

**STUDI PENDAHULUAN BIOAKUMULASI DAN DEPURASI
PADA BIOTA KERANG HIJAU (*Perna viridis*) TERHADAP
CEMARAN LOGAM TOKSIK Pb**

WIRAYUDHA SUHENDRA

0305230548



**Program Ekstensi Kimia
Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia
Depok
2008**

**STUDI PENDAHULUAN BIOAKUMULASI DAN DEPURASI
PADA BIOTA KERANG HIJAU (*Perna viridis*) TERHADAP
CEMARAN LOGAM TOKSIK Pb**

**Skripsi diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains**

Oleh:

WIRAYUDHA SUHENDRA

0305230548



Depok

2008

SKRIPSI : STUDI PENDAHULUAN BIOAKUMULASI DAN
DEPURASI PADA BIOTA KERANG HIJAU
(*Perna viridis*) TERHADAP CEMARAN LOGAM TOKSIK
Pb

NAMA : WIRAYUDHA SUHENDRA

NPM : 0305230548

SKRIPSI INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI

DEPOK, JUNI 2008

DR. RER. NAT. BUDIAWAN

DRA. NOVERITA. D. T. M.SC

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

Tanggal lulus Ujian Sidang Sarjana:

Penguji I :

Penguji II :

Penguji III :

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“ Studi pendahuluan bioakumulasi dan depurasi pada biota kerang hijau (*Perna viridis*) terhadap cemaran logam toksik Pb “**.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu selama proses pelaksanaan tugas akhir hingga proses penyusunan skripsi. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Dr. Endang Saepudin, selaku ketua Program Ekstensi Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
2. Dr. rer.nat. Budiawan, selaku pembimbing I, atas petunjuk dan bimbingannya kepada penulis.
3. Dra. Noverita Dian Takarina, M.Sc, selaku pembimbing II atas petunjuk dan bimbingannya kepada penulis.
4. Drs. Sunardi. M.Si, selaku pembimbing akademik yang telah membantu menyelesaikan masa perkuliahan.
5. Orang tua yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang tiada henti-hentinya baik secara moril maupun materill.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Ekstensi Kimia beserta seluruh staff.
7. Puji, Yudha, Arpan, dan Rai dari Laboratorium Afliasi terima kasih atas saran, peminjaman, dan pemakaian AAS.

8. Teman-teman penelitian Ariana, Reza, Yoga, Wanti, Ade, Asri, Abdul, Mia, Widia, Demy, dll.
9. Teman-teman semasa kuliah Aboy,Ike, Ratna, Dyah, Febi, Ade Rizal, Albert, Yudi, dll.
10. Teman-teman di Ekstensi Kimia UI 2005 atas kebersamaannya.
11. Teman-teman di Kimia Terapan UI 2001.
12. Semua pihak yang tidak sempat disebutkan di atas, terima kasih atas semua bantuan dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat, khususnya bagi penulis juga bagi pembaca.

Depok, Juni 2008

Wirayudha Suