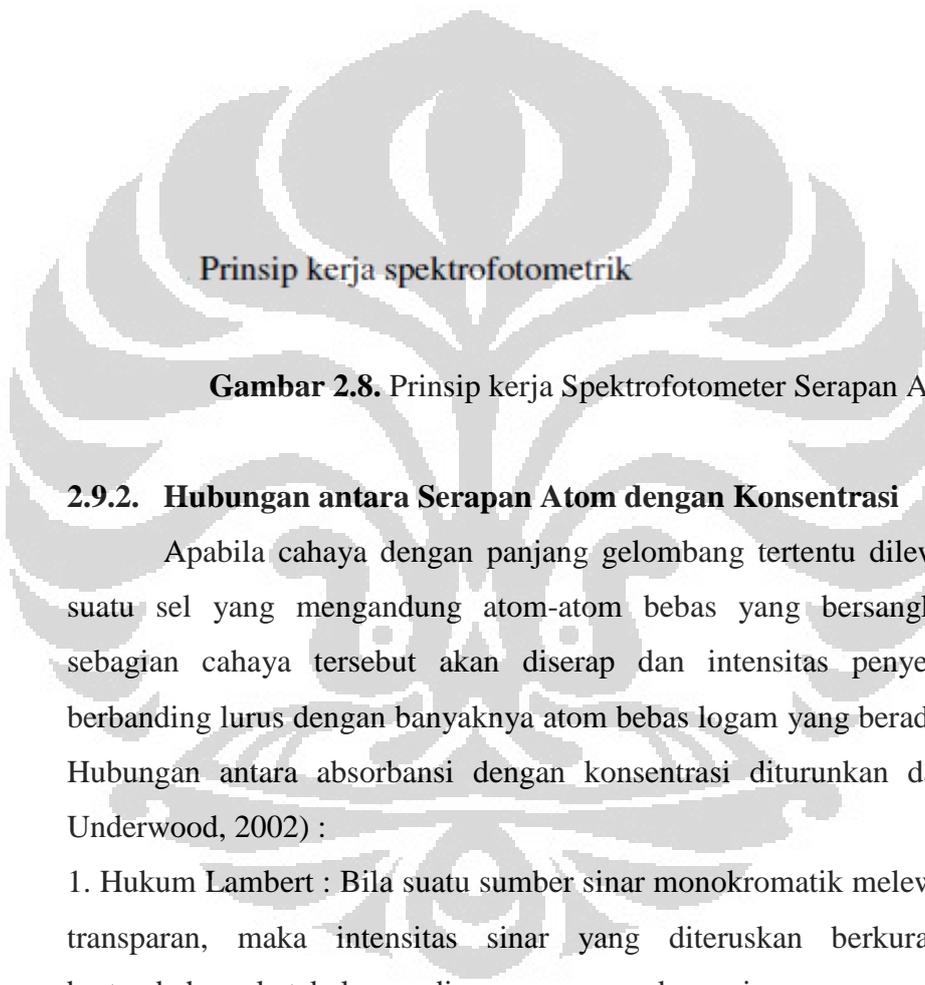
Pada saat buangan limbah industri masuk ke dalam suatu perairan maka akan terjadi proses pengendapan dalam sedimen. Sejumlah kecil logam berat melekat atau menempel pada partikel-partikel yang kemudian mengendap dan terakumulasi dalam dasar lumpur dari sungai yang berarus lambat. Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen, dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen (Wilson, 1988).

2.9 Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS

2.9.1. Prinsip Kerja AAS

Spektrofotometer Serapan atom (Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS) merupakan instrument yang menggunakan metode analisis untuk penetapan unsur logam dan metaloid berdasarkan penyerapan (absorpsi) radiasi gelombang elektromagnetik oleh atom bebas suatu unsur. Cara kerja SSA ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam

yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Atom mempunyai dua tingkat keadaan energi, yaitu energi keadaan dasar (ground state) dan keadaan tereksitasi (excited state). Perbedaan tingkat energi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi untuk setiap unsur adalah khas, sebagai panjang gelombang cahaya yang diabsorpsi setiap unsur tertentu.



Prinsip kerja spektrofotometrik

Gambar 2.8. Prinsip kerja Spektrofotometer Serapan Atom

2.9.2. Hubungan antara Serapan Atom dengan Konsentrasi

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari (Day & Underwood, 2002) :

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

$$I_t = I_0 \cdot e^{-(\epsilon bc)}, \text{ atau}$$

$$A = - \log \frac{I_t}{I_0} = \epsilon bc$$

Dimana :

I_0 = Intensitas sumber sinar

I_t = Intensitas sinar yang diteruskan

ϵ = Absorptivitas molar

b = Panjang medium

c = Konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

A = Absorbans.

Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day & Underwood, 2002).

2.10 Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)

Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA) peraturan, ada empat karakteristik yang dapat membuat limbah berbahaya: mudah terbakar (*ignitability*); korosivitas, reaktivitas, dan toksisitas. Uji TCLP adalah suatu metode yang dirancang untuk menentukan mobilitas senyawa organik maupun anorganik yang terdapat dalam limbah (cair, padat maupun multifase). Uji TCLP di laboratorium dilakukan sesuai dengan USEPA 1311. Uji TCLP ini, saat ini digunakan sebagai uji resmi dalam PP 85/1999, pada prinsipnya merupakan suatu uji toksisitas yang digunakan untuk menentukan apakah suatu limbah yang telah diolah dengan suatu teknik pengolahan tertentu menghasilkan suatu limbah yang layak untuk dibuang di lingkungan terutama di lingkungan tanah. Uji TCLP juga banyak digunakan untuk mengevaluasi efektivitas dari proses stabilisasi limbah. Suatu limbah dikatakan berbahaya apabila hasil uji TCLP pada sampel melebihi kriteria yang sudah ditetapkan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA), sehingga limbah tersebut harus diberi perlakuan (*treatment*) atau distabilkan sebelum dibuang.

Pada penelitian ini parameter yang diuji adalah parameter anorganik (logam berat). Pada prinsipnya uji TCLP adalah bahan uji diperlakukan dengan cara ekstraksi selama 16-18 jam, menggunakan pelarut encer asam asetat (pH 3 dan pH 5). Larutan ekstraksi disaring dan filtratnya dianalisis untuk parameter-parameter organik dan anorganik.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan sampel penelitian dilaksanakan pada tanggal 11 Februari 2012 di Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal, Jakarta Utara. Sampel kerang juga diambil dari tempat pengasinan ikan dan pelelangan ikan. Sedangkan Analisis logam berat Pb, Ni, Cr dan Cd pada sampel dilakukan dengan menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) di Laboratorium Instrumen Departemen Kimia FMIPA UI.

3.2 Alat dan Bahan

Alat

Alat yang digunakan adalah *petite ponar peterson grab*, *cooler box*, refraktometer, GPS, oven, desikator, hot plate, polietilen bertutup, indikator pH universal, *magnetic stirrer*, spektrofotometer serapan atom (SSA) (Shimadzu).

Bahan

Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan adalah larutan induk Pb 1000 µg/mL, larutan induk Cr 1000 µg/mL, larutan induk Cd 1000 µg/mL, larutan induk Ni 1000 µg/mL, HNO₃ pekat (65%), HNO₃ 1,0 N, HNO₃ 10%, H₂O₂ pekat (30%), akuademin, batu didih, kertas saring kuantitatif dengan ukuran pori 8,0 µm, HCL 1,0 N, NaOH 0,1 N, Asam asetat glasial.

Bahan Biologi

Bahan biologi yang digunakan adalah kerang hijau (*Perna viridis*) yang berasal dari peternakan kerang hijau Muara Kamal, pengasinan ikan dan pelelangan ikan.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Pengambilan Sampel

1. Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen sesuai dengan metode USEPA-600 (SOP#: 2016). Sampel sedimen yang diambil berasal dari peternakan kerang hijau Muara Kamal, Jakarta Utara. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan *Petite Ponar Peterson Grab*. Pengukuran kordinat lokasi dengan menggunakan *Global Positioning System (GPS)*.

2. Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air diambil di bagian permukaan perairan dengan menggunakan botol air plastik yang mempunyai volume 600 mL.

3. Pengambilan Sampel Kerang

Sampel kerang hijau diambil oleh nelayan dengan tangan yang dilengkapi sarung tangan dari bagan-bagan nelayan yang terbuat dari bambu di peternakan kerang hijau Muara Kamal, Jakarta Utara. Sampel kerang juga diperoleh dari pengasinan ikan dan pelepasan ikan.

3.3.2 Persiapan dan Pengawetan Sampel Uji

1 . Persiapan dan Pengawetan Sampel Sedimen

Sampel sedimen yang telah diambil sesuai metode sediment sampling USEPA-600 (SOP#: 2016) didinginkan dalam cooler box yang berisi *dry ice* bersuhu 4⁰C. Sedimen dipisahkan dari benda – benda asing seperti potongan plastik, daun atau bahan lain yang bukan contoh uji. Sedimen kemudian dikeringkan pada suhu ruang dan digerus sampai homogen. Setelah homogen, sampel uji disimpan dalam wadah plastik.

2 . Persiapan dan Pengawetan Sampel Air

Sampel Air yang diambil dari peternakan kerang hijau Muara Angke, Jakarta Utara, didinginkan dalam cooler box yang berisi dry ice bersuhu 4°C . Sampel air diberi HNO_3 hingga $\text{pH} < 2$, dan kemudian disimpan dalam botol polietilen bertutup pada suhu kamar.

3 . Persiapan dan Pengawetan Sampel Kerang

Sampel kerang yang diambil disimpan dalam plastik yang telah diberi label, dan didingin dalam cooler box yang berisi dry ice bersuhu 4°C .

3.3.3 Persiapan pengujian

1. Pembuatan larutan baku Pb, Ni, Cr dan Cd $100\ \mu\text{g/mL}$

a) Dipipet 10 mL larutan induk Pb, Ni, Cr dan Cd $1000\ \mu\text{g/mL}$ ke dalam labu ukur 100 mL.

b) Ditambahkan larutan asam nitrat, HNO_3 1,0 N sampai tepat pada tanda tera.

2. Pembuatan larutan baku Pb, Ni, Cr dan Cd $10\ \mu\text{g/mL}$

a) Dipipet 10 mL larutan baku Pb, Ni, Cr dan Cd $100\ \mu\text{g/mL}$ ke dalam labu ukur 100 mL.

b) Ditambahkan larutan asam nitrat, HNO_3 1,0 N sampai tepat tanda tera.

3. Pembuatan larutan kerja dengan konsentrasi $0,2\ \mu\text{g/mL}$; $0,4\ \mu\text{g/mL}$; $0,6\ \mu\text{g/mL}$; $0,8\ \mu\text{g/mL}$; dan $1,0\ \mu\text{g/mL}$; $3,0\ \mu\text{g/mL}$ dan $5,0\ \mu\text{g/mL}$.

a) Dipipet 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL; 4,0 mL; 5,0 mL; 15,0 mL dan 25,0 mL larutan baku Pb, Ni, Cd, Cr $10\ \mu\text{g/mL}$ kedalam 6 (enam) labu ukur 50,0 mL.

b) Ditambahkan asam nitrat, HNO_3 1,0 N ke dalam masing-masing labu ukur sampai tanda tera.

4. Pembuatan fraksi asam pH 3

Fraksi ini dibuat dari pengenceran 5,7 mL asam asetat glasial dengan akuademin hingga volumenya 1,0 L.

5. Pembuatan fraksi asam pH 5

Fraksi ini dibuat dari penambahan 5,7 mL asam asetat glasial dan 64,3 mL NaOH 1,0 N dan kemudian diencerkan dengan akuademin hingga volumenya 1,0 L.

3.3.4 Verifikasi Metode Analisis

Verifikasi metode bertujuan untuk memeriksa kelayakan metode untuk diterapkan. Verifikasi metode meliputi pembuatan kurva kalibrasi, penentuan batas deteksi alat dan zat (LOD), dan batas kuantisasi (LOQ).

1. Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dicari dengan mengukur berbagai konsentrasi larutan standar logam – logam yang akan dianalisa yaitu 0,2 µg/mL; 0,4 µg/mL; 0,6 µg/mL; 0,8 µg/mL; dan 1,0 µg/mL; 3,0 µg/mL dan 5,0 µg/mL dari masing – masing larutan standar diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang optimal sesuai dengan larutan standar yang diukur. Kurva kalibrasi dibuat dengan mengalurkan antara konsentrasi dengan absorbansi yang diperoleh dan ditentukan persamaan garisnya. Linearitas diupayakan kurva kalibrasi mendekati (r^2) > 0,9900

2. Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ)

Limit deteksi dilakukan dengan mengukur berbagai konsentrasi larutan standar masing-masing logam sampai konsentrasi terkecil dimana alat tidak mampu mendeteksi serapan lagi. Perhitungan limit deteksi dan limit kuantifikasi dilakukan dengan cara statistik melalui perhitungan selisih absorbansi yang terukur alat dan absorbansi yang didapat kurva kalibrasi pada konsentrasi yang sama.

3.3.5 Penentuan Kadar Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd Sampel Uji

1. Pengukuran Kadar Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Kerang Hijau (*Perna viridis*) (USGS Test Method B-9001-95)

Sampel kerang hijau yang sudah dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C hingga diperoleh suhu konstan, didestruksi dengan menggunakan 10,0 mL HNO₃ dan 2,0 mL H₂O₂, kemudian diuapkan diatas penangas listrik sampai jernih pada suhu 60-70°C, selama 2-3 jam. Filtrat contoh uji ditempatkan pada labu ukur 25,0 ml dan ditambahkan HNO₃ 1,0 N sampai tanda tera. Filtrat contoh uji siap diukur ke dalam spektrofotometer serapan atom (SSA).

2. Pengukuran Kadar Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Air (SNI 01-3554-2006)

Sampel air yang sudah disaring dan diawetkan, sebanyak 50,0 mL didestruksi dengan penambahan 5,0 mL HNO₃ p.a., kemudian diuapkan diatas penangas listrik sampai larutannya jernih. Filtrat contoh uji ditempatkan pada labu ukur 25,0 mL dan ditambahkan HNO₃ 1,0 N sampai tanda tera. Filtrat contoh uji siap diukur ke dalam spektrofotometer serapan atom (SSA).

3. Pengukuran Kadar Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Sedimen (Aquaregia Digestion Methode)

Sedimen yang diperoleh dikeringkan (dioven) pada suhu 105°C hingga diperoleh berat yang konstan. Sedimen yang sudah kering, kemudian digerus hingga homogen. Sedimen didestruksi dengan menggunakan HNO_{3(p)} : HCl_(p) dengan perbandingan 1:3. Menimbang ± 1,0 gram sedimen lalu didestruksi dengan menambahkan 6,0 mL HNO_{3(p)} dan 18,0 mL HCl_(p). Filtrat yang diperoleh dari hasil destruksi disaring dengan menggunakan kertas saring kuantitatif dengan ukuran pori 8,0 µm. Filtrat contoh uji ditempatkan pada labu ukur 50,0 mL dan ditambahkan HNO₃ 1,0 N sampai tanda tera. Filtrat contoh uji siap diukur ke dalam spektrofotometer serapan atom (SSA).

4. Pengukuran Kadar Logam Berat Pb, Cr, Cd dan Ni pada ekstrak Sedimen pH 3 (US EPA 1311-Toxicity Characteristic Leaching Procedure)

Sampel sedimen sebanyak $\pm 1,0$ gram diekstraksi dengan 5,0 mL fraksi asam pH 3 selama 16 – 18 jam, kemudian disentrifugasi untuk diambil filtratnya. Filtrat hasil ekstraksi siap diukur ke dalam spektrofotometer serapan atom (SSA). Analisa dilakukan dengan mengukur absorbansi masing-masing logam Pb, Ni, Cr dan Cd pada panjang gelombang tertentu.

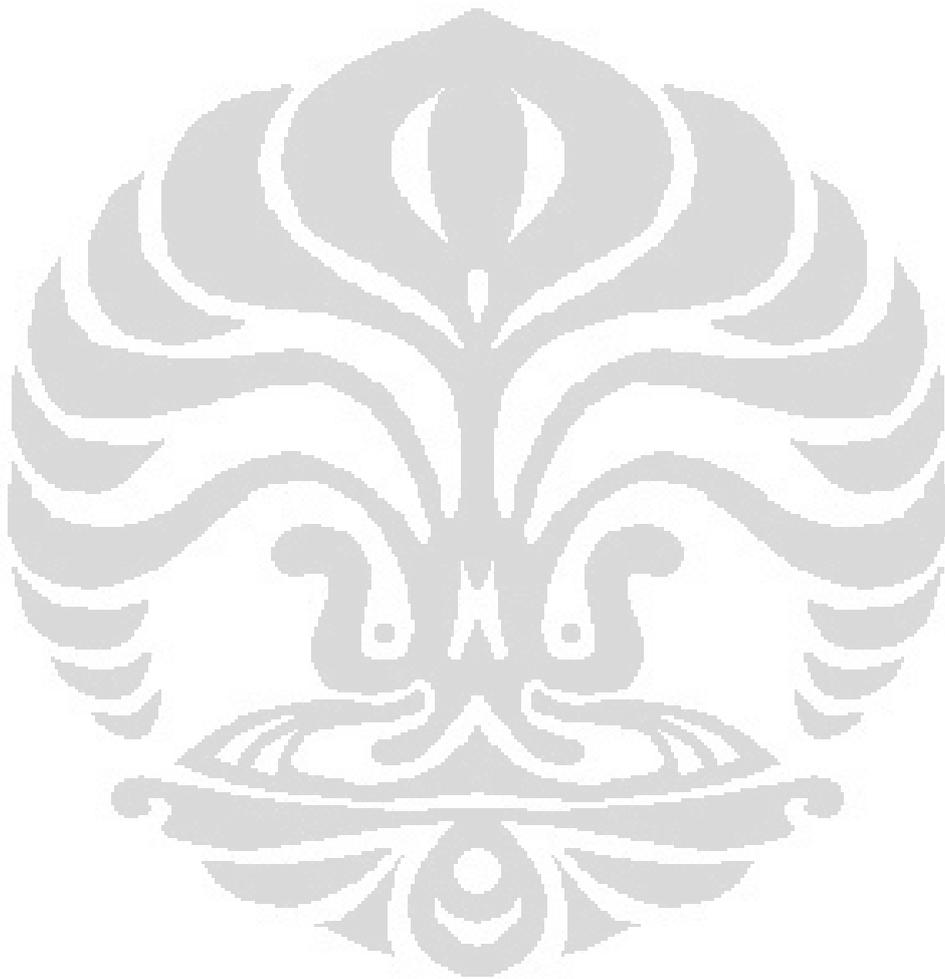
5. Pengukuran Kadar Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd pada ekstrak Sedimen dengan pH 5 (US EPA 1311-Toxicity Characteristic Leaching Procedure)

Sampel sedimen sebanyak $\pm 1,0$ gram diekstraksi dengan 5,0 mL fraksi asam pH 5. selama 16 – 18 jam, kemudian disentrifugasi untuk diambil filtratnya. Filtrat hasil ekstraksi siap diukur ke dalam spektrofotometer serapan atom (SSA). Analisa dilakukan dengan mengukur absorbansi masing-masing logam Pb, Ni Cr dan Cd pada panjang gelombang tertentu.

6. Pengukuran Kadar Logam Berat Pb, Cr, Cd dan Ni pada ekstrak Sedimen dengan pH 7

Sampel sedimen sebanyak $\pm 1,0$ gram diekstraksi dengan menggunakan 5,0 mL akuademin selama 16 – 18 jam, kemudian disentrifugasi untuk diambil filtratnya. Filtrat hasil ekstraksi siap diukur ke dalam spektrofotometer serapan atom (SSA). Analisa dilakukan dengan mengukur absorbansi masing-masing logam Pb, Ni Cr dan Cd pada panjang gelombang tertentu.

3.4 Bagan Kerja Penelitian

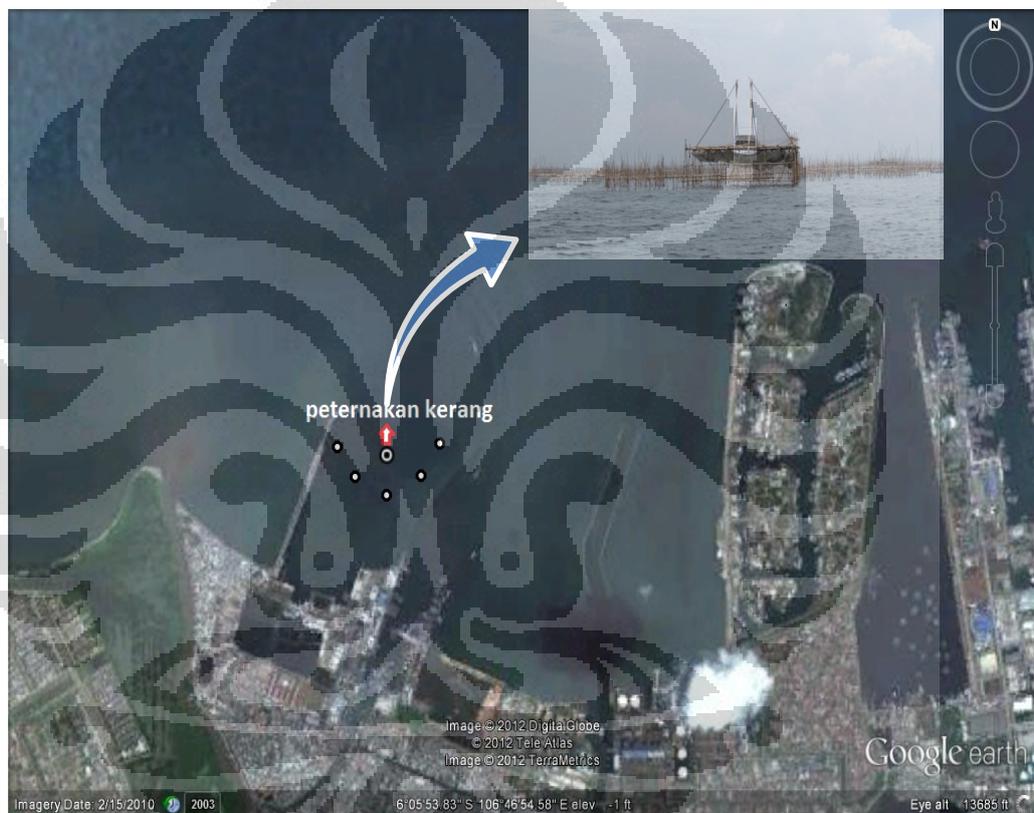


BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Pada peternakan Kerang Hijau Muara Kamal, Jakarta Utara terdapat beberapa stasiun-stasiun peternakan kerang. Pengambilan sampel sedimen, air dan kerang hijau dilakukan di Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel di Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal

4.2 Tempat dan Waktu

Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 11 Februari 2012 waktu pagi hari. Pengambilan sampel kerang juga dilakukan di pengasinan ikan dan pelelangan ikan. Sebagai data pendukung, dilakukan pencatatan data mengenai koordinat lokasi, pH, salinitas, dan suhu. Hal ini dilakukan karena parameter-parameter tersebut dapat mempengaruhi konsentrasi logam dalam air dan sedimen.

Tabel 4.1 Data Kondisi Pengambilan Sampel di lokasi Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal

| Titik 1 | Peternakan Kerang, Muara Kamal |
|------------|--------------------------------|
| Posisi | 6°5'59''S,106°46'34''E |
| Waktu | 11 : 40 |
| Suhu (°C) | 32 |
| Salinitas | 24 |
| Keterangan | Sedimen berwarna hitam pekat |
| pH | 6-7 |



Gambar 4.2 Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal



(a)



(b)

Gambar 4.3 (a,b) Pengambilan Sampel Kerang Hijau di Peternakan Kerang Muara Kamal



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a,b) Pengambilan Sampel Kerang Hijau di Pelelangan Ikan



(a)



(b)

Gambar 4.5 (a,b) Pengambilan Sampel Kerang Hijau di Pengasinan Ikan



(a)



(b)

Gambar 4.6 (a,b) Pengambilan Sampel Sedimen di Peternakan Kerang

4.3 Kadar Logam Pb, Ni, Cr dan Cd pada Kerang

Logam-logam berat umumnya memiliki daya racun terhadap organisme pada kondisi yang berbeda-beda. Dalam jumlah yang sedikit logam berat juga dapat membunuh organisme hidup dalam hal ini kerang. Proses pertama diawali dengan penumpukan (akumulasi) dari logam berat dalam tubuh kerang. Dalam jangka panjang, penumpukan yang terjadi dalam jangka panjang pada organ target dari logam berat akan melebihi daya toleransi dari kerang. Keadaan inilah yang dapat menjadi penyebab kematian bagi kerang.

Tabel 4.2 Konsentrasi Ion-ion Logam yang Mematikan Kerang pada Pemaparan 96 jam.

| Jenis Logam Berat | Konsentrasi (mg/L) |
|-------------------|--------------------|
| Cd | 2,2 - 35 |
| Cr | 14 – 105 |
| Cu | 0,14 – 2,4 |
| Hg | 0,058 – 32 |
| Ni | 7,000 – 320 |
| Pb | - |
| Zn | 10,000 – 50 |

Sumber: Palar (2004)

Perna viridis merupakan kelas bivalvia banyak dikonsumsi oleh manusia karena kaya akan protein. Biota akuatik ini hidup dan dibudidayakan di daerah perairan menggunakan bambu yang ditancapkan pada dasar laut dan diberi jangkar tali.

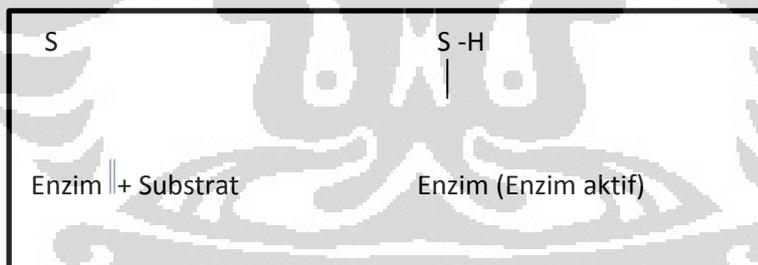
Biota akuatik ini sangat potensial terkontaminasi logam berat mengingat asupanya yang bersifat *filter feeder*. Di samping itu, sifat kekerangan ini lebih banyak menetap (*sessile*) dan bukan termasuk *migratory*. Hal tersebut menyebabkan mudahnya logam berat terkonsentrasi dan berakumulasi di dalam tubuh kerang. Masuknya kontaminan ke dalam tubuh biota ini dapat melalui jalur air dan jalur pakan sehingga memungkinkan

kontaminan tersebut terakumulasi dan mengalami biomagnifikasi dalam tiap rantai makanan.

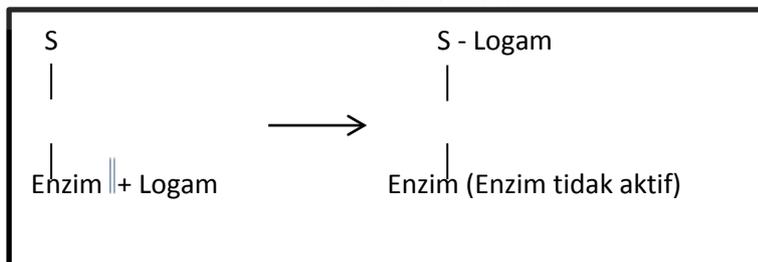
Logam pencemar yang diabsorpsi dari perairan ke badan organisme harus melewati sejumlah membran sel yang terdiri dari lapisan biomolekuler yang dibentuk oleh molekul lipid dengan molekul protein yang tersebar di seluruh membran. Logam berat dapat masuk ke dalam membran melalui difusi pasif dan transport aktif tergantung dari bentuk senyawanya. Setelah didalam sel, logam akan membentuk ikatan kompleks dengan ligan. Logam berat dapat berikatan dengan gugus sulfhidril, hidroksil, karboksil, imidazol dan amino dari protein. Ion logam berat paling efektif berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH), seperti dalam sistein; dengan struktur molekul yang memiliki gugus Nitrogen (N), seperti yang terdapat pada lisin dan histidin. Gugus sulfur dan nitrogen merupakan gugus-gugus aktif dari enzim-enzim tersebut.

Mekanisme kerja reaksi dari logam terhadap protein, pada umumnya menyerang ikatan sulfida. Penyerangan terhadap ikatan sulfida yang selalu ada pada molekul protein itu akan menimbulkan kerusakan protein terkait.

Reaksi enzim yang terjadi secara sederhana dapat digambarkan dengan reaksi berikut ini :

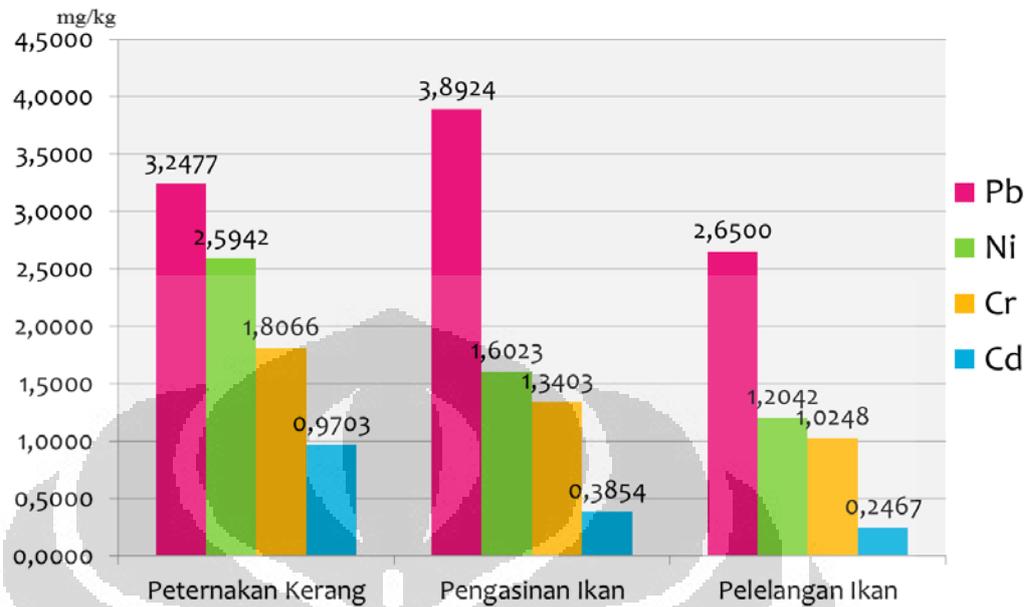


Dengan adanya ion logam, maka reaksi menjadi :



(Palar, 2004).

Hasil analisis kandungan logam berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam sampel kerang yang diambil adalah sebagai gambar dibawah ini.



Gambar 4.7 Rerata Kandungan Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Kerang Hijau berdasarkan lokasi pengambilan sampel

Berdasarkan Gambar 4.7, kerang yang berasal dari peternakan kerang, pengasinan ikan maupun pelelangan ikan memiliki kandungan logam Pb paling tinggi dibandingkan logam lainnya dengan urutan $Pb > Ni > Cr > Cd$.

Tingginya kandungan logam Pb pada kerang menandakan cemaran logam Pb masuk ke daerah tersebut dalam jumlah yang besar. Selain logam Pb, dengan ditemukannya kandungan logam Ni, Cr dan Cd pada kerang, maka daerah tersebut juga tercemar logam-logam berat Ni, Cr dan Cd. Sumber logam Pb ini berasal dari limbah industri maupun domestik.

Fung et al. (2004) melaporkan terjadi peningkatan logam didalam tubuh *Perna viridis* dan *Mytilus edulis* di timur Cina, seiring meningkatnya aktivitas industri terkait dengan konsentrasi logam berat seperti As, Cd, Cr, Ni, Pb, Se, Zn, Cu, Fe and Hg,

Logam diserap melalui kelenjar pencernaan, kemudian terikat melalui endositosis, lalu dari vesikel endositosis difusi aktif ke dalam lisosom. Akumulasi logam terjadi dalam lisosom. Lisosom terdapat dalam kelenjar pencernaan dan ginjal (Jalius, 2008).

Menurut Tejo Prakash, et. al., (1994), sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa akumulasi logam sering lebih tinggi pada sistem pencernaan (*digestive system*), insang (*gill*) dan ginjal (*kidney*), sedangkan akumulasi yang lebih rendah dalam jaringan mantel (*mantle*), gonad dan otot (*muscle tissue*). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukannya, akumulasi terbesar ditemukan pada kelenjar pencernaan. Kemampuan kelenjar pencernaan untuk menghimpun konsentrasi tinggi dari logam difasilitasi oleh adanya lendir (*mucus*) kompleks. Jaringan ini juga memainkan peranan penting dalam penyimpanan logam dan proses detoksifikasi. Dalam kelenjar pencernaan sekitar 80% logam ada dalam lisosom, terikat pada protein yang kaya akan (-SH).

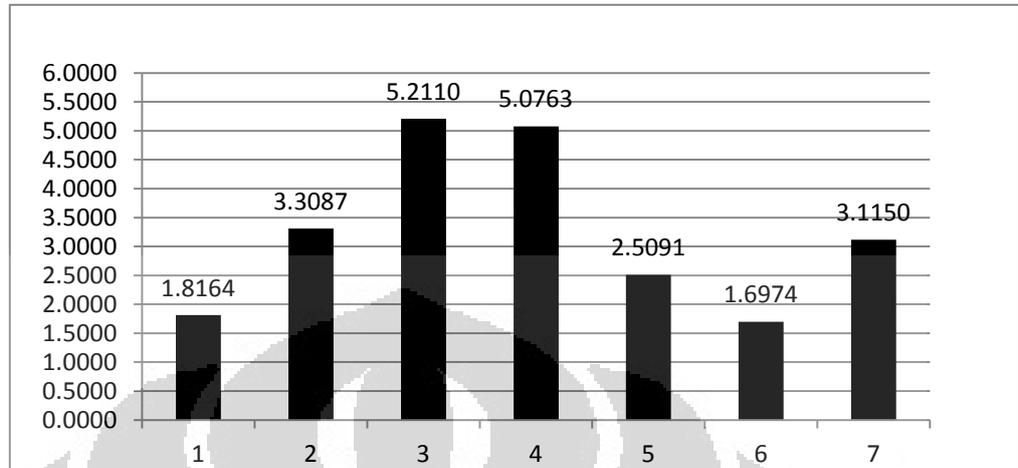
Menurut Overnell, J and Sparla, A, M., (1990) penyusun utama lapisan membran insang adalah epitel pipih selapis dan berhubungan langsung dengan sistem pembuluh, dan diduga logam berat yang masuk bersamaan dengan partikel makanan mengalami difusi melalui membran insang dan terbawa aliran darah. Insang bivalvia, termasuk *P. viridis* mempunyai *mucus* atau lendir yang penyusun utamanya adalah glikoprotein. Sehingga diduga logam tersebut terikat menjadi metallothienin karena penyusun utamanya adalah sistein yaitu protein yang tergolong dalam gugus sulfidril (-SH) yang mampu mengikat logam.

Menurut C.K. Yap, A. Ismail (2002), Ada kemungkinan bahwa akumulasi logam berat pada *Perna viridis* dipengaruhi oleh banyak faktor fisiko-kimia dan biologi. Untuk bivalvia tampaknya kecenderungan pola akumulasi logam tergantung pada metabolisme dan kemampuan kerang untuk mengekskresikan atau menyimpan logam tersebut.

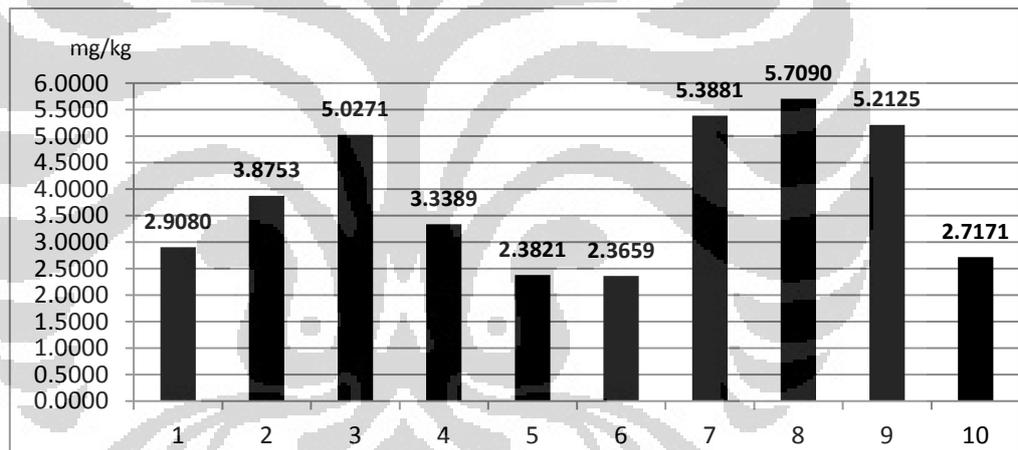
Menurut Kamaruzzaman, B. Y. et al, (2011) akumulasi logam berat pada kerang dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor eksternal termasuk musim pemijahan (*spawning seasson*) dan ukuran kerang. Studi sebelumnya, banyak penulis melaporkan hubungan negatif antara ukuran kerang dengan akumulasi kontaminan perairan. Sebagai contoh, tingginya kadar Cd, Pb dan Zn ditemukan pada individu yang lebih kecil dan ini mungkin dikarenakan dari rata-rata aktivitas metabolisme pada umur organisme yang berbeda. Pertambahan laju metabolisme, dalam hubungannya

perbedaan ukuran tubuh kerang, mungkin dipengaruhi oleh proses pengambilan (*uptake*) dan eliminasi logam berat.

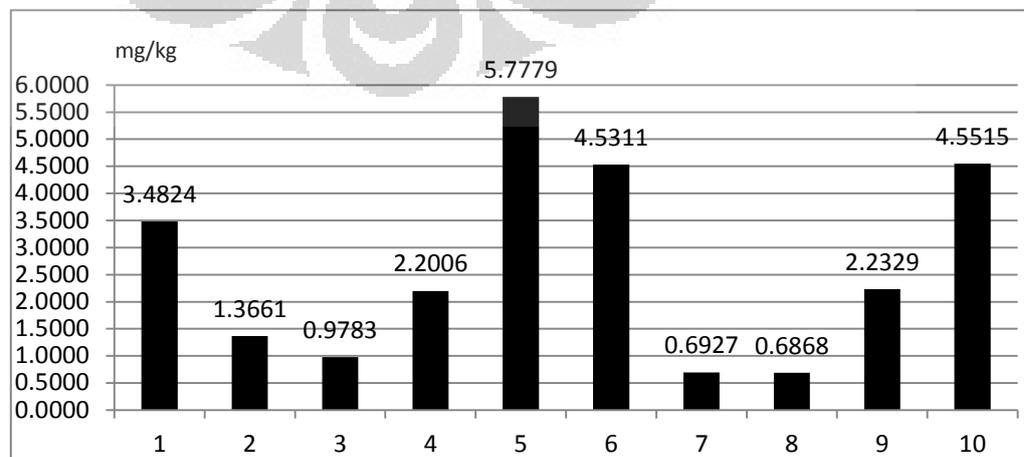
1) Timbal



Gambar 4.8 Kandungan logam Pb dalam Kerang di Peternakan Kerang



Gambar 4.9 Kandungan logam Pb dalam Kerang di Pengasinan Ikan



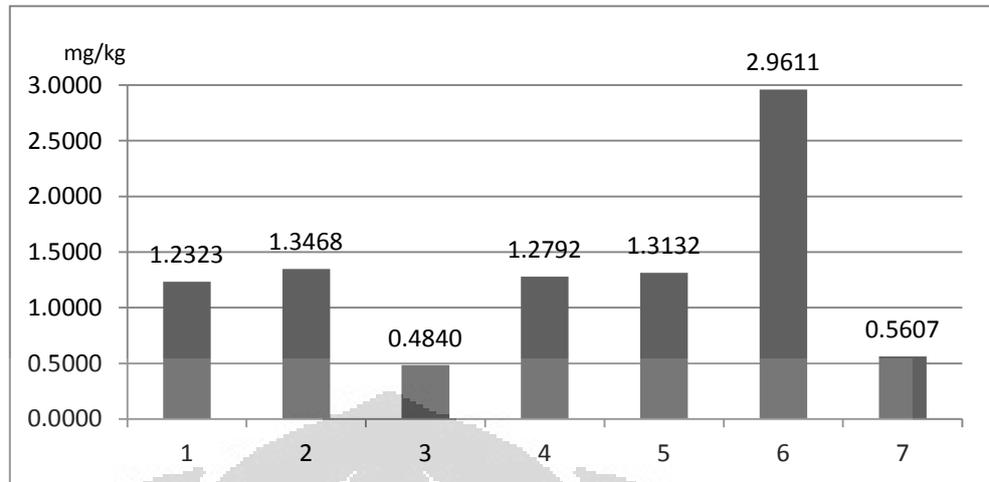
Gambar 4.10 Kandungan logam Pb dalam Kerang di Pelelangan Ikan

Berdasarkan Gambar 4.8, 4.9 dan 4.10 kandungan logam berat Pb pada kerang yang berasal dari peternakan kerang Muara Kamal yang tertinggi yaitu 5,2110 mg/kg dan yang terendah 1,6974 mg/kg, dengan rerata $3,2477 \pm 1,4270$. Kandungan logam berat Pb tertinggi pada kerang yang berasal dari pengasinan ikan yaitu 5,7090 mg/kg dan yang terendah 2,3658 mg/Kg dengan rerata $3,8924 \pm 1,3265$ mg/Kg. Kandungan logam Pb pada kerang yang berasal dari pelelangan ikan berkisar yang terendah 0,6868 mg/Kg dan tertinggi 5,7778 mg/Kg dengan rerata $2,6500 \pm 1,8298$ mg/Kg.

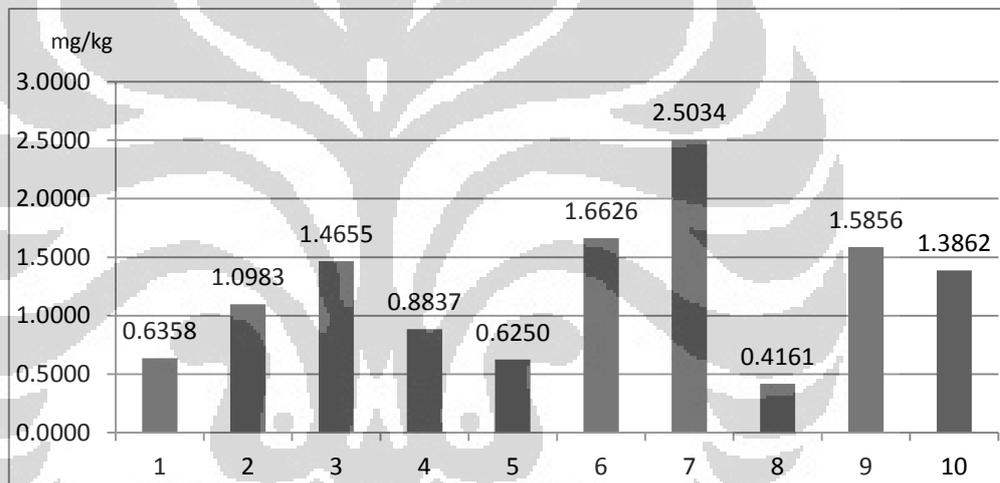
Menurut BPOM (2009) dan *Commission Regulation (European Commission) No. 1881/2006* mengenai batas maksimum logam berat Pb dalam pangan untuk kekerangan (bivalve) adalah 1,5 mg/Kg. Mainland (GB 2762) menetapkan nilai batas maksimum logam berat Pb adalah 1,0 mg/Kg. Dari hasil analisis, rerata kerang yang berasal dari peternakan kerang, pengasinan ikan maupun pelelangan ikan memiliki kandungan logam Pb melebihi nilai yang sudah ditetapkan. Hal ini menandakan bahwa kerang sudah tercemar logam berat Pb dan akan memberikan dampak resiko berbahaya bagi kesehatan manusia.

Menurut Gopinathan dan Amma, paparan logam Pb tingkat rendah pada anak akan menyebabkan IQ berkurang, ketidakmampuan belajar, gangguan perilaku, pertumbuhan terhambat, gangguan pendengaran, dan kerusakan ginjal. Pada tingkat paparan tinggi seorang anak dapat menjadi cacat mental, koma, dan bahkan meninggal karena keracunan timbal.

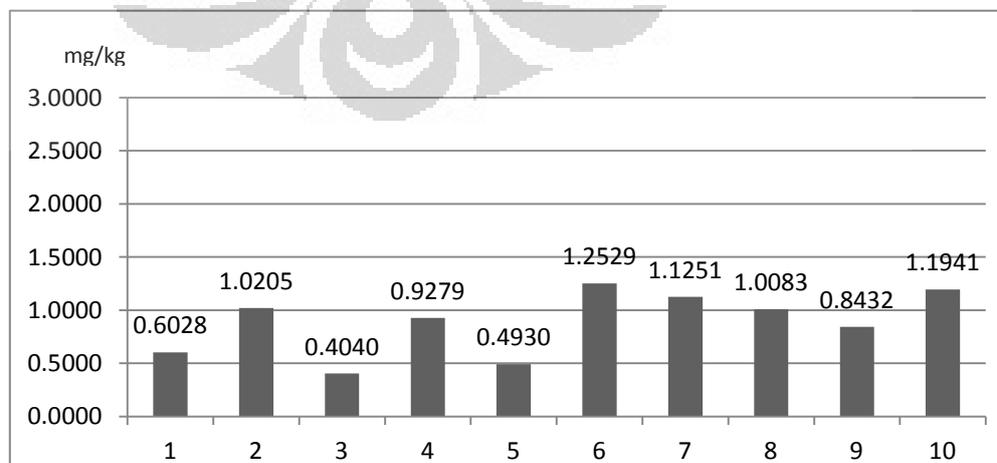
2) Nikel



Gambar 4.11 Kandungan logam Ni dalam Kerang di Peternakan Kerang



Gambar 4.12 Kandungan logam Ni dalam Kerang di Pengasinan Ikan



Gambar 4.13 Kandungan logam Ni dalam Kerang di Pelelangan Ikan

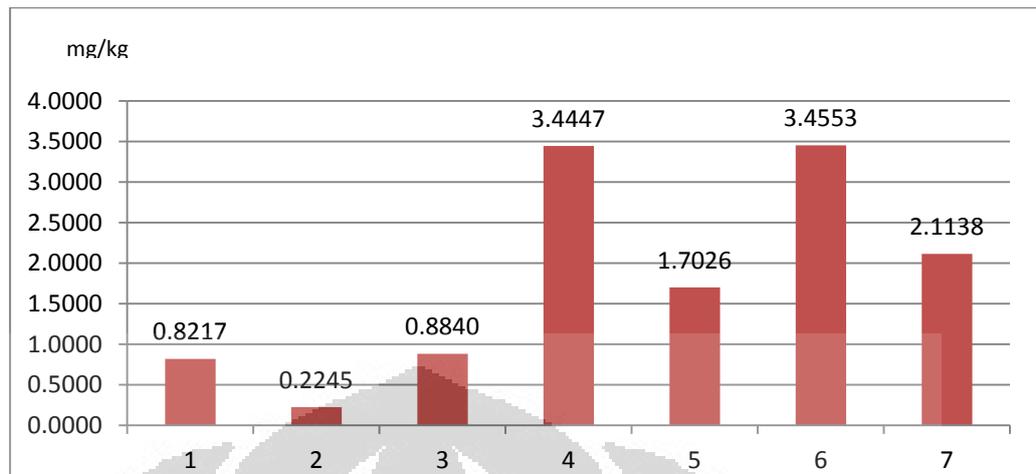
Berdasarkan Gambar 4.11, 4.12 dan 4.13 kandungan logam berat Ni tertinggi pada kerang yang berasal dari peternakan kerang Muara Kamal yaitu 3,8218 mg/Kg dan yang terendah 1,1617mg/Kg, dengan rerata $2,5942 \pm 0,4048$ mg/Kg. Kandungan logam berat Ni tertinggi pada kerang yang berasal dari pengasinan ikan yaitu 3,0924 mg/Kg dan yang terendah 0,4161 mg/Kg dengan rerata $1,6023 \pm 0,9332$. Kandungan logam Ni pada kerang yang berasal dari pelelangan ikan yang paling rendah 0,8432 mg/Kg dan yang tertinggi 1,9663 mg/Kg, dengan rerata $1,2042 \pm 0,3834$ mg/Kg.

Tidak ada ketentuan untuk nilai ambang batas logam berat Ni maksimum pada makanan menurut BPOM (2009), *Commission Regulation (European Commission) No. 1881/2006* dan Mainland (GB 2762). Dari hasil analisis, kerang yang berasal dari peternakan kerang, pengasinan ikan maupun pelelangan ikan ditemukan kandungan logam Ni. Hal ini menandakan bahwa kerang sudah tercemar logam berat Ni dan memberikan dampak resiko berbahaya bagi kesehatan manusia apabila dikonsumsi dalam jangka panjang.

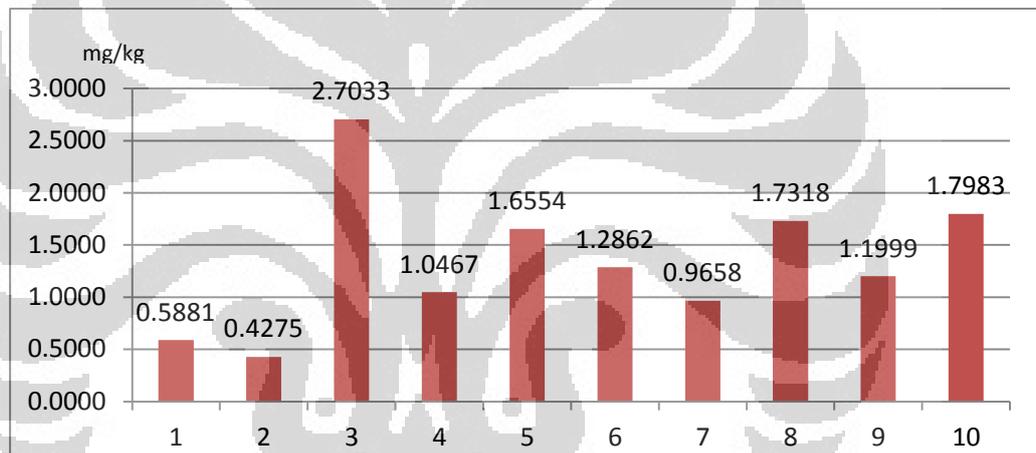
Menurut Gopinathan dan Amma, Saat ini, ada sedikit data epidemiologi menunjukkan bahwa paparan untuk logam nikel meningkatkan risiko kanker atau bersifat karsinogenik. Nikel menyebabkan kanker paru-paru dan rongga hidung.

IARC (1990) mengelompokkan senyawaan nikel karsinogenik untuk manusia (grup 1) dan *metallic nickel* kemungkinan karsinogenik pada manusia (2B).

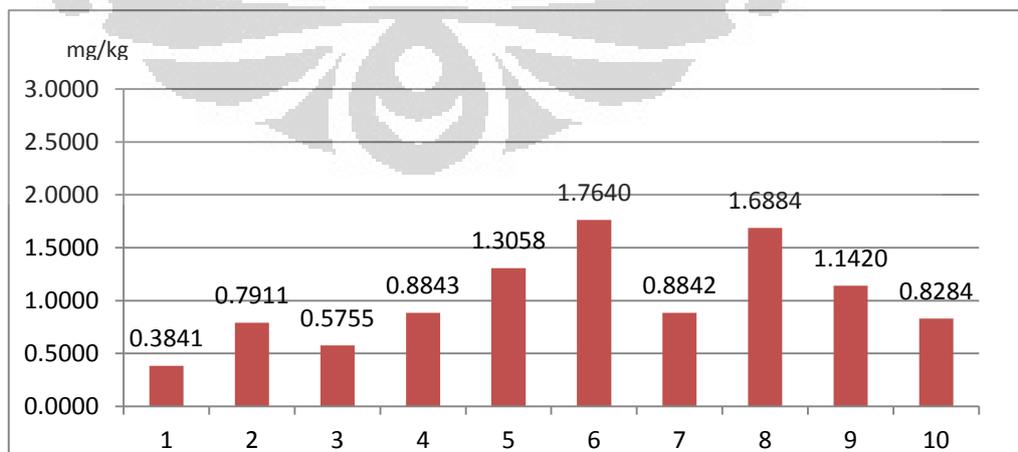
3)Kromium



Gambar 4.14 Kandungan logam Cr dalam Kerang di Peternakan Kerang



Gambar 4.15 Kandungan logam Cr dalam Kerang di Pengasinan Ikan



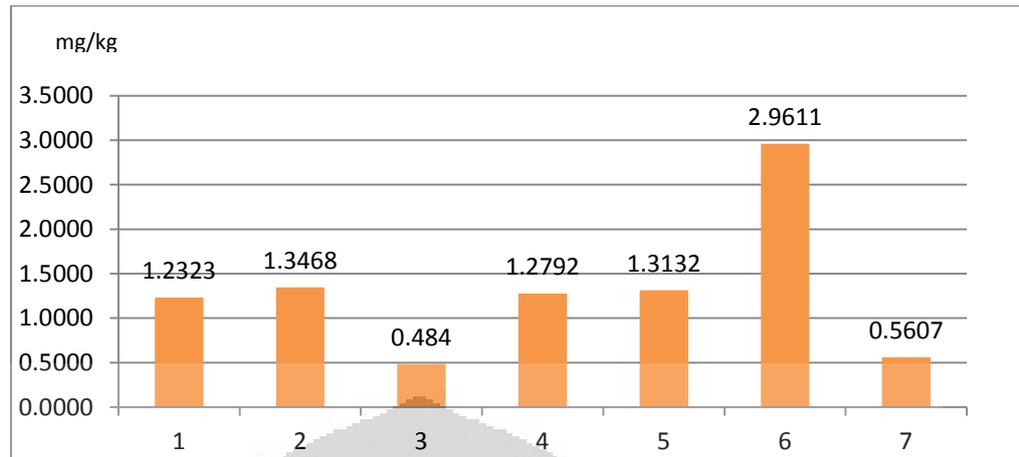
Gambar 4.16 Kandungan logam Cr dalam Kerang di Pelelangan Ikan

Berdasarkan Gambar 4.14, 4.15 dan 4.16 kandungan logam berat Cr tertinggi pada kerang yang berasal dari peternakan kerang Muara Kamal yaitu 3,4553 mg/Kg dan yang terendah 0,2245 mg/Kg, dengan rerata $1,8066 \pm 1,2800$ mg/Kg. Kandungan logam berat Cr tertinggi pada kerang yang berasal dari pengasinan ikan yaitu 1,7983 mg/Kg dan yang terendah 0,4275 mg/Kg dengan rerata $1,3403 \pm 0,6640$ mg/Kg. Kandungan logam Cr pada kerang yang berasal dari pelelangan ikan berkisar yang terendah 0,3841 mg/Kg dan tertinggi 1,7640 mg/Kg dengan rerata $1,0248 \pm 0,4503$ mg/Kg.

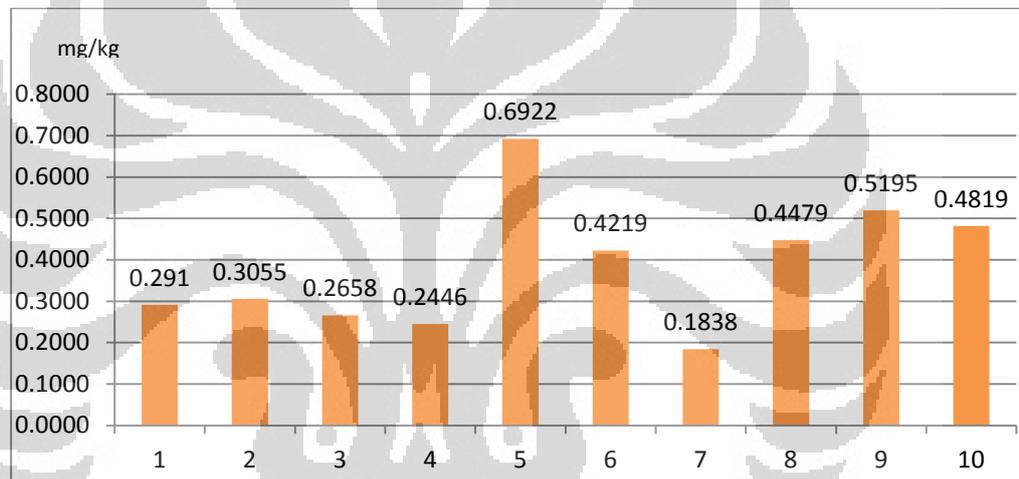
BPOM Tahun 2009 dan *Commission Regulation (European Commission)* Tahun 2006 tidak mempunyai nilai batasan mengenai kandungan logam maksimum kromium pada makanan. Mainland (GB 2762) menetapkan nilai batas maksimum logam berat Cr adalah 2,0 mg/Kg. Rerata kandungan logam pada kerang hijau yang berasal dari peternakan kerang memiliki nilai yang mendekati baku mutu yang sudah ditetapkan. Dari hasil analisis, kerang hijau yang berasal dari peternakan kerang, pengasinan ikan maupun pelelangan ikan memiliki kandungan logam Cr dibawah nilai yang sudah ditetapkan oleh Mainland (GB2762). Walaupun memiliki nilai dibawah baku mutu yang ditetapkan, kerang hijau tercemar logam Cr dan tetap menimbulkan potensi terakumulasi pada tubuh manusia apabila dikonsumsi dalam jangka panjang.

Menurut Gopinathan dan Amma, Keracunan kronis dari logam kromium heksavalen adalah denaturasi protein jaringan, asma, gagal ginjal, perubahan warna gigi dan radang kulit. Keracunan akut menyebabkan gejala seperti pusing, intens, muntah haus sakit perut, dan shock dan kadang-kadang kematian dapat terjadi karena adanya urea dalam darah.

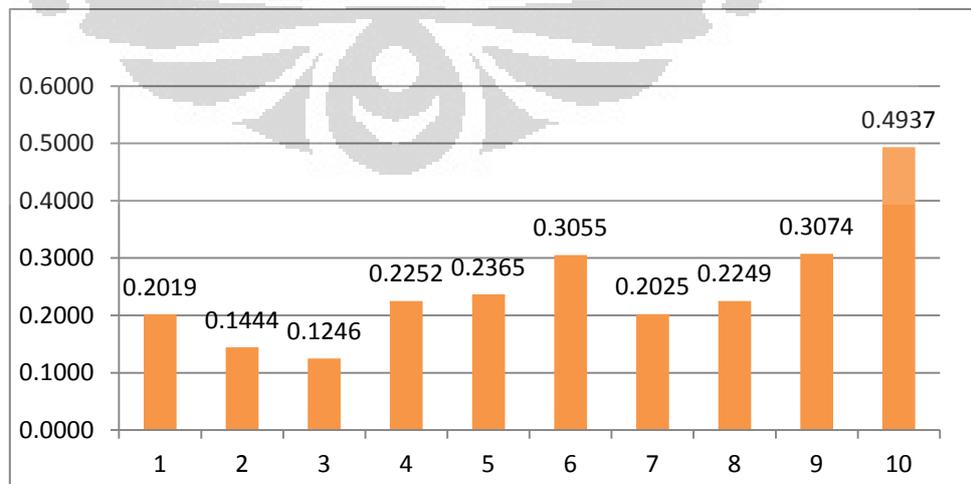
4) Kadmium



Gambar 4.17 Kandungan logam Cr dalam Kerang di Peternakan Kerang



Gambar 4.18 Kandungan logam Cr dalam Kerang di Pengasinan Ikan



Gambar 4.19 Kandungan logam Cr dalam Kerang di Pelelangan Ikan

Berdasarkan Tabel Gambar 4.17, 4.18 dan 4.19 kandungan logam berat Cd tertinggi pada kerang yang berasal dari peternakan kerang Muara Kamal yaitu 1,3468 mg/Kg dan yang terendah 0,4840 mg/Kg, dengan rerata $0,9703 \pm 1,0160$ mg/Kg. Kandungan logam berat Cd tertinggi pada kerang yang berasal dari pengasinan ikan yaitu 1,7983 mg/Kg dan yang terendah 0,4275 mg/Kg dengan rerata $1,3403 \pm 0,6640$ mg/Kg. Kandungan logam Cd pada kerang yang berasal dari pelelangan ikan berkisar yang terendah 0,1246 mg/Kg dan tertinggi 0,4937 mg/Kg dengan $0,2467 \pm 0,1046$ rerata mg/Kg.

BPOM (2009) menetapkan batas maksimum logam Cd pada *bivalve* adalah 1,0 mg/Kg. Kerang hijau yang berasal dari peternakan kerang Muara Kamal mendekati nilai baku mutu yang ditetapkan oleh BPOM dan *Commission Regulation (European Commission) No. 1881/2006*. Mainland (GB 2762) menetapkan nilai batas maksimum logam berat Cd yaitu 2,0 mg/Kg. Dari hasil analisis, kerang yang berasal dari peternakan kerang, pengasinan ikan maupun pelelangan ikan memiliki kandungan logam Cd, namun semua berada dibawah batas maksimum yang ditetapkan. Hal ini menandakan bahwa kerang sudah tercemar logam berat Cd dan dapat memberikan dampak resiko berbahaya bagi kesehatan manusia apabila dikonsumsi dalam jangka panjang.

Penelitian sebelumnya mengenai konsentrasi logam berat Cd pada organisme dari negara ASEAN juga pernah dilakukan. Wongmit (1982), menemukan konsentrasi logam Cd pada kerang hijau di Thailand sebesar 2,02 ppm.

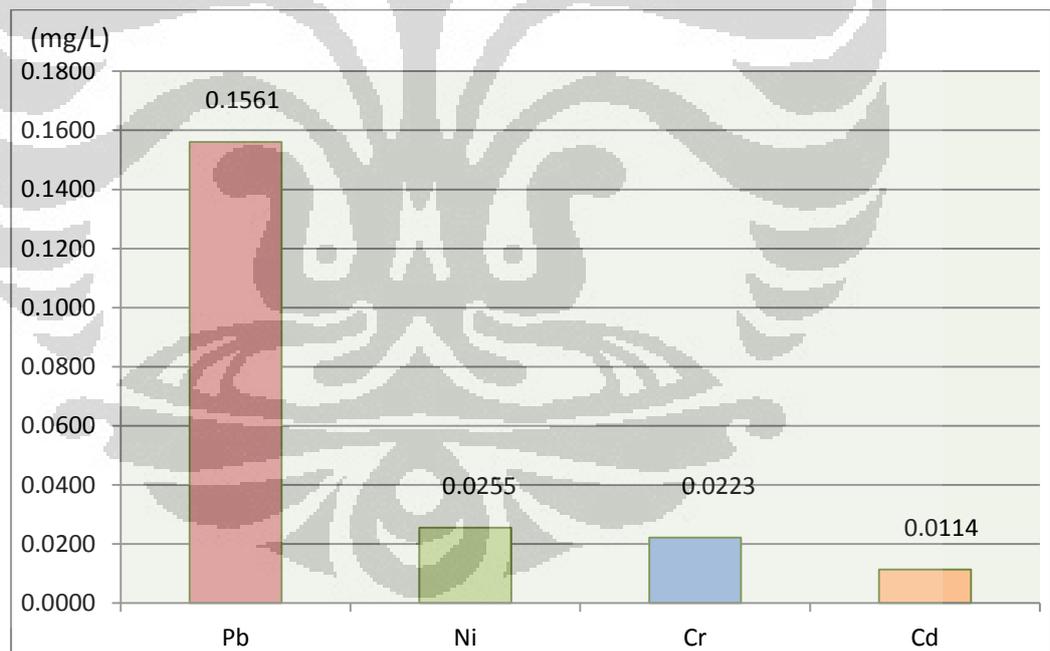
Menurut EHC 134 (1992), LC50 untuk kerang biru (*Mytilus edulis*) adalah 25 mg/L. Pada analisis kandungan logam Cd pada kerang, nilai yang diperoleh belum mencapai nilai LC50. Sehingga kadar kandungan logam pada kerang belum akan mengakibatkan kematian bagi kerang. Menurut IARC (1993), kadmium merupakan grup 1, karsinogenik bagi manusia.

4.4 Kandungan Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Perairan

Perna viridis merupakan hewan yang umumnya hidup diperairan dengan substrat lumpur berpasir atau menempel pada substrat yang keras, batu-batuan atau kayu. Kerang hijau ini merupakan hewan yang makan dengan cara memakan suspense terutama plankton yang ada di perairan.

Idealnya, perairan yang menjadi habitat bagi *Perna viridis* harus memenuhi kualitas lingkungan perairan untuk mendukung kehidupan organisme dalam menyelesaikan daur hidupnya. Kualitas lingkungan perairan adalah suatu kelayakan lingkungan perairan untuk menunjang kehidupan dan pertumbuhan organisme air yang nilainya dinyatakan dalam suatu kisaran tertentu.

Hasil analisis kandungan timbal (Pb), nikel (Ni), kadmium (Cd) dan kromium (Cr) dalam air dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Tabel 4.6.



Gambar 4.20 Kandungan Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Air

Gambar 4.8 menunjukkan nilai kandungan logam Pb, Ni, Cr dan Cd di dalam air laut peternakan kerang, Muara Kamal. Berdasarkan percobaan, sampel air laut yang dianalisis, urutan kandungan jenis logam dari tinggi ke rendah yaitu Pb > Ni > Cr > Cd. Logam Pb paling tinggi yaitu 0,1561 mg/L, dan

kandungan logam yang paling rendah adalah Cd yaitu 0,0114 mg/L. Nilai Kandungan logam Ni adalah 0,0255 mg/L, dan nilai kandungan logam Cr yaitu 0,0223 mg/L. Data ini menunjukkan bahwa perairan di sekitar peternakan kerang, Muara Kamal lebih banyak menerima masukan limbah yang mengandung logam berat Pb.

Tabel 4.7 Nilai Ambang Batas Logam Berat Pb, Ni, Cr, dan Cd dalam Air

| Logam | Rerata (mg/kg) | The Council Of The European Union (1998) (mg/L) | KMNLH Tahun 2004 (Untuk kepentingan laut) (mg/L) | Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 | | | |
|-------|-----------------|---|--|--|-----------------|------------------|-----------------|
| | | | | Kelas I (mg/L) | Kelas II (mg/L) | Kelas III (mg/L) | Kelas IV (mg/L) |
| Pb | 0,1561 ± 0,0204 | 0,0100 | 0,0080 | 0,0300 | 0,0300 | 0,0300 | 0,0100 |
| Ni | 0,0255 ± 0,0089 | 0,0200 | 0,0500 | - | - | - | - |
| Cr | 0,0222 ± 0,0038 | 0,0500 | 0,0050 | 0,0500 | 0,0500 | 0,0500 | 0,0100 |
| Cd | 0,0113 ± 0,0014 | 0,0050 | 0,0010 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0100 |

1) Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah salah satu logam berat yang merupakan bahan buangan anorganik yang berasal dari industri. Bahan buangan anorganik ini umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit di degradasi oleh mikroorganisme.

Distribusi timbal di perairan dipengaruhi oleh bentuk kimia dari timbal, lokasi geografis, pH, suhu dan salinitas. Timbal di dalam air laut membentuk kompleks dengan Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^- . Bentuk senyawaan Pb yang mungkin adalah PbOH^+ , PbCl^+ , PbSO_4 dan PbCO_3 , dimana PbCO_3 dan PbCl^+ adalah bentuk yang utama di dalam air laut dengan salinitas yang tinggi (Sadiq, 1992).

Hasil pengukuran kadar Pb di perairan peternakan kerang, Muara Kamal, melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditetapkan oleh

KMNLH (2004), *The Council Of The European Union* (1998), dan Peraturan Pemerintah No. 82 (2001). Hal ini berbahaya, karena logam Pb yang mencemari perairan berpotensi akan terakumulasi pada biota laut yang hidup di perairan tersebut. Sumber limbah yang banyak mengandung logam berat biasanya berasal dari aktivitas industri, pertambangan, pertanian dan pemukiman.

Ramakritinan C. M. et al., (2012) melaporkan hasil penelitiannya pada konsentrasi 15,507 mg/kg menyebabkan kematian 50 % (96 jam) bagi *Cherithidae cingulata* (*marine snail*) dan pada konsentrasi 2,876 mg/kg untuk *Modiolus philippinarum* (*bivalve*). Kandungan logam pada perairan di peternakan kerang hijau Muara Kamal yang diteliti tidak melebihi konsentrasi yang dilaporkan oleh Ramakritinan C. M. et al., sehingga kerang hijau masih bisa hidup di perairan tersebut.

2) Nikel (Ni)

Hasil pengukuran kadar Ni di perairan peternakan kerang Muara Kamal yaitu $0,0255 \pm 0,0089$ mg/L. Angka ini belum melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditetapkan oleh KMNLH (2008), dengan batas yang ditentukan 0,0500 mg/L. Tetapi nilai kandungan logam Ni pada perairan peternakan kerang hijau Muara Kamal melebihi NAB yang ditetapkan oleh *The Council Of The European Union* (1998), yaitu sebesar 0,0200 mg/L. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tidak menetapkan kandungan logam ni pada perairan.

Hughes melaporkan toksisitas Ni pada ikan salmon. Pada kadar 1,2 ppm logam Ni dapat mematikan 50% embrio dan larva kerang *C. Virginica* (LC50, 24 jam). Pada kadar 1,3 ppm dan 5,7 ppm logam Ni dapat mematikan 50% embrio dan kerang *M. marcenaria* (Calabrese, 1973). Berdasarkan hasil penelitian, kadar logam Ni didalam perairan tidak melampaui nilai yang dilaporkan Hughes, sehingga tidak ditemukan kematian pada kerang.

3) Kromium (Cr)

Di atas pH 6, kromium heksavalen lebih dominan terbentuk. Secara teoritis, kromium dapat bertahan dalam kondisi heksavalen di perairan yang mengandung materi organik yang rendah. Distribusi pasti antara kromium trivalen dengan kromium heksavalen tidak diketahui. (WHO, 1988).

Kelarutan dari kromium trivalen bervariasi bergantung salinitas. Kromium heksavalen sangat larut, dan relatif stabil di udara dan air murni. Kromium, terutama spesi heksavalen dan trivalen bersifat toksik untuk biota laut termasuk ikan, udang, kepiting, kerang dan tumbuhan laut.

Berdasarkan tabel 4.6, hasil pengukuran kadar Cr di perairan peternakan kerang Muara Kamal, diperoleh rerata kandungan Logam Cr yaitu $0,0222 \pm 0,0038$ mg/L. Menurut *The Council Of The European Union (1998)* dan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 (kelas II dan kelas III), kandungan logam Cr pada perairan peternakan kerang hijau Muara Kamal belum melampaui batasan nilai NAB yang ditetapkan yaitu 0,0500 mg/L. Berdasarkan ketetapan oleh KMNLH (2008), kualitas perairan peternakan kerang tidak aman untuk kepentingan biota laut, karena melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditetapkan yaitu 0,0050 mg/L. Kandungan logam Cr yang terdapat pada perairan berpotensi terakumulasi pada biota laut yang hidup diperairan tersebut.

Frank and Robertson (1979) melaporkan LC₅₀ (96 jam) pada *blue crab (Callinectes sapidus)* bila kandungan Kromium 89,0-98,0 mg/L. Berdasarkan hasil analisis, kandungan logam kromium masih berada di bawah nilai LC₅₀ yang dilaporkan Frank dan Robertson, sehingga tidak ada kematian pada kerang.

4) Kadmium (Cd)

Kadmium dapat membentuk kompleks dengan ion dan senyawa lain. Empat spesi utama adalah : kadmium halida, kadmium sulfida, kadmium oksida dan senyawa organokadmium. Bergantung pada pH, beberapa senyawa (CdO, CdS, Cd(OH)₂, CdCO₃ dan CdSiO₃) memiliki kelarutan yang rendah dalam air. Di perairan laut dengan salinitas 10-35 ppt, kompleks kadmium klorida menjadi bentuk yang utama.

Hasil pengukuran kadar Cd di perairan peternakan kerang, Muara Kamal, melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditetapkan oleh

KMNLH (2008), *The Council Of The European Union* (1998), dan Peraturan Pemerintah No. 82 (2001). Berdasarkan kadar Cd ini, kualitas perairan ini tidak aman untuk biota laut, mengingat Cd bersifat racun dan merugikan bagi semua organisme hidup, bahkan juga berbahaya untuk manusia.

Secara keseluruhan dapat dikatakan perairan Muara Kamal, tercemar logam berat Pb, Ni, Cr dan Cd dan diantaranya sudah melewati ambang batas yang ditetapkan. Masuknya logam berat ini bersumber dari banyaknya limbah yang masuk ke dalam perairan Teluk Jakarta yang dibawa oleh 13 sungai yang bermuara ke dalamnya. Menurut laporan Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan hidup (KPPL) tahun 1997 bahwa limbah yang masuk ke perairan ini adalah limbah dari kegiatan industri pengelola sekitar 97,82% yakni 1.632.896,47 ribu m³/tahun, domestik 2,17% yakni 36.229,90 ribu m³/tahun, dan limbah industri pertanian 0,01% yakni 232,25 m³/tahun.

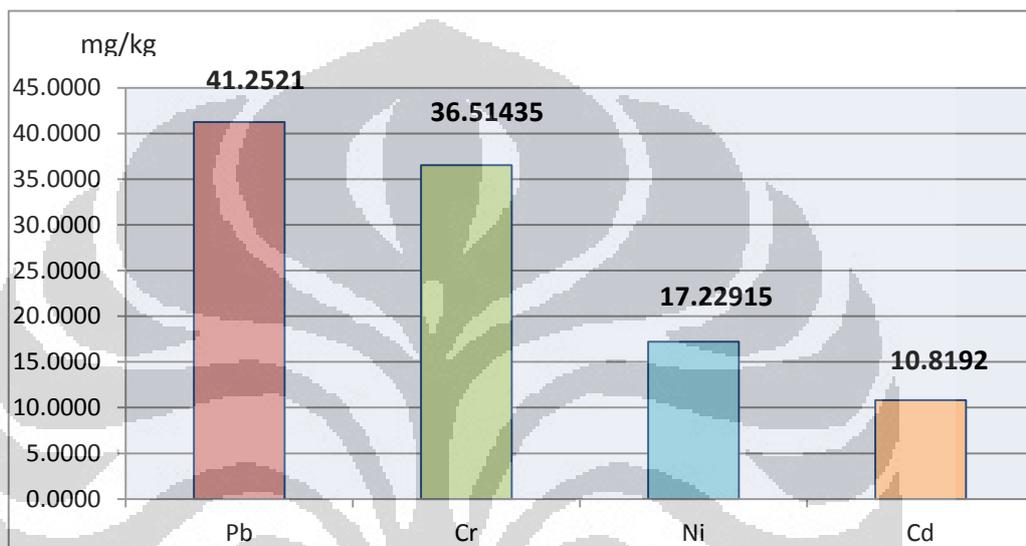
Kerang hijau yang hidup di peternakan Muara Kamal secara kontinyu akan melakukan filtrasi air laut di lokasi tersebut, maka kekhawatiran akumulasi logam berat terjadi di dalam jaringan tubuh kerang hijau menjadi meningkat. Hal ini akan berdampak buruk bagi manusia yang mengonsumsi kerang tersebut dalam jangka panjang.

4.5 Kandungan Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd dalam Sedimen

Dalam sistem perairan, sedimen sering sekali terkontaminasi oleh logam berat, sehingga sedimen merupakan sumber polusi didalam ekosistem. Logam, materi organik dan materi non-organik dapat mengendap pada daerah tersebut. Jika kontaminan yang masuk kedalam perairan cukup besar, maka kontaminan dapat terakumulasi dalam jumlah yang berlebihan di dalam sedimen. Hal ini secara langsung maupun tidak langsung akan mengganggu ekosistem perairan.

Menurut C.K. Yap, A. Ismail (2002), meskipun *Perna viridis* tidak dalam kontak langsung dengan sedimen, tetapi didapat hubungan antara *Perna viridis* dengan sedimen berdasarkan tiga poin penting. Pertama, adanya pasang surut arus akan bercampur sedimen lunak bawah dan air di atasnya, yang kemudian mungkin berkontribusi terhadap penyerapan sedimen yang

terkontaminasi melalui filtrasi dan ingesti oleh *Perna viridis*. Kedua, peranan kerang sebagai *filter feeder* di perairan. Ketiga, bahwa lokasi pengambilan sampel secara teratur dan selalu menerima sumber masukan antropogenik. Sehingga sedimen digunakan sebagai wakil dari daerah tersebut karena dianggap sebagai *sink* utama untuk logam berat di lingkungan laut.



Gambar 4.21 Kandungan Logam Berat Cd, Cr, Ni dan Pb di dalam Sedimen Peternakan Kerang, Muara Kamal

Berdasarkan Gambar 4.9 urutan jenis logam yang dikandung paling tinggi dalam sedimen sampai yang paling rendah adalah $Pb > Cr > Ni > Cd$. Sedimen disekitar peternakan kerang hijau paling banyak mengandung logam Pb yaitu 41,2521 mg/Kg dan logam Cr yaitu 36,5144 mg/Kg. Kandungan logam Ni pada sedimen peternakan kerang hijau yaitu 17,2292 mg/Kg. Diantara logam lainnya, kandungan logam berat Cd paling rendah yaitu 10,8192 mg/Kg. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen menerima masukan logam berat timbal dan kromium yang besar yang dari kegiatan manusia (domestik).

Indonesia belum memiliki baku mutu yang mengatur tentang kualitas sedimen, sehingga untuk memberikan informasi mengenai kualitas sedimen

tersebut digunakan Nilai Ambang Batas (NAB) yang digunakan untuk negara atau lembaga lain seperti ditunjuk pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Ambang Batas Kualitas Sedimen untuk Logam Pb, Ni, Cd dan Cr

| SQG | Pb (mg/kg) | Ni (mg/kg) | Cr (mg/kg) | Cd (mg/kg) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ANZECC ISQG-low | 30,2000 | 21,0000 | 81,0000 | 1,2000 |
| NOAA ERL | 46,7000 | 20,9000 | 81,0000 | 1,2000 |
| EC-TEL | 30,2000 | 15,9000 | 52,3000 | 0,6800 |
| Rerata(mg/Kg) | 41,2522±4,9397 | 17,2292±1,7259 | 36,5143±2,3845 | 10,8192±0,1512 |

Keterangan : SQG, Sediment quality guideline; ERL, effects range low; TEL, threshold effect level; ISQG, Interim Sediment Quality Guidelines; ANZECC, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council; NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration; EC, Environment Canada.

1) Timbal (Pb)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam di dalam sedimen relatif lebih tinggi dibandingkan air laut. Tingginya kandungan logam timbal sedimen di Teluk Jakarta relatif mengandung logam Pb yang tinggi, dimana hal ini bisa disebabkan oleh lalu lintas kapal berat dan debit buangan limbah dari industri yang secara langsung menuju Teluk Jakarta (Hutagalung, 1995).

Selain itu, tingginya kandungan logam timbal di sedimen juga bisa dipengaruhi oleh salinitas. Semakin tinggi salinitas, kandungan logam di sedimen ikut meningkat, karena logam menjadi kurang larut di perairan.

Menurut ANZECC ISQG-low, NOAA ERL dan EC-TEL. Kandungan logam timbal dalam sedimen peternakan kerang hijau Muara Kamal berada diatas Nilai Ambang Batas (NAB) yang sudah di tetapkan. Data ini menunjukkan adanya akumulasi Pb dalam sedimen.

2) Nikel (Ni)

Menurut ANZECC ISQG-low dan NOAA ERL kandungan logam Ni dalam sedimen ini belum melewati nilai yang ditetapkan. EC-TEL menetapkan batas 15,9000 mg/kg. Rerata kandungan logam Ni yaitu

17,2292±1,7259 mg/kg, nilai ini berada di atas nilai EC-TEL. Sedimen di perairan peternakan kerang hijau Muara Kamal terkontaminasi logam Ni.

3) Kromium (Cr)

Besar kandungan logam berat Kromium (Cr) pada sedimen masih berada di bawah tingkat aman standar internasional baku mutu menurut ANZECC ISQG-low, NOAA ERL, EC-TEL, tetapi sedikit melampaui nilai yang sudah ditetapkan oleh SQA-V-TEL. Dari hasil analisis kandungan logam Cr dalam sedimen ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan air laut. Hal ini menunjukkan adanya akumulasi dalam sedimen. Sedimen di daerah peternakan kerang hijau belum tercemar tetapi terkontaminasi logam Cr.

Presipitasi Cr dapat disebabkan oleh pH basa sehingga terbentuk hidroksida, oksida, dan karbonat yang tidak larut. Begum, dkk., (2009b) menyatakan bahwa logam, seperti Cr dapat juga berinteraksi dengan materi organik dalam fasa larut dan kemudian mengendap, sehingga menimbulkan konsentrasi yang tinggi di sedimen.

Menurut hasil pengamatan Kandungan logam Cr pada sedimen di Teluk Jakarta berkisar 10,5 – 24,0 ppm (Hutagalung, 1994)., terjadi kenaikan kadar logam seiring bertambahnya buangan limbah dari industri yang secara langsung menuju Teluk Jakarta.

4) Kadmium (Cd)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam Cd di dalam sedimen relatif lebih tinggi dibandingkan air laut. Hal ini disebabkan beberapa senyawaan kadmium memiliki kelarutan yang rendah didalam air. Transformasi bentuk anorganik dari kadmium dalam air laut hampir tidak mempengaruhi kelarutannya. Kadmium karbonat dan kadmium hidroksida memiliki kelarutan yang terbatas. Dalam lumpur limbah, kadmium berikatan kompleks dengan karbonat dan sulfida. Pada pH yang tinggi kadmium mengalami presipitasi atau pengendapan. Kadmium karbonat dan kadmium sulfida yang tidak larut dan dapat bertahan dalam sedimen (GESAMP, 1985).

Menurut Reseau National d'Obeservation kadar normal Cd dalam sedimen yang tidak terkontaminasi berkisar antara 0,1-0,2 ppm. Sedangkan Moore & Ramamoorthy menyatakan kadar logam berat yang terdapat dalam sedimen yang tidak terkontaminasi paling rendah adalah 0,01 ppm. Berdasarkan data pada Tabel 4.7 dapat dikatakan bahwa sedimen di perairan peternakan kerang Muara Kamal telah terkontaminasi Cd.

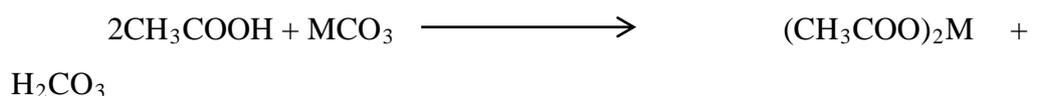
Menurut ANZECC ISQG-low, NOAA ERL, EC-TEL dan SQAV-TEL kandungan logam timbal dalam sedimen peternakan kerang hijau Muara Kamal berada diatas Nilai Ambang Batas (NAB) yang sudah di tetapkan. Data ini menunjukkan bahwa sedimen diperairan peternakan kerang hijau Muara Kamal tercemar oleh logam berat Cd.

4.6 Pengamatan Proses Pelepasan (*leaching*) Logam Berat Pb, Ni, Cr dan Cd pada Sedimen dengan Variasi pH

Proses pelepasan logam (*leaching*) dibuktikan dengan melakukan ekstraksi sedimen dengan asam lemah. Pada tahap ini digunakan asam asetat dengan rumus CH₃COOH untuk mengekstraksi logam-logam karbonat, logam-logam yang ada dalam ikatan lemah terserap pada permukaan luar dari beberapa mineral. Pada fraksi ini digunakan asam asetat yang diharapkan logam yang terikat pada karbonat dapat terabsorpsi ke permukaan sehingga tidak merusak fasa lain yang terdapat pada sedimen.

Karbonat merupakan lapisan paling luar pada lapisan sedimen ini, sehingga karbonat dapat mengalami pelarutan kembali kedalam perairan yang dapat disebabkan oleh gelombang arus yang senantiasa berubah, perubahan pH, dan lain-lain.

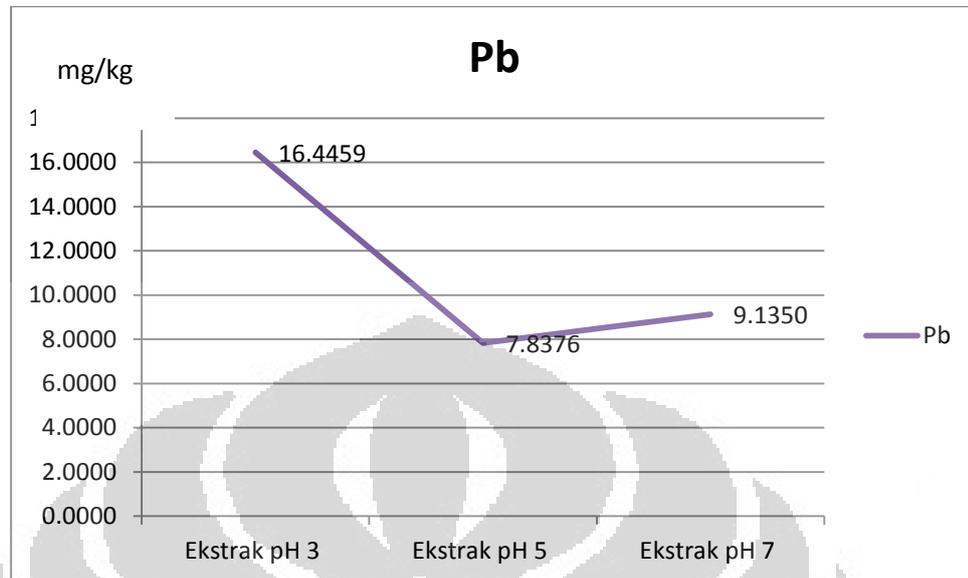
Reaksi yang terjadi pada fraksi ini adalah sebagai berikut :



Dimana M²⁺ merupakan logam yang terikat pada karbonat.

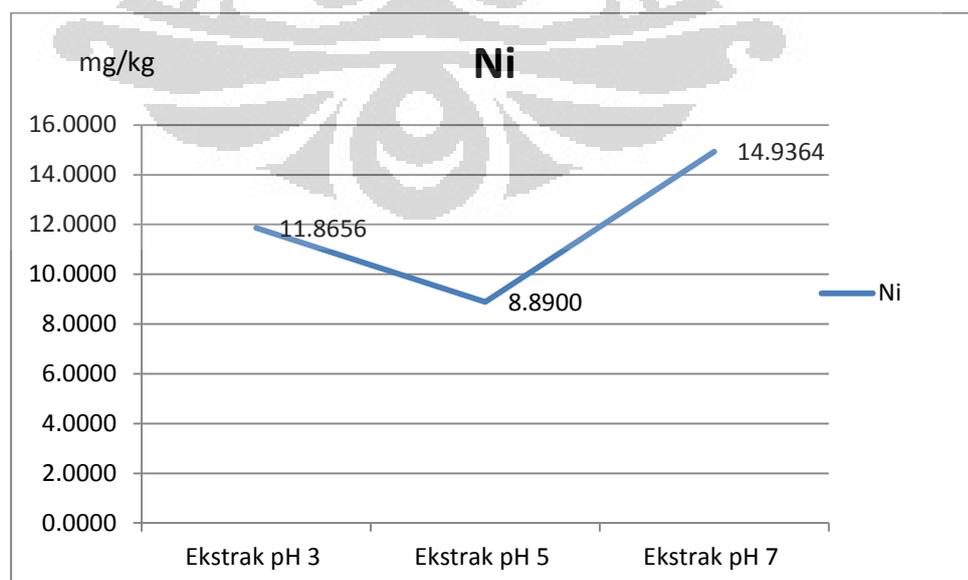
Sedimen diekstraksi dengan menggunakan fraksi pH 3 dan pH 5 sesuai dengan prosedur US EPA 1311-Toxicity Characteristic Leaching Procedure.

Penambahan ekstraksi pH 7 bertujuan untuk mengetahui potensi logam yang terlepas dalam keadaan netral (pH7).



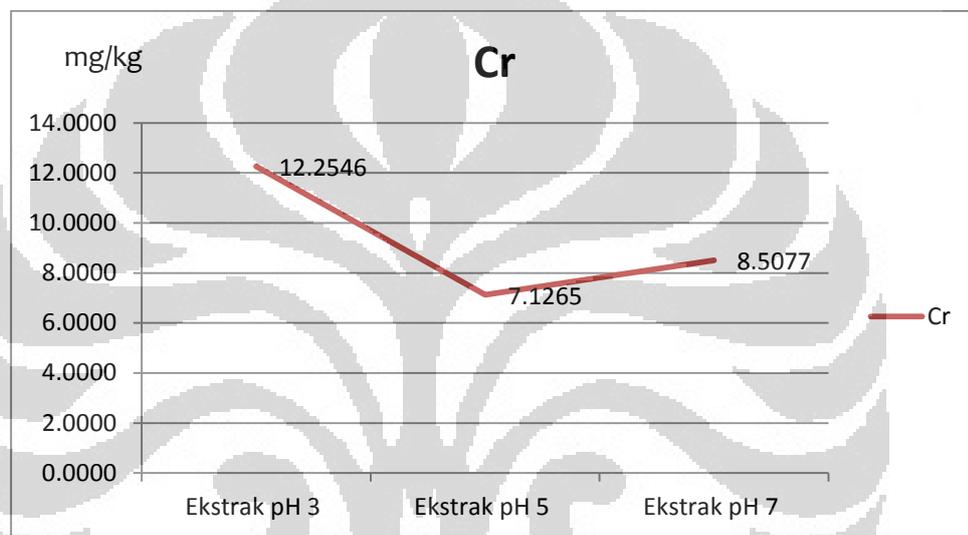
Gambar 4.22 Kandungan Logam Pb Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7

Kandungan logam Pb yang terlepas paling tinggi ketika diekstraksi dengan menggunakan pH 3 yaitu sebesar 16,4459 mg/kg, dengan pH 5 yaitu sebesar 8,8900 mg/kg dan dengan pH 7 sebesar 14,9364 mg/kg.



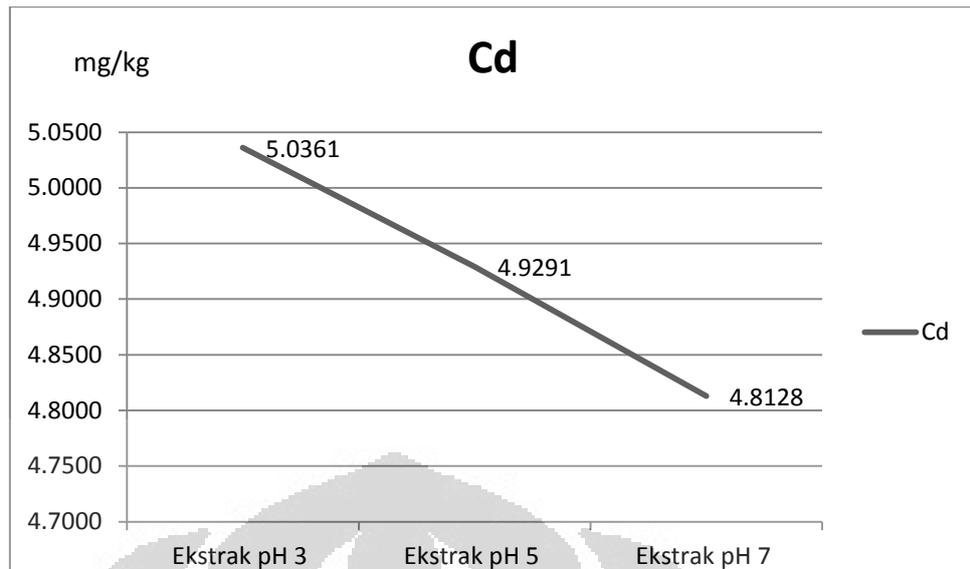
Gambar 4.23 Kandungan Logam Ni Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7

Kandungan logam Ni yang terlepas dari sedimen ketika diekstraksi dengan menggunakan pH 3 yaitu sebesar 11,8656 mg/kg, dengan pH 5 yaitu sebesar 8,8900 mg/kg. Kandungan logam Ni paling tinggi ketika diekstraksi dengan pH 7 sebesar 14,9364 mg/kg. Hal ini dimungkinkan karena adanya pengaruh keterikatan logam nikel pada kompleks organik



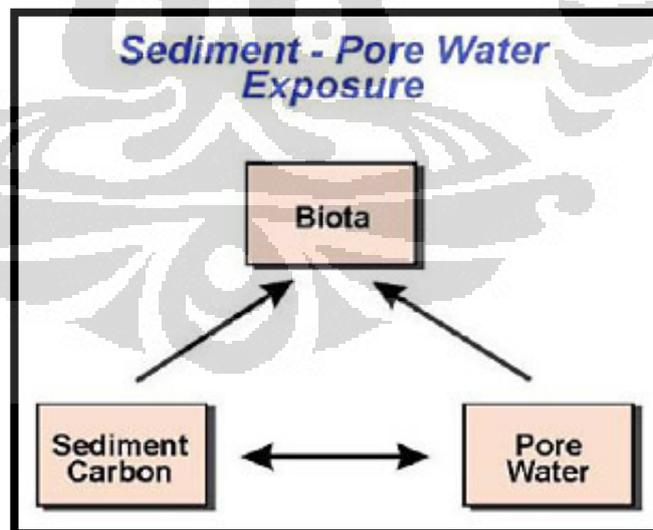
Gambar 4.24 Kandungan Logam Cr Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7

Penggunaan fraksi pH 3 dapat melepaskan logam Cr yang terlepas sebanyak 12,2546 mg/kg. Penggunaan fraksi pH 5 melepaskan logam Cr dari sedimen sebanyak 7,1265 mg/kg, sedangkan logam Cr yang terlepas dari sedimen pada pH 7 adalah 8,5077 mg/kg. Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa logam kromium yang terlepas dari sedimen paling banyak pada ekstraksi dengan menggunakan pH 3.



Gambar 4.25 Kandungan Logam Cd Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7

Kandungan logam Cd yang terlepas dengan ekstraksi sedimen pada pH 3 sebesar 5,0361 mg/kg, ekstraksi sedimen pada pH 5 sebesar 4,9291 mg/kg dan ekstraksi pada pH 7 adalah 4,8128 mg/kg. Berdasarkan Gambar 4.13 banyaknya logam yang terlepas dari sedimen ketika diekstraksi dengan pH 3, pH 5 ataupun pH 7 tidak terlihat perbedaan yang signifikan.

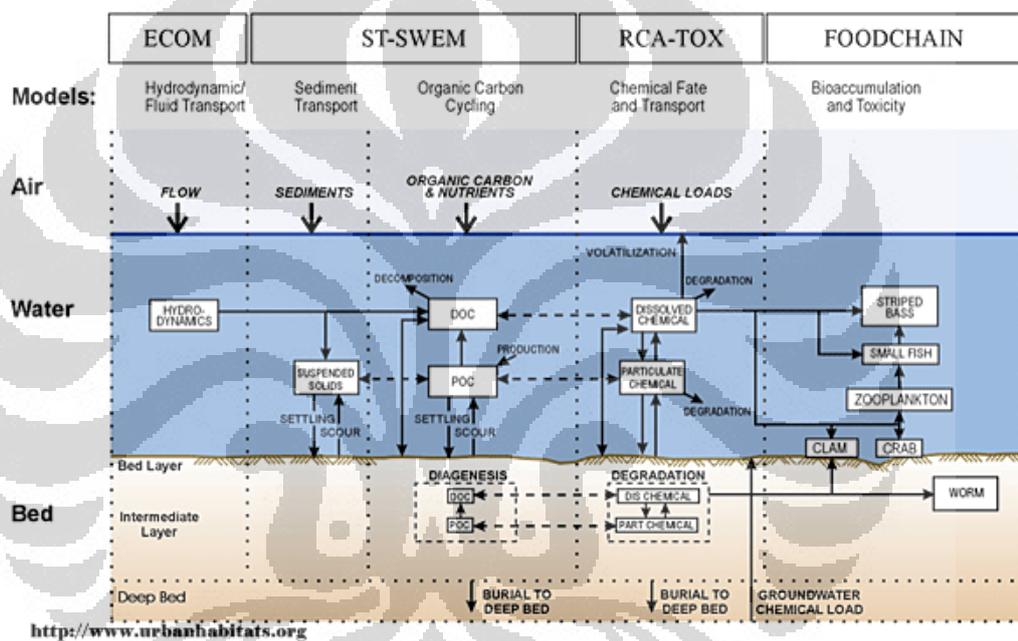


Gambar 4.26 Hubungan antara Air, Sedimen dan Biota

Sedimen memiliki peranan penting dalam menentukan kualitas perairan, karena logam dapat mengendap pada sedimen dan logam pada

sedimen juga bisa lepas kembali ke perairan. Logam yang terakumulasi pada kerang hijau berasal dari lingkungan disekitarnya, yakni air dan sedimen.

Menurut C.K. Yap, A. Ismail (2002), partikel sedimen merupakan sumber potensial penting dari penyerapan (*uptake*) logam oleh *Perna viridis*. Sedimen yang terkontaminasi selama bertahun-tahun dapat menjadi sumber sekunder kontaminasi logam ke perairan. Oleh karena itu, pada saat sedimen dengan konsentrasi logam yang tinggi tertelan oleh kerang hijau karena sifatnya yang *filter feeder*, dipastikan menjadi ketersediaan hayati (*bioavailable*) sebagai sumber serapan logam dengan kerang.



Gambar 4.27 Nasib (*fate*) dan Distribusi dan Kontaminasi pada Sedimen

Sumber: <http://www.urbanhabitats.org>

Logam berat memasuki air alami dan menjadi bagian dari sistem suspensi air dan sedimen melalui proses absorpsi, presipitasi, dan pertukaran ion. Sedimen yang tercemar oleh logam berat dapat ditemukan di area dekat industri, pemukiman penduduk, rute utama transportasi dan area yang terancam oleh limbah. Sedimen dapat menjadi pencemar bagi lingkungan disekitarnya. Unsur-unsur beracun tersebut dilepaskan ke air, diserap oleh biota yang hidup disekitar wilayah tersebut, lalu logam yang terabsorpsi berasimilasi ke dalam organ biota. Kemudian akan terjadi biomagnifikasi

karena proses memasukkan rantai makanan. Logam berat yang bersifat toksik ini akan menyebabkan kerusakan jangka panjang.

Tabel 4.9 Kandungan Logam Hasil Ekstraksi Sedimen pH 3, pH 5 dan pH 7

| Logam | Ekstrak pH 3 (mg/kg) | Ekstrak pH 5 (mg/kg) | Ekstrak pH 7 (mg/kg) |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Pb | 16,4459 | 7,8376 | 9,1350 |
| Ni | 11,8656 | 8,8900 | 14,9364 |
| Cr | 12,2546 | 7,1265 | 8,5077 |
| Cd | 5,0361 | 4,9291 | 4,8128 |

Tabel 4.8 memberikan gambaran bahwa logam dapat lepas dari sedimen ke perairan disekitarnya akibat pengaruh pH. Berdasarkan pengumpulan data, diketahui perairan Peternakan kerang hijau Muara Kamal memiliki pH 6-7. Sewaktu-waktu pH diperairan disekitar peternakan kerang hijau dapat berubah dikarenakan adanya aktivitas industri dan domestik. Sehingga besar kemungkinan terjadi fenomena logam terlepas kembali ke perairan (*leaching*). Logam yang lepas ke perairan, kemudian akan terakumulasi pada kerang karena sifat kerang yang *filter feeder*. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dikatakan adanya kandungan logam berat pada sedimen dapat berkontribusi memberikan memberikan kontribusi pencemaran pada kerang hijau dan perairan di Muara Kamal.

Takarina, (2009) melaporkan dengan menggunakan fraksinasi geokimia, konsentrasi logam pada 5 sedimen dari Teluk Jakarta Cr berkisar 48,6800—292,0900 ppm, Cu berkisar 18,6200—151,8200 ppm dan Zn berkisar antara 165,8300—487,6900 ppm. Tidak hanya logam Cr tetapi juga Pb dan Zn mungkin untuk dengan mudah dilepaskan kembali ke dalam lingkungan dan berbahaya bagi biota terutama bagi invertebrata.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian yang telah disampaikan pada bab sebelumnya, maka berikut ini disampaikan kesimpulan sebagai bagian akhir dari penelitian.

1. Hasil analisis kandungan logam berat dalam kerang hijau pada peternakan kerang menunjukkan kandungan logam $Pb > Ni > Cr > Cd$. Dengan kandungan :

- Pb : 1,6974-5,2110 mg/kg dengan rerata $3,2477 \pm 1,4270$ mg/kg.
- Ni : 1,1617-3,8218 mg/kg dengan rerata $2,5942 \pm 0,4048$ mg/kg
- Cr : 0,2245-3,4553 mg/kg dengan rerata $1,8066 \pm 1,2800$ mg/kg
- Cd : 0,4840-1,3468 mg/kg dengan rerata $0,9703 \pm 1,0160$ mg/kg

Hasil analisis kandungan logam berat dalam kerang hijau pada pengasinan ikan menunjukkan kandungan logam $Pb > Ni > Cr > Cd$.

Dengan kandungan :

- Pb : 2,3658 - 5,3881 mg/kg dengan rerata $3,8924 \pm 1,3265$ mg/Kg
- Ni : 0,4161 - 3,0924 mg/kg dengan rerata $1,6023 \pm 0,9332$ mg/kg
- Cr : 0,5881 - 2,7033 mg/kg dengan rerata $1,3403 \pm 0,6640$ mg/kg
- Cd : 0,2446 - 0,6922 mg/kg dengan rerata $0,3854 \pm 0,1552$ mg/kg

Hasil analisis kandungan logam berat dalam kerang hijau pada pelelangan ikan menunjukkan kandungan logam $Pb > Ni > Cr > Cd$.

Dengan kandungan :

- Pb : 0,6927- 5,7778 mg/kg dengan rerata $2,6500 \pm 1,8298$ mg/kg
- Ni : 0,6654 - 1,9663 mg/kg dengan rerata $1,2042 \pm 0,3834$ mg/kg
- Cr : 0,3841 - 1,7640 mg/kg dengan rerata $1,0248 \pm 0,4503$ mg/kg
- Cd: 0,1246 - 0,4937 mg/kg dengan rerata $0,2467 \pm 0,1046$ mg/kg

2. Kerang hijau tercemar oleh logam berat Pb, Ni, Cr dan Cd.

3. Hasil analisis kandungan logam berat pada air peternakan kerang hijau Muara Kamal untuk logam Pb 0,1561 mg/L, Ni 0,0255 mg/L, Cr 0,0223 mg/L dan Cd yaitu 0,0114 mg/L.
4. Hasil analisis kandungan logam berat pada sedimen di peternakan kerang hijau Muara Kamal untuk logam, Pb 41,2521 mg/kg, Ni 17,2292 mg/kg, Cr yaitu 36,5144 mg/kg dan Cd 10,8192 mg/kg.
5. Hasil studi pelepasan logam dengan ekstraksi pH 3, pH 5 dan pH 7 menunjukkan terjadi pelepasan logam berat dari sampel sedimen pada kondisi tersebut. Logam berat Pb yang terlepas pada pH 3: 16,4459 mg/kg, pH 5 : 7,8376 mg/kg dan pH 7: 9,1350 mg/kg. Logam berat Ni yang terlepas pada pH 3: 11,8656 mg/kg, pH 5: 8,8900 mg/kg dan pH 7 : 14,9364 mg/kg. Logam berat Cr yang terlepas pada pH 3: 12,2546 mg/kg, pH 5 : 7,1265 mg/kg, dan pada pH 7: 8,5077 mg/kg. Logam berat Cd yang terlepas pada pH 3 : 5,0361 mg/kg, pH 5: 4,9291 mg/kg dan pH 7 : 4,8128 mg/kg.

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan bagi masyarakat yang mengkonsumsi kerang hijau untuk lebih berhati-hati, karena ditemukan logam-logam berat Pb, Ni, Cr, dan Cd, dimana kandungan logam berat Pb pada kerang hijau telah melampaui ambang batas toleransi untuk layak dikonsumsi sesuai dengan ketentuan BPOM tahun 2009.
2. Perlu kiranya di lakukan pemantauan berkala dan studi lebih lanjut untuk menentukan profil kandungan logam berat dalam kerang hijau (*Perna viridis*) dan mengetahui fluktuasi serta hubungan kandungan logam berat berat pada air laut, sedimen dan kerang hijau. Mengingat logam tersebut sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anon. 2004. *Environtmental Watch*, Catatan Peristiwa Kerusakan Lingkungan, Forum Pengendali Lingkungan Hidup Indonesia, Jakarta.
- ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council). 1997. *ANZECC interim sediment quality guidelines*. Report for the Environmental Research Institute of the Supervising Scientist. Sydney, Australia.
- B.J., Lam P.K. 2009. Mussel Based Monitoring Of Trace Metal And Organic Contaminants Along The East Coast Of China Using *Perna Viridis* And *Mytilus Edulis*. *Environ. Pollu.*,127(2), 203-216.
- Begum, A., Ramaiah, M., Harkrishna, S., Khan, I., Veena, K., 2009, Heavy Metal Pollution and Chemical Profile of Cauvery River Water, *E-Journal of Chemistry*, Vol 6 (1), pp. 47-52.
- [BPOM] Badan Pengawasan Obat dan Makanan. 2009. HK.00.06.1.52.4011: Penetapan Batas Maksimum Cemaran Mikroba Dan Kimia Dalam Makanan . Jakarta : BPOM.
- Bryant, V. D. S. McLusky, K. Roddie and D,M Newbery. 1984. Mar. Ecol. Prog. Scr. 20: Campbell, Petter. 2002. Predicting Metal Bioavability- Aplicability of the Biotic Ligand Model. INRS-Eau. *Journal of Metal and Radionuclides Bioaccumulation in Marine Organism-Ancona*. Terre et Environment, Sainte-Foy, Canada. 137-149
- C.K. Yap, A. Ismail, S.G. Tan, H. Omar. 2002. *Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel Perna viridis from the west coast of Peninsular Malaysia*. *Environment International* 28 : 117–126
- Calabrese, A. And D.A. Nelson. 1974. *Inhibition of embryonic of the hard clam Mercenaria mercenaria by heavy metals*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 11: 92-98.
- Clesceri IS, Arnold EG, Andrew DE. 2005. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Ed ke-21. Washington DC: Apha Awwa Wes.

- Commission Regulation (EC) No 1881/2006 : setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
- Connel. D. W. and Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Dahuri, R dan Arumasyah, S. 1994. Ekosistem Pesisir. Makalah Pada Marine and Mangement Training. PSL UNDANA Kupang. NTT.
- Darmono. 2004. *Lingkungan Hidup Dan pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press. Jakarta.
- Darmono.1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup* .Jakarta : UI Press.
- Day, Jr, R. A., Underwood, A. L. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Denton, G. R. W. And C. Burdon-Jones. 1982. Chem. Ecol. 1 :131-141
- Djuangsih, N., A.K. Benito, H. Salim, 1982. *Aspek Toksikologi Lingkungan, Laporan Analisis Dampak Lingkungan, Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung*.
- Fergusson, J. E. 1990. *The Heavy Element – Chemistry, Enviromental Impact and Health Effects*. Pergamon Press, Oxford. 614 pp.
- Firmansyah I. 2007. *Model Pengendalian Pencemaran Laut untuk Meningkatkan Daya Dukung Lingkungan Teluk Jakarta* [Thesis]. Sekolah Pascasajana, Institut Pertanian Bogor
- Frank, P.M. and P.B. Robertson. 1979. *The influence of salinity on toxicity of cadmium and chromium to the blue crab Callinectes sapidus*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 21:74-78.
- Fung C.N., Lam J.C.W., Zhen G.L., Connel D.W., Monirith I., Tanabe S., Richardson, G. Allen Burton, Jr. Sediment Quality Criteria In Use Around The World. Institute for Environmental Quality, Wright State University, Dayton, Ohio 45435, USA.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). 1985. Review of potentially harmful substances : cadmium, lead and tin. Resports and studies No. 22. 144 pp.
- Global Agricultural Information Network. 2010. *National Food Safety Standard Maximum Levels of Contaminants in Foods: GB 2762*.

Gopinathan K.M. and Amma R. S., *Bioaccumulation of Toxic Heavy Metals in the Edible Soft Tissues of Green Mussel (Perna viridis L.) of Mahe Region*. Project report submitted to the Department of Science, Technology and Environment (DSTE), Government of Pondicherry.

H.P. Hutagalung, Bull. Environ. Contam. Toxicol. 39 (1987) 406.

H.P. Hutagalung, H. Razak, Oseanologi di Indonesia 15 (1982) 1.

H.P. Hutagalung, In: B. Watson, K. S. Ong, Vigers (Eds.), Proceedings of ASEAN- CANADA Midterm Technical Review Conference of Marine Science, Singapore, 1995, p.273.

Hariono, Bambang. *Efek Pemberian Plumbum (Timah Hitam) Anorganik pada Tikus Putih (Rattus norvegicus)*. Bagian Patologi Klinik FKH UGM, 2005.

Hatton, D., Pickering, W.F., (1980), *The effect of pH on the retention of Cu, Pb, Zn and Cd by clayhumic acid mixtures*. Water air and soil pollution 14, pp1321.

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>
(diakses tanggal 30/05/2012 waktu 13:44)

Huber, Castro. (2000). Marine Biology. Mc-Graw Hill Higher Education inc.

Hutabarat, S dan Stewart, M.E. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 159 hal.

HUTAGALUNG, H. P, 1994. Kandungan logam berat dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Dalam : Prosiding Seminar Pemantauan Pencemaran Laut dan Interkalibrasi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI, Jakarta. 7 – 9 Februari 1994, 9 – 14 hal.

IADC/CEDA. 1997. *Conventions, codes, and conditions: Marine disposal*. Environmental aspects of dredging 2a. Hlm 71.

Ismail, A., N.R. Jusoh and I.A. Ghani. 1995. *Trace metal concentrations in marine prawn of the Malaysian coast*. Mar. Pollut. Bull. 31:108-110

J.M. Everaart, Netherland Journal of Sea Research 23/4 (1989) 403.

Jalius, 2008. *Bioakumulasi Logam Berat Dan Pengaruhnya Terhadap Gametogenesis Kerang Hijau Perna Viridis: Studi Kasus Di Teluk*

Jakarta, Teluk Banten Dan Teluk Lada. Institut Pertanian Bogor :
Bogor

Jardine, C.G.1993. *Effect of Pollutant at the Ecosystem Level. Environmental Toxicology Seminar*. October 20, 1993. Diponegoro Univ., Semarang Central Java. 15 hlm.

Kamaruzzaman, B. Y. et al., 2011. Bioaccumulation of Some Metals by Green Mussel *Perna viridis* (Linnaeus 1758) from Pekan, Pahang, Malaysia. *International Journal of Chemistry*. Malaysia.

Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan Hidup. 1997. Laporan Tahunan Prokasih Kelima, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta.

KEPUTUSAN MENTERI NEGARA KEPENDUDUKAN DAN LINGKUNGAN HIDUP. 2004. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No Kep-02/MENKLH/1998 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta:10– 12

KEPUTUSAN MENTERI NEGARA KEPENDUDUKAN DAN LINGKUNGAN HIDUP. 2004. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No Kep-51/MNKLH/I/2004 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta :10 – 12 hal.

Khopkar, S.M. 2002. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press.

Kusumadinata. *Data dasar Gunungapi Indonesia*. Direktorat Vulkanologi Bandung. 1979.

Lu, Frank. (1995). *Toksikologi Dasar*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia

M. Murphy, *A Manual for Toxicity tests with Freshwater Macroinvertebrates an a Review of the Effects of Specific Toxicants*. University of Wales institute of Science an Technology Publication, 1979, p. 134.

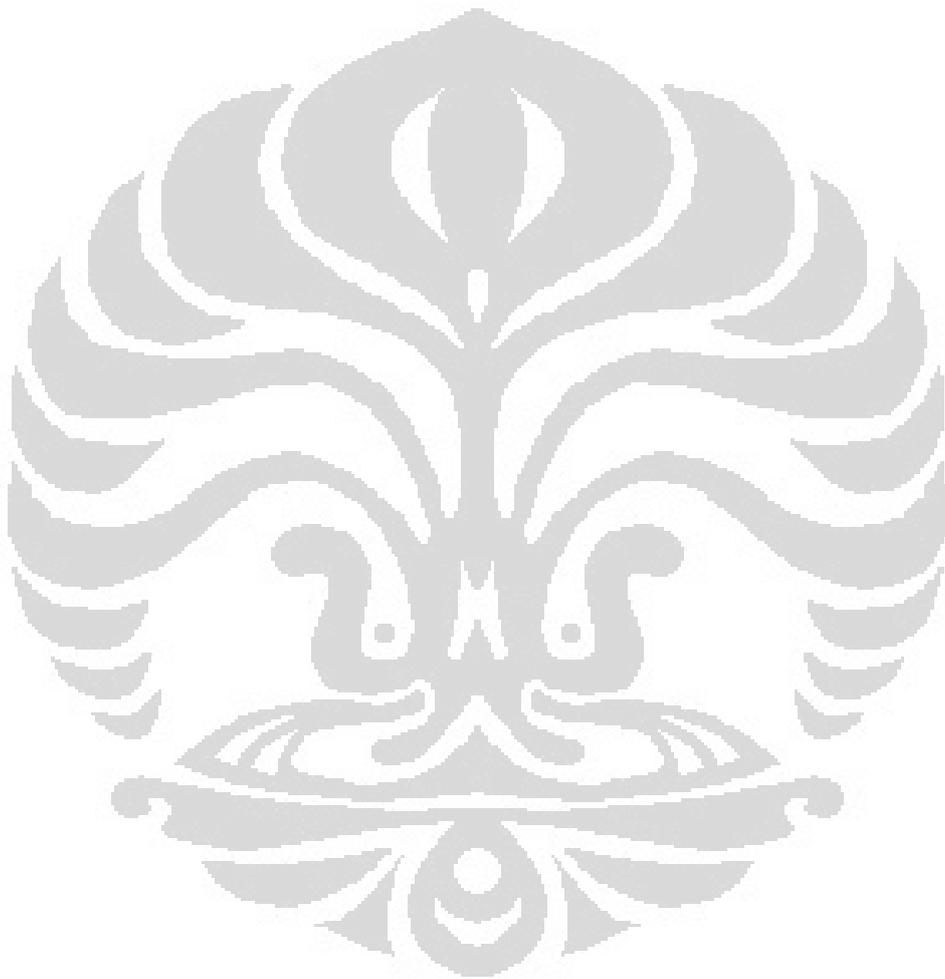
Manahan, S.E. 1977. *Environmental Chemistry*. Second Ed. Boston: Williard Press.

- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (1999) Screening quick eference tables (SquiRTs)
<<http://response.restoration.noaa.gov/cpr/sediment/squirt/squirt.html>>
- Nurdin, Jabang. 2008. Kepadatan Dan Keanekaragaman Kerang Intertidal (Mollusca: bivalve) di Perairan Pantai Sumatera Barat. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008* Universitas Lampung.
- Nybakken, W. J. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: PT Gramedia.
- Overnell, J and Sparla, A, M., 1990. *The Binding of Cadmium to Crab Cadmium Metallothiensein*. *Biochem. J* vol 267; 539- 540.
- Pechenik JA. 2000. *Biology of the Invertebrates*. Fourth Edition. New York. McGraw Hill. Hlm.203-276.
- Pagoray, Henny. 2001. *Kandungan Merkuri Dan Cadmium Sepanjang Kali Donan Kawasan Industri Cilacap*.
- Palar, H. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, edisi ke-2. Jakarta: Rineka Cipta, 2004:10-62.
- Palar, Suhendrayatno. 1994. *Toksikologi dan Pencemaran Lingkungan*. PT. Rineke Cipta: Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia, (1999), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta. PEMDA DKI Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia, (1999), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Bahan Berbahaya Beracun*, Jakarta.
- Rahman, Aditya. 2006. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Beberapa Jenis Krustasea Di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan*. *Bioscientiae*. Volume 3, Nomor 2
- Rai, L.L., J. Gaur and H.D. Kumar. 1981. *Phycology and Heavy Metal Pollution. In Biological Review of The Phycology Society*. Cambridge University Press London.
- Ramakritinan C. M. et al. 2012 Acute Toxicity of Metals : Cu, Pb, Cd, Hg and Zn on Marine Molluscs, *Cerithedia cingulata* G., and *Modiolus philippinarum* H. *Journal of Geo- Marine Science*. pp. 141-145

- Riani E, Sutjahjo SH, Mulyawan I. 2004. *Penanganan limbah B3 dengan sistem biofilter kerang hijau di Teluk Jakarta*. Bogor. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta kerjasama dengan IPB.
- S. S. Thayib, H. Razak, Prosiding; Seminar dan Kongres Nasional Biologi VI, Surabaya, Indonesia, 1981, p.196.
- Sabki. *Hubungan masa kerja, lama kerja, lokasi kerja dengan kadar timbal Cd dalam urine petugas pencatat waktu angkutan kota Yogyakarta*. Pascasarjana Universitas Gajah Mada Yogyakarta, 2003.
- Sadiq, M. 1992. *Lead in the Marine Environment*. Marcel Dekker Inc. New York. Pp. 306-355
- Sancia E.T. van der Meij et al. 2009. *Decline of the Jakarta Bay molluscan fauna linked to human impact*. Marine Pollution Bulletin. pp. 101–107
- Tejo Prakash N., Naidu T. S., and Jagannatha Rao K. S., 1994. Metal content in selected tissues and shell of *Perna viridis* (L.) from Pondicherry, east coast of India. *Journal of Chemistry in ecology*. vol. 9, pp. 1-6
- Sparks, K.M, Wells, J.D and Johnsin BB., *The interaction of humic acid with heavy metals*. Australian Journal Of soil Research (1997), 35, pp 89101
- Sutamihardja, R.T.M. 1982. *Inventarisasi dan Evaluasi Kualitas Lingkungan Hidup Pulau Bali*. Kantor Menteri negara PPLH. Jakarta.
- Sverdrup, H. U, M.W. Johson, R.H. Fleming. 1966. *The oceans : Physics, Chemistry and General Biology*. Modern Asia Edition. New Jersey Prentice-Hall Inc.
- Takarina, N.D., 2009. *Geochemical Fractionation Of Toxic Trace Heavy Metals (Cr, Cu, Pb, And Zn) from The Estuarine Sediments Of 5 River Mouths At Jakarta Bay, Indonesia*.
- Vogel, A. I., 1984, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*.
- Watanabe, K.H., F.W. Desimone, A. Thiyagarajah, W.R. Hartley, and A.E. Hindrichs. 2003. *Fish tissue quality in the Lower Mississippi River and Helath Risks from fish consumption*. *Sci. Total Environ.*, 302:109-126.

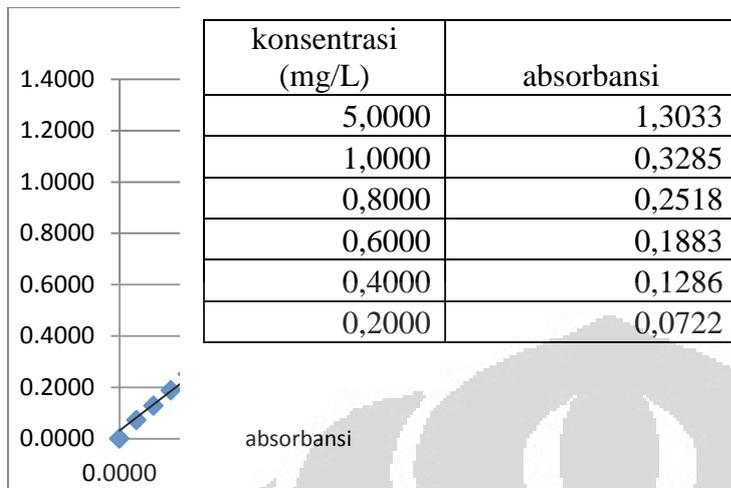
- WHO (World Health Organization). 1977. Environmental Health Criteria 3 :
Lead
- WHO (World Health Organization). 1988. Environmental Health Criteria 61 :
Chromium
- WHO (World Health Organization). 1991. Environmental Health Criteria 108
: Nikel
- WHO (World Health Organization). 1992. Environmental Health Criteria 135
: Cadmium
- Wilson, D.N. 1988. *Cadmium-Market Trends And Influences In Cadmium* 87.
Proceedings Of The International Cadmium Conference London:
Cadmium Association.
- Wongwit, C. 1982. *Uptake of heavy metal by green mussels (Perna viridis), in
the Chao Phraya Estuary*. M. Sc.Thesis. Faculty of Graduate
Studies, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.
- World health Organization, Geneva, Switzerland. 197 pp.
- Yatim, S., Surtipanti, Suwirma dan E. Lubis. 1979. *Distribusi logam berat
dalam air permukaan Teluk Jakarta*. Majalah Batan 12: 1 - 19.
- Yulianti, Eny. 2007. *Kimia Lingkungan*. Malang: UIN Press.
- Yusof, A.M., N.A. Rahman and A. K. H. Wood. 1994. *The Accumulation And
Distribution Of Trace Metals In Some Localized Marine Species*. Biol.
Trace. Elem. 43-45:239-249.
- Yusma Yennie dan Jovita Tri Murtini. 2005. Kandungan Logam berat Air
Laut, Sedimen dan Daging Kerang Darah (Anadaragranosa) di
Perairan Mentok dan Tanjung Jabung Timur. *Jurnal Ilmu-ilmu
Perairan dan Perikanan Indonesia*, 12(1):27- 32.12(1):27-32.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ)

Cd



| No. | Konsentrasi (ppm) | Absorbansi (Y) | Y' | (Y-Y') | (Y-Y') ² |
|-----|-------------------|----------------|--------|---------|---------------------|
| 1 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0318 | -0,0318 | 0,0010 |
| 2 | 5,0000 | 1,3033 | 1,3133 | -0,0100 | 0,0001 |
| 3 | 1,0000 | 0,3285 | 0,2881 | 0,0404 | 0,0016 |
| 4 | 0,8000 | 0,2518 | 0,2368 | 0,0150 | 0,0002 |
| 5 | 0,6000 | 0,1883 | 0,1856 | 0,0027 | 0,0000 |
| 6 | 0,4000 | 0,1286 | 0,1343 | -0,0057 | 0,0000 |
| 7 | 0,2000 | 0,0722 | 0,0831 | -0,0109 | 0,0001 |

$$b = 0.2563$$

$$S_y = \sqrt{\sum (y - y')^2 / n - 2} = 0.0245$$

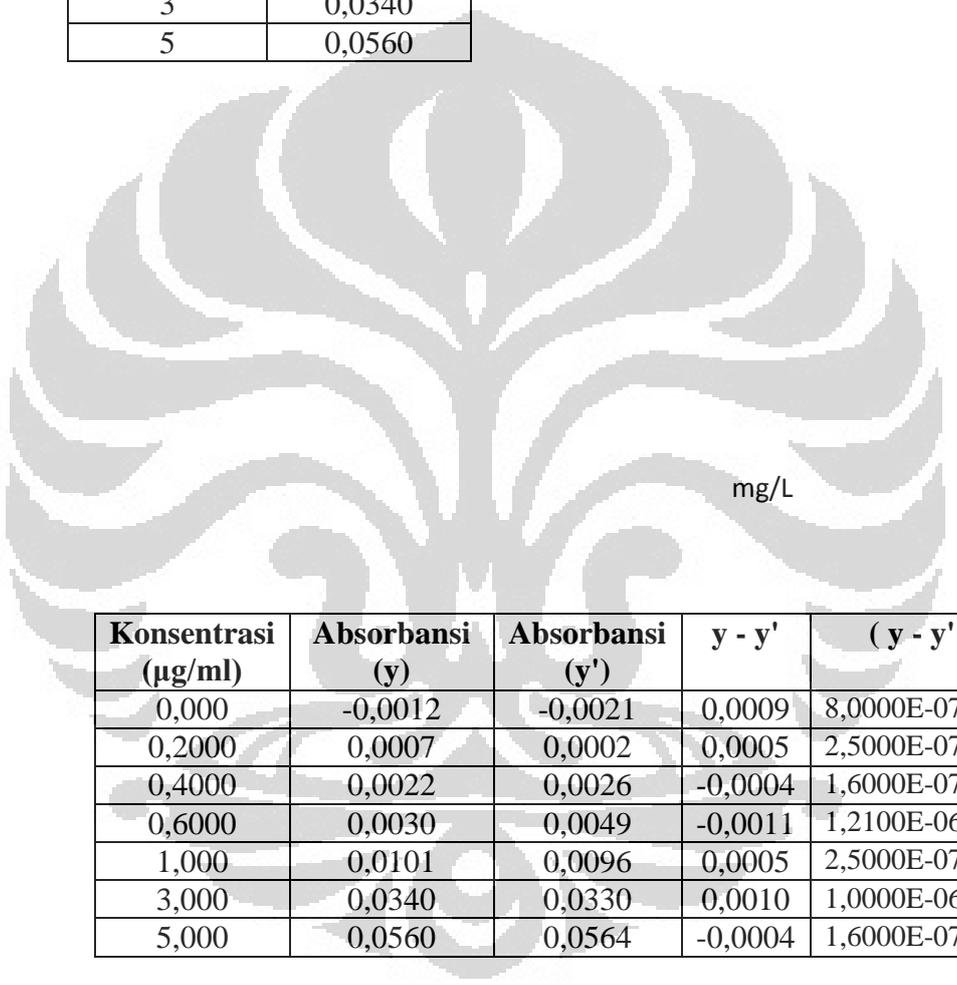
$$LOD = 3 * S_y / b = 0.2867$$

$$LOQ = 10 * S_y / b = 0,0956$$

Lampiran 2. Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ)

Pb

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|-----------------------|------------|
| 0 | -0,0012 |
| 0,2 | 0,0007 |
| 0,4 | 0,0022 |
| 0,6 | 0,0030 |
| 1 | 0,0101 |
| 3 | 0,0340 |
| 5 | 0,0560 |



mg/L

| Konsentrasi (µg/ml) | Absorbansi (y) | Absorbansi (y') | y - y' | (y - y') ² |
|------------------------|-------------------|--------------------|---------|-----------------------|
| 0,000 | -0,0012 | -0,0021 | 0,0009 | 8,0000E-07 |
| 0,2000 | 0,0007 | 0,0002 | 0,0005 | 2,5000E-07 |
| 0,4000 | 0,0022 | 0,0026 | -0,0004 | 1,6000E-07 |
| 0,6000 | 0,0030 | 0,0049 | -0,0011 | 1,2100E-06 |
| 1,000 | 0,0101 | 0,0096 | 0,0005 | 2,5000E-07 |
| 3,000 | 0,0340 | 0,0330 | 0,0010 | 1,0000E-06 |
| 5,000 | 0,0560 | 0,0564 | -0,0004 | 1,6000E-07 |

Persamaan kurva kalibrasi: $y = 0.0117x - 0.0021$

$$(R^2) = 0.9978$$

$$b = 0.0117$$

$$S_y = \sqrt{\sum (y - y')^2 / n - 2} = 0.001167519$$

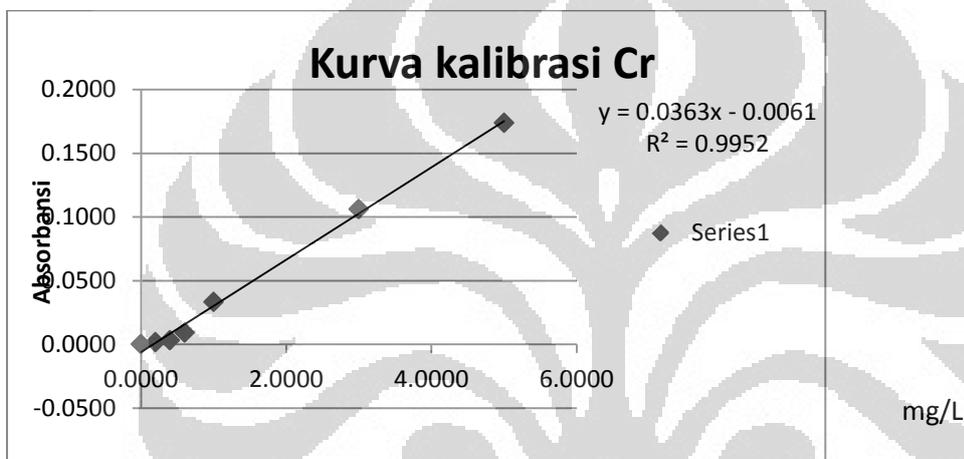
$$\text{LOD} = 3 * S_y / b = 0.2994$$

$$\text{LOQ} = 10 * S_y / b = 0.99788$$

Lampiran 3. Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ)

Cr

| kadar (ppm) | Absorbansi |
|-------------|------------|
| 0,0000 | 0,0001 |
| 0,2000 | 0,0018 |
| 0,4000 | 0,0031 |
| 0,6000 | 0,0093 |
| 1,0000 | 0,0333 |
| 3,0000 | 0,1061 |
| 5,0000 | 0,1738 |



| Konsentrasi (µg/ml) | Absorbansi (y) | Absorbansi (y') | y - y' | (y - y') ² |
|---------------------|----------------|-----------------|---------|-----------------------|
| 0,0000 | 0,0001 | 0,0061 | -0,0060 | 0,0000 |
| 0,2000 | 0,0018 | 0,0134 | -0,0116 | 0,0001 |
| 0,4000 | 0,0031 | 0,0206 | -0,0175 | 0,0003 |
| 0,6000 | 0,0093 | 0,0279 | -0,0186 | 0,0003 |
| 1,0000 | 0,0333 | 0,0424 | -0,0091 | 0,0001 |
| 3,0000 | 0,1061 | 0,1150 | -0,0089 | 0,0001 |
| 5,0000 | 0,1738 | 0,1876 | -0,0138 | 0,0002 |

Persamaan kurva kalibrasi: $y = 0.0363x - 0.0061$

$(R^2) = 0.9952$

$b = 0.0363$

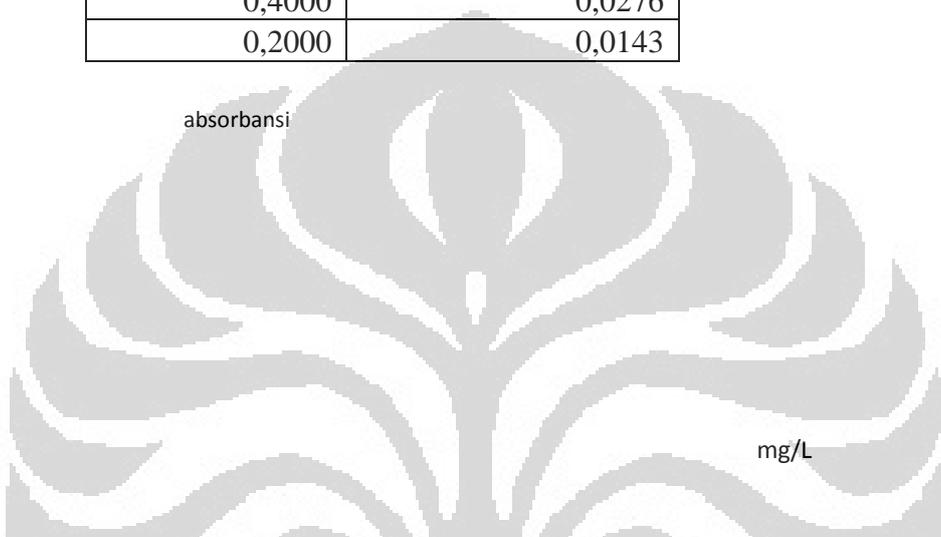
$Sy = \sqrt{\sum (y - y')^2 / n - 2} = 0,01508814$

$LOD = 3 * Sy / b = 0,0453$

$LOQ = 10 * Sy / b = 0,4526$

Lampiran 4. Limit Deteksi (LOD) dan Limit Kuantifikasi (LOQ) Ni

| konsentrasi (ppm) | absorbansi |
|----------------------|------------|
| 0,0000 | 0,0000 |
| 5,0000 | 0,3304 |
| 3,0000 | 0,1990 |
| 1,0000 | 0,0664 |
| 0,8000 | 0,0536 |
| 0,6000 | 0,0412 |
| 0,4000 | 0,0276 |
| 0,2000 | 0,0143 |



| Konsentrasi ($\mu\text{g/ml}$) | Absorbansi (y) | Absorbansi (y') | $y - y'$ | $(y - y')^2$ |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|----------|--------------|
| 0,0000 | 0,0001 | 0,0061 | -0,0060 | 3,6000E-05 |
| 0,2000 | 0,0018 | 0,0134 | -0,0116 | 1,3363E-04 |
| 0,4000 | 0,0031 | 0,0206 | -0,0175 | 3,0695E-04 |
| 0,6000 | 0,0093 | 0,0279 | -0,0186 | 3,4522E-04 |
| 1,0000 | 0,0333 | 0,0424 | -0,0091 | 8,2810E-05 |
| 3,0000 | 0,1061 | 0,1150 | -0,0089 | 7,9210E-05 |
| 5,0000 | 0,1738 | 0,1876 | -0,0138 | 1,9044E-04 |

$$b = 0.0363$$

$$S_y = \sqrt{\sum (y - y')^2 / n - 2} = 0,01508814$$

$$LOD = 3 * S_y / b = 0,0453$$

$$LOQ = 10 * S_y / b = 0,4526$$

Lampiran 5. Data Kadar Logam Ni pada Kerang di Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|--------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0197 |
| 0,4000 | 0,0331 |
| 0,6000 | 0,0486 |
| 0,8000 | 0,0639 |
| 1,0000 | 0,0762 |
| 3,0000 | 0,2363 |

absorbansi

mg/L

| Peternakan Kerang | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-------------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| kerang 1 | 0,0026 | 0,1811 | 0,0103 | 1,4219 |
| kerang 2 | 0,0024 | 0,1657 | 0,0077 | 1,1617 |
| kerang 3 | 0,0048 | 0,2525 | 0,0386 | 3,8218 |
| kerang 4 | 0,0027 | 0,1080 | 0,0116 | 2,6852 |
| kerang 5 | 0,0038 | 0,2185 | 0,0257 | 2,9405 |

| | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| kerang 6 | 0,0023 | 0,0646 | 0,0064 | 2,4768 |
| kerang 7 | 0,0046 | 0,2464 | 0,0360 | 3,6516 |

Lampiran 6. Data Kadar Logam Ni pada Kerang di Pengasinan Ikan dan Pelelangan Ikan

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|--------------------|------------|
| 1,0000 | 0,0858 |
| 0,6000 | 0,0524 |
| 0,4000 | 0,0361 |
| 0,2000 | 0,0186 |

absorbansi

mg/L

| Pengasinan ikan | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| Kerang A | 0,0040 | 0,8456 | 0,0215 | 0,6358 |
| Kerang B | 0,0078 | 0,9518 | 0,0669 | 1,7573 |
| Kerang C | 0,0054 | 0,6522 | 0,0382 | 1,4655 |
| Kerang D | 0,0049 | 0,7774 | 0,0800 | 1,0374 |
| Kerang E | 0,0034 | 0,5735 | 0,0143 | 0,6250 |
| Kerang F | 0,0096 | 0,8084 | 0,0884 | 2,7341 |
| Kerang G | 0,0085 | 0,6085 | 0,0753 | 3,0924 |
| Kerang H | 0,0030 | 0,5743 | 0,0096 | 0,4161 |
| Kerang I | 0,0060 | 0,6028 | 0,0454 | 1,8829 |
| Kerang J | 0,0058 | 0,4525 | 0,0430 | 2,3763 |

| Pelelangan ikan | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| Kerang I | 0,0060 | 0,9415 | 0,0454 | 1,2055 |
| Kerang II | 0,0101 | 1,2000 | 0,0944 | 1,9663 |
| Kerang III | 0,0050 | 1,2568 | 0,0335 | 0,6654 |
| Kerang IV | 0,0049 | 0,8691 | 0,0323 | 0,9279 |

| | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| Kerang V | 0,0060 | 0,9694 | 0,0454 | 1,1708 |
| Kerang VI | 0,0065 | 1,0251 | 0,0514 | 1,2529 |
| Kerang VII | 0,0086 | 1,3805 | 0,0765 | 1,3847 |
| Kerang VIII | 0,0069 | 1,3923 | 0,0562 | 1,0083 |
| Kerang IX | 0,0060 | 1,3460 | 0,0454 | 0,8432 |
| Kerang X | 0,0087 | 1,2006 | 0,0777 | 1,6171 |

Lampiran 7. Data Kadar Logam Pb pada Kerang di Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal

| Konsentrasi (ppm) | Absorbansi |
|-------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0038 |
| 0,4000 | 0,0099 |
| 0,6000 | 0,0140 |
| 0,8000 | 0,0190 |
| 1,0000 | 0,0230 |
| 3,0000 | 0,0682 |
| 5,0000 | 0,1141 |

| Peternakan Kerang | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-------------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| kerang 1 | 0,0005 | 0,1811 | 0,0132 | 1,8164 |
| kerang 2 | 0,0007 | 0,1657 | 0,0219 | 3,3087 |
| kerang 3 | 0,0014 | 0,2525 | 0,0526 | 5,2110 |
| kerang 4 | 0,0007 | 0,1080 | 0,0219 | 5,0763 |
| kerang 5 | 0,0007 | 0,2185 | 0,0219 | 2,5091 |

| | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| kerang 6 | 0,0003 | 0,0646 | 0,0044 | 1,6974 |
| kerang 7 | 0,0009 | 0,2464 | 0,0307 | 3,1150 |

Lampiran 8. Data Kadar Logam Pb pada kerang di Pengasinan Ikan dan Pelelangan Ikan

| Konsentrasi (ppm) | Absorbansi |
|-------------------|------------|
| 0,2 | 0,0042 |
| 0,4 | 0,0083 |
| 0,6 | 0,0115 |
| 0,8 | 0,0150 |
| 1,0 | 0,0183 |
| 3,0 | 0,0535 |
| 5,0 | 0,0926 |

absorbansi

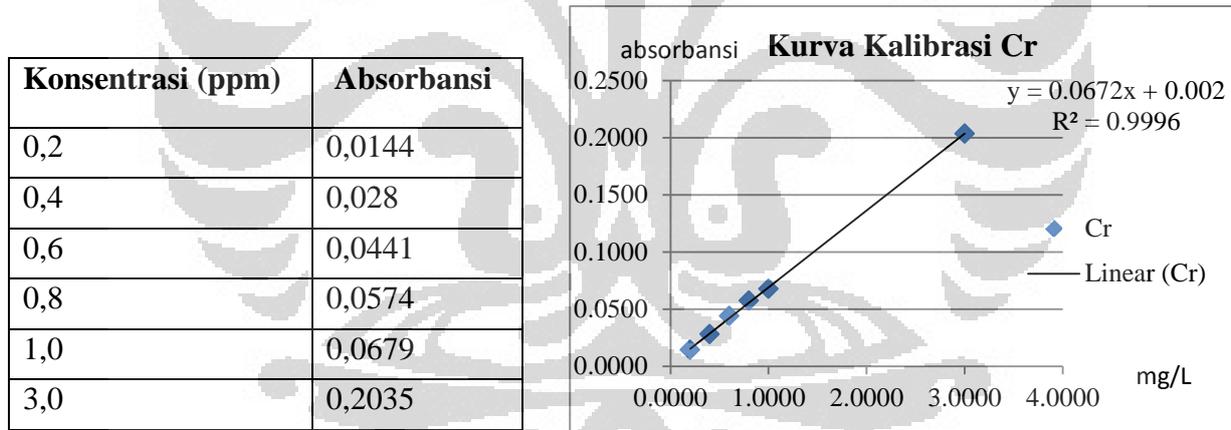
mg/L

| Pengasinan Ikan | Absorbansi | Massa (g) | Konsentras (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|-----------|-------------------|---------------|
| Kerang A | 0,0022 | 0,8456 | 0,0984 | 2,9080 |
| Kerang B | 0,0031 | 0,9518 | 0,1475 | 3,8753 |
| Kerang C | 0,0028 | 0,6522 | 0,1311 | 5,0271 |
| Kerang D | 0,0023 | 0,7774 | 0,1038 | 3,3388 |
| Kerang E | 0,0014 | 0,5735 | 0,0546 | 2,3820 |
| Kerang F | 0,0018 | 0,8084 | 0,0765 | 2,3658 |
| Kerang G | 0,0028 | 0,6085 | 0,1311 | 5,3881 |
| Kerang H | 0,0028 | 0,5743 | 0,1311 | 5,7090 |
| Kerang I | 0,0027 | 0,6028 | 0,1257 | 5,2124 |
| Kerang J | 0,0013 | 0,4525 | 0,0492 | 2,7171 |

| Pelelangan Ikan | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| Kerang I | 0,0028 | 0,9415 | 0,1311 | 3,4824 |
| Kerang II | 0,0016 | 1,2000 | 0,0655 | 1,3661 |
| Kerang III | 0,0013 | 1,2568 | 0,0491 | 0,9782 |
| Kerang IV | 0,0018 | 0,8691 | 0,0765 | 2,2006 |
| Kerang V | 0,0045 | 0,9694 | 0,2240 | 5,7778 |
| Kerang VI | 0,0038 | 1,0251 | 0,1857 | 4,5310 |
| Kerang VII | 0,0011 | 1,3805 | 0,0382 | 0,6927 |
| Kerang VIII | 0,0011 | 1,3923 | 0,0382 | 0,6868 |
| Kerang IX | 0,0026 | 1,346 | 0,1202 | 2,2328 |

| | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| Kerang X | 0,0044 | 1,2006 | 0,2185 | 4,5514 |
|----------|--------|--------|--------|--------|

Lampiran 9. Data Kadar Logam Cr pada Kerang di Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal



| Peternakan kerang | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-------------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| kerang 1 | 0,0024 | 0,1811 | 0,0060 | 0,8216 |
| kerang 2 | 0,0021 | 0,1657 | 0,0015 | 0,2245 |
| kerang 3 | 0,0026 | 0,2525 | 0,0089 | 0,8840 |
| kerang 4 | 0,0030 | 0,1080 | 0,0149 | 3,4446 |
| kerang 5 | 0,0030 | 0,2185 | 0,0149 | 1,7026 |
| kerang 6 | 0,0026 | 0,0646 | 0,0089 | 3,4553 |

| | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| kerang 7 | 0,0034 | 0,2464 | 0,0208 | 2,1137 |
|----------|--------|--------|--------|--------|

Lampiran 10. Data Kadar Logam Cr pada kerang di Pengasinan Ikan dan Pelelangan Ikan

| Konsentrasi (ppm) | Absorbansi |
|-------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0128 |
| 0,4000 | 0,0251 |
| 0,6000 | 0,0357 |
| 1,0000 | 0,0574 |

absorbansi

mg/L

| Pengasinan Ikan | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| Kerang A | 0,0034 | 0,8456 | 0,0199 | 0,5881 |
| Kerang B | 0,0032 | 0,9518 | 0,0163 | 0,4275 |
| Kerang C | 0,0062 | 0,6522 | 0,0705 | 2,7033 |
| Kerang D | 0,0041 | 0,7774 | 0,0325 | 1,0467 |
| Kerang E | 0,0044 | 0,5735 | 0,0380 | 1,6554 |
| Kerang F | 0,0046 | 0,8084 | 0,0416 | 1,2862 |
| Kerang G | 0,0036 | 0,6085 | 0,0235 | 0,9658 |
| Kerang H | 0,0045 | 0,5743 | 0,0398 | 1,7318 |
| Kerang I | 0,0039 | 0,6028 | 0,0289 | 1,1999 |
| Kerang J | 0,0041 | 0,4525 | 0,0325 | 1,7983 |

| Pelelangan Ikan | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| Kerang I | 0,0031 | 0,9415 | 0,0145 | 0,3841 |
| Kerang II | 0,0039 | 1,2000 | 0,0380 | 0,7911 |
| Kerang III | 0,0040 | 1,2568 | 0,0289 | 0,5755 |
| Kerang IV | 0,0040 | 0,8691 | 0,0307 | 0,8843 |
| Kerang V | 0,0051 | 0,9694 | 0,0506 | 1,3058 |
| Kerang VI | 0,0063 | 1,0251 | 0,0723 | 1,7640 |

| | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| Kerang VII | 0,0050 | 1,3805 | 0,0488 | 0,8842 |
| Kerang VIII | 0,0075 | 1,3923 | 0,0940 | 1,6884 |

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|--------------------|------------|
| 0,2000 | 0,095 |
| 0,4000 | 0,1873 |
| 0,6000 | 0,2852 |
| 0,8000 | 0,376 |

| | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| Kerang IX | 0,0057 | 1,3460 | 0,0615 | 1,1420 |
| Kerang X | 0,0045 | 1,2006 | 0,0398 | 0,8284 |

Lampiran 11. Data Kadar Logam Cd pada Kerang di Peternakan Kerang Hijau Muara Kamal

absorbansi

mg/L

| Sampel | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|----------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| kerang 1 | 0,0049 | 0,1811 | 0,0089 | 1,2323 |
| kerang 2 | 0,0049 | 0,1657 | 0,0089 | 1,3468 |

| | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| kerang 3 | 0,0030 | 0,2525 | 0,0049 | 0,4840 |
| kerang 4 | 0,0033 | 0,1080 | 0,0055 | 1,2792 |
| kerang 5 | 0,0061 | 0,2185 | 0,0115 | 1,3132 |
| kerang 6 | 0,0014 | 0,0646 | 0,0015 | 0,5758 |
| kerang 7 | 0,0033 | 0,2464 | 0,0055 | 0,5607 |

Lampiran 12. Data Kadar Logam Cr pada kerang di Pengasinan Ikan dan Pelelangan Ikan

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|--------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0881 |
| 0,4000 | 0,1840 |
| 0,6000 | 0,2685 |
| 0,8000 | 0,3580 |

absorbansi

mg/L

| Pengasinan Ikan | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| Kerang A | 0,0055 | 0,8456 | 0,0098 | 0,2910 |
| Kerang B | 0,0063 | 0,9518 | 0,0116 | 0,3055 |
| Kerang C | 0,0042 | 0,6522 | 0,0069 | 0,2658 |
| Kerang D | 0,0045 | 0,7774 | 0,0076 | 0,2446 |
| Kerang E | 0,0082 | 0,5735 | 0,0159 | 0,6922 |
| Kerang F | 0,0072 | 0,8084 | 0,0136 | 0,4219 |
| Kerang G | 0,0031 | 0,6085 | 0,0045 | 0,1838 |
| Kerang H | 0,0057 | 0,5743 | 0,0103 | 0,4479 |
| Kerang I | 0,0067 | 0,6028 | 0,0125 | 0,5195 |
| Kerang J | 0,0050 | 0,4525 | 0,0087 | 0,4819 |

| Pevelangan Ikan | Absorbansi | Massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| Kerang I | 0,0045 | 0,9415 | 0,0076 | 0,2019 |
| Kerang II | 0,0042 | 1,2000 | 0,0069 | 0,1444 |
| Kerang III | 0,0039 | 1,2568 | 0,0063 | 0,1246 |
| Kerang IV | 0,0046 | 0,8691 | 0,0078 | 0,2252 |
| Kerang V | 0,0052 | 0,9694 | 0,0092 | 0,2365 |
| Kerang VI | 0,0067 | 1,0251 | 0,0125 | 0,3055 |
| Kerang VII | 0,0061 | 1,3805 | 0,0112 | 0,2025 |
| Kerang VIII | 0,0067 | 1,3923 | 0,0125 | 0,2249 |
| Kerang IX | 0,0085 | 1,3460 | 0,0166 | 0,3074 |
| Kerang X | 0,0117 | 1,2006 | 0,0237 | 0,4937 |

Lampiran 13. Data Kadar Logam Pb pada Air

| Konsentrasi | Absorbansi |
|-------------|------------|
| 0,2000 | 0,0039 |
| 0,4000 | 0,0075 |
| 0,6000 | 0,0111 |
| 0,8000 | 0,0145 |
| 1,0000 | 0,0178 |
| 3,0000 | 0,0548 |
| 5,0000 | 0,0860 |

absorbansi

mg/L

| Sampel | Absorbansi | kadar (mg/L) |
|---------|------------|--------------|
| Air 1.1 | 0,0034 | 0,1503 |

| | | |
|---------|--------|--------|
| Air 1.2 | 0,0036 | 0,1618 |
|---------|--------|--------|

Lampiran 14. Kadar Logam Ni pada Air

| Konsentrasi (ppm) | Absorbansi |
|-------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0152 |
| 0,4000 | 0,0282 |
| 0,6000 | 0,0412 |
| 0,8000 | 0,0536 |
| 1,0000 | 0,0664 |
| 3,0000 | 0,1990 |
| 5,0000 | 0,3303 |

absorbansi

Kurva Kalibrasi Ni

mg/L

| sampel | absorbansi | kadar (ppm) |
|--------|------------|-------------|
| 1.1 | 0,0034 | 0,0289 |
| 1.2 | 0,0039 | 0,0365 |
| 2.1 | 0,0027 | 0,0183 |
| 2.2 | 0,0027 | 0,0183 |

Lampiran 15. Data Kadar Logam Cd pada Air

| Konsentrasi (ppm) | Absorbansi |
|-------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0839 |
| 0,4000 | 0,1553 |
| 0,6000 | 0,2281 |
| 1,0000 | 0,4046 |

absorbansi

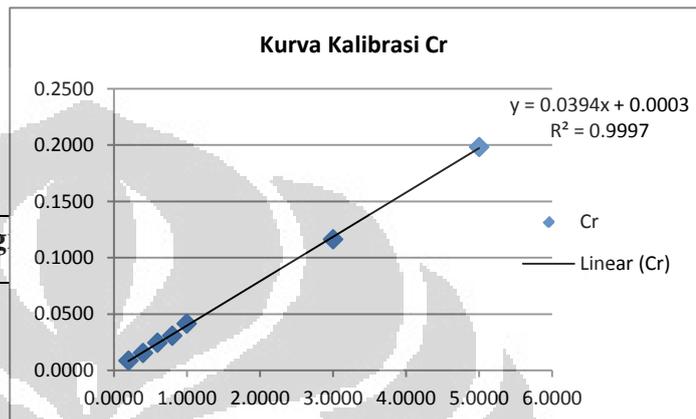
mg/L

| Sampel | Absorbansi | Konsentrasi (mg/L) |
|---------|------------|--------------------|
| Air 1.1 | 0,0008 | 0,01019 |
| Air 1.2 | 0,0007 | 0,00994 |

| | | |
|---------|---------|---------|
| Air 2.1 | 0,0017 | 0,01243 |
| Air 2.2 | 0,00018 | 0,01268 |

Lampiran 16. Kadar Logam Cr pada Air

| Konsentrasi (ppm) | Absorbansi |
|-------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0086 |
| 0,4000 | 0,0154 |
| 0,6000 | 0,0244 |



| Sampel | Absorbansi | massa (g) |
|--------|------------|-----------|
|--------|------------|-----------|

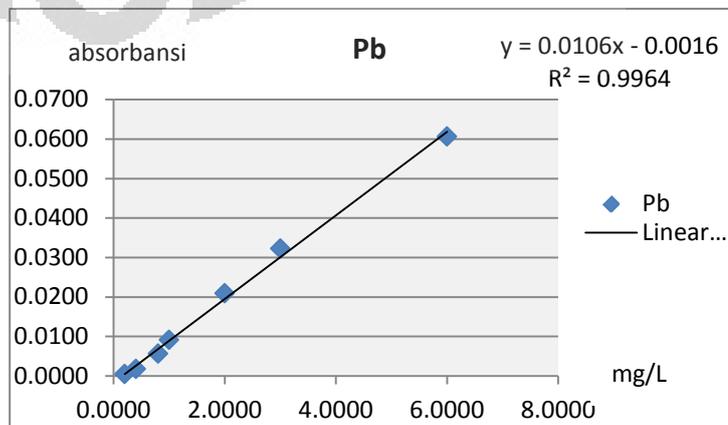
| | |
|--------|--------|
| 0,8000 | 0,0308 |
| 1,0000 | 0,0414 |
| 3,0000 | 0,1165 |
| 5,0000 | 0,1982 |

mg/L

| Sampel | Absorbansi | Konsentrasi (mg/L) |
|---------|------------|--------------------|
| Air 1.1 | 0,0013 | 0,0254 |
| Air 1.2 | 0,001 | 0,0178 |
| Air 2.1 | 0,0011 | 0,0203 |
| Air 2.2 | 0,0013 | 0,0254 |

Lampiran 17. Data Kadar Logam Pb pada Sedimen

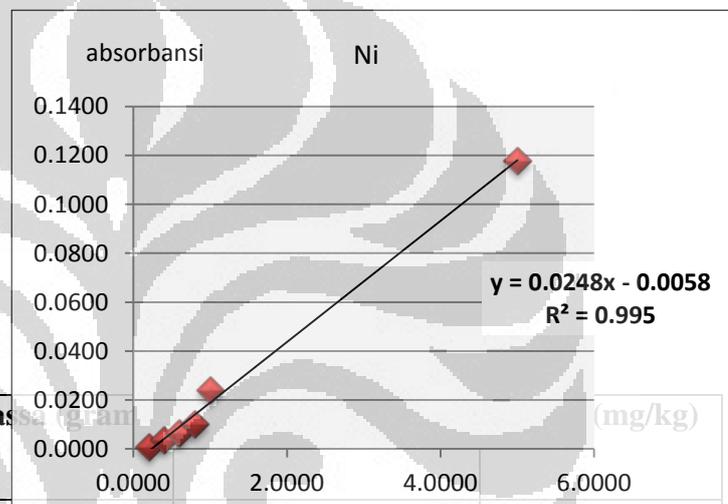
| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|--------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0004 |
| 0,4000 | 0,0017 |
| 0,8000 | 0,0056 |
| 1,0000 | 0,0091 |
| 2,0000 | 0,0209 |
| 3,0000 | 0,0322 |
| 6,0000 | 0,0606 |



| | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|---------|
| destruksi 1.1 | 0,0064 | 1,0005 | 0,7358 | 36,7741 |
| destruksi 1.2 | 0,0065 | 1,0006 | 0,7453 | 37,2418 |
| destruksi 2.1 | 0,0081 | 1,0008 | 0,8962 | 44,7755 |
| destruksi 2.2 | 0,0084 | 1,0002 | 0,9245 | 46,2172 |

Lampiran 18. Data Kadar Logam Ni pada Sedimen

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|--------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0009 |
| 0,4000 | 0,0037 |
| 0,6000 | 0,0065 |
| 0,8000 | 0,0102 |
| 1,0000 | 0,0241 |



| Sampel | Absorbansi | mas | (mg/kg) |
|-----------------|------------|--------|---------|
| fraksi pH 3 1.1 | 0,0043 | 1,0003 | 0,5566 |
| fraksi pH 3 1.2 | 0,0039 | 1,0007 | 0,5189 |
| fraksi pH 3 2.1 | 0,0058 | 1,0003 | 0,6981 |
| fraksi pH 3 2.2 | 0,0075 | 1,0000 | 0,8585 |
| fraksi pH 5 1.1 | 0,0009 | 1,0006 | 0,2358 |
| fraksi pH 5 1.2 | 0,0010 | 1,0007 | 0,2453 |
| fraksi pH 5 2.1 | 0,0023 | 1,0003 | 0,3679 |
| fraksi pH 5 2.2 | 0,0027 | 1,0007 | 0,4057 |
| fraksi pH 7 1.1 | 0,0023 | 1,0006 | 0,3679 |
| fraksi pH 7 1.2 | 0,0010 | 1,0006 | 0,2453 |
| fraksi pH 7 2.1 | 0,0031 | 1,0004 | 0,4434 |
| fraksi pH 7 2.2 | 0,0027 | 1,0003 | 0,4057 |
| 5,0000 | 0,1179 | | |

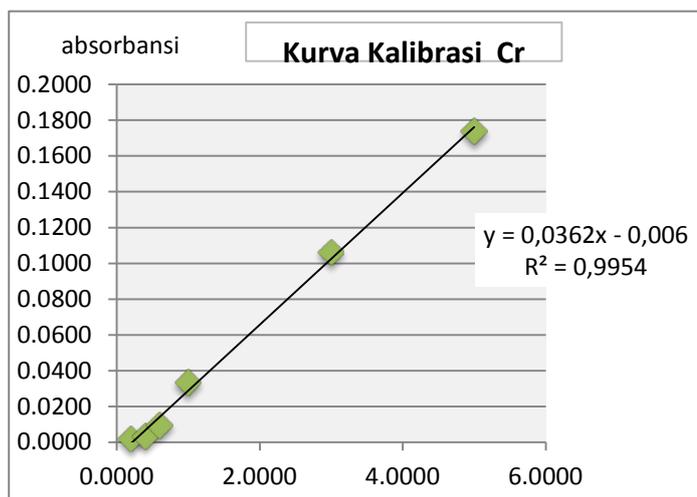
mg/L

| Sampel | Absorbansi | massa (gram) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/kg) |
|---------------|------------|--------------|--------------------|---------------|
| destruksi 1.1 | 0,0029 | 1,0005 | 0,3508 | 17,5316 |
| destruksi 1.2 | 0,0021 | 1,0006 | 0,3185 | 15,9179 |
| destruksi 2.1 | 0,0021 | 1,0008 | 0,3185 | 15,9147 |
| destruksi 2.2 | 0,0039 | 1,0002 | 0,3911 | 19,5525 |

| Sampel | Absorbansi | massa (gram) | konsentrasi (mg/L) | kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|--------------|--------------------|---------------|
| fraksi pH 3 1.1 | 0,0061 | 1,0005 | 0,4798 | 11,9900 |
| fraksi pH 3 1.2 | 0,0058 | 1,0007 | 0,4677 | 11,6854 |
| fraksi pH 3 2.1 | 0,0065 | 1,0001 | 0,4960 | 12,3980 |
| fraksi pH 3 2.2 | 0,0055 | 1,0002 | 0,4556 | 11,3889 |
| fraksi pH 5 1.1 | 0,0106 | 1,0007 | 0,3468 | 8,6633 |
| fraksi pH 5 1.2 | 0,0111 | 1,0008 | 0,3669 | 9,1661 |
| fraksi pH 5 2.1 | 0,0099 | 1,0008 | 0,3185 | 7,9573 |
| fraksi pH 5 2.2 | 0,0117 | 1,0005 | 0,3911 | 9,7733 |
| fraksi pH 7 1.1 | 0,0088 | 1,0009 | 0,5887 | 14,7045 |
| fraksi pH 7 1.2 | 0,0086 | 1,0006 | 0,5806 | 14,5074 |
| fraksi pH 7 2.1 | 0,0090 | 1,0003 | 0,5968 | 14,9149 |
| fraksi pH 7 2.2 | 0,0113 | 1,0004 | 0,6250 | 15,6188 |

Lampiran 19. Data Kadar Logam Cr pada Sedimen

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|--------------------|------------|
| 0,2000 | 0,0018 |
| 0,4000 | 0,0035 |
| 0,6000 | 0,0093 |
| 1,0000 | 0,0333 |
| 3,0000 | 0,1061 |
| 5,0000 | 0,1738 |



mg/L

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | massa (g) | konsentrasi (mg/L) | kadar (mg/kg) |
|--------------------|------------|-----------|--------------------|---------------|
| 0,2000 | 0,0018 | | | |
| 0,4000 | 0,0045 | 1,0005 | 0,6961 | 34,7892 |
| 1,0000 | 0,0110 | 1,0006 | 0,7293 | 36,4422 |
| 3,0000 | 0,0200 | 1,0008 | 0,6989 | 34,9168 |
| 5,0000 | 0,0236 | 1,0002 | 0,7983 | 39,9091 |
| 10,0000 | 1,8421 | | | |

| Sampel | Absorbansi | massa (gram) | konsentrasi (mg/L) | kadar (mg/kg) |
|-----------------|------------|--------------|--------------------|---------------|
| fraksi pH 3 5.1 | 0,0113 | 1,0003 | 0,4558 | 11,3916 |
| fraksi pH 3 5.2 | 0,0106 | 1,0007 | 0,4365 | 10,9040 |
| fraksi pH 3 6.1 | 0,0137 | 1,0003 | 0,5221 | 13,0486 |
| fraksi pH 3 6.2 | 0,0146 | 1,0000 | 0,5470 | 13,6740 |
| fraksi pH 5 5.1 | 0,0047 | 1,0006 | 0,2707 | 6,7639 |
| fraksi pH 5 5.2 | 0,0052 | 1,0007 | 0,2845 | 7,1083 |
| fraksi pH 7 6.1 | 0,0057 | 1,0003 | 0,2983 | 7,4563 |
| fraksi pH 7 6.2 | 0,0053 | 1,0007 | 0,2873 | 7,1773 |
| fraksi pH 7 5.1 | 0,0072 | 1,0006 | 0,3398 | 8,4894 |
| fraksi pH 7 5.2 | 0,0064 | 1,0006 | 0,3177 | 7,9372 |
| fraksi pH5 6.1 | 0,0080 | 1,0004 | 0,3619 | 9,0433 |
| fraksi pH5 6.2 | 0,0073 | 1,0003 | 0,3425 | 8,5610 |

Lampiran 20. Data Kadar Logam Cd pada Sedimen

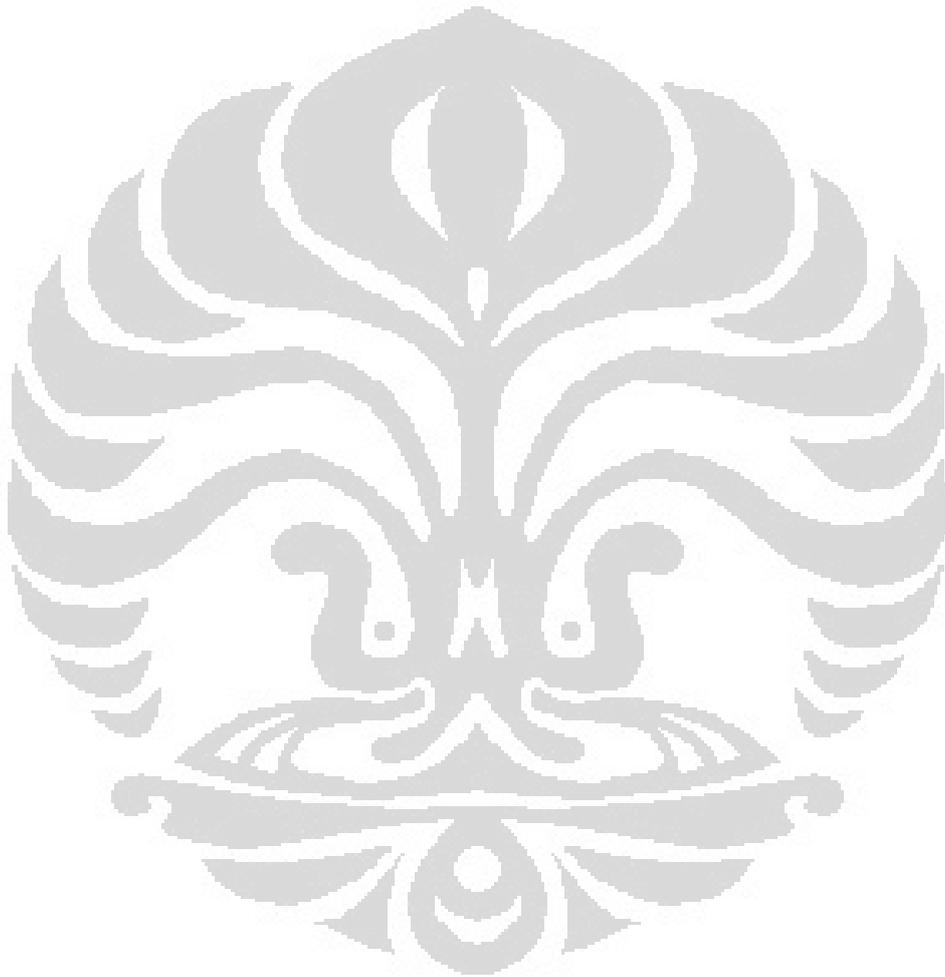
absorbansi

mg/L

| Sampel | Absorbansi | massa (gram) | konsentrasi (mg/L) | kadar (mg/kg) |
|---------------|-------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|
| destruksi 1.1 | 0,0074 | 1,0005 | 0,2200 | 10,9929 |
| destruksi 1.2 | 0,0061 | 1,0006 | 0,2130 | 10,6450 |
| destruksi 2.1 | 0,0070 | 1,0008 | 0,2178 | 10,8829 |
| destruksi 2.2 | 0,0065 | 1,0002 | 0,2152 | 10,7560 |

| Sampel | Absorbansi | massa (g) | Konsentrasi (mg/L) | Kadar (mg/Kg) |
|-----------------|-------------------|------------------|---------------------------|----------------------|
| fraksi pH 3 1.1 | 0,0037 | 1,0003 | 0,1985 | 4,9598 |
| fraksi pH 3 1.2 | 0,0040 | 1,0007 | 0,2018 | 5,0419 |
| fraksi pH 3 2.1 | 0,0040 | 1,0003 | 0,2018 | 5,0439 |
| fraksi pH 3 2.2 | 0,0044 | 1,0000 | 0,2040 | 5,0988 |
| fraksi pH 5 1.1 | 0,0029 | 1,0006 | 0,1959 | 4,8956 |
| fraksi pH 5 1.2 | 0,0031 | 1,0007 | 0,1970 | 4,9218 |
| fraksi pH 5 2.1 | 0,0035 | 1,0003 | 0,1991 | 4,9772 |
| fraksi pH 5 2.2 | 0,0031 | 1,0007 | 0,1970 | 4,9218 |
| fraksi pH 7 1.1 | 0,0027 | 1,0006 | 0,1949 | 4,8689 |
| fraksi pH 7 1.2 | 0,0019 | 1,0006 | 0,1906 | 4,7622 |
| fraksi pH 7 2.1 | 0,0023 | 1,0004 | 0,1927 | 4,8165 |
| fraksi pH 7 2.2 | 0,0022 | 1,0003 | 0,1922 | 4,8037 |

Lampiran 21. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 :
Pengelolaan kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air



| | | | | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|---|
| Besi | mg/L | 0,3 | (-) | (-) | (-) | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L |
| Timbal | mg/L | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 1 | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L |
| Mangan | mg/L | 0,1 | (-) | (-) | (-) | |
| Air Raksa | mg/L | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,005 | |
| Seng | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 2 | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L |
| Khlorida | mg/l | 600 | (-) | (-) | (-) | |
| Sianida | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 | (-) | |
| Fluorida | mg/L | 0,5 | 1,5 | 1,5 | (-) | |
| Nitrit sebagai N | mg/L | 0,06 | 0,06 | 0,06 | (-) | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ _N ≤ 1 mg/L |
| Sulfat | mg/L | 400 | (-) | (-) | (-) | |
| Khlorin bebas | mg/L | 0,03 | 0,03 | 0,03 | (-) | Bagi ABAM tidak dipersyaratkan |
| Belereng sebagai H ₂ S | mg/L | 0,002 | 0,002 | 0,002 | (-) | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S <0,1 mg/L |

Bagian Ketiga Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air

Pasal 8

- (1) Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :
- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air bakti air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
 - b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan ,air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
 - c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut;
 - d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi,pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Lampiran 22. Sediment Quality Guideline (SQG)

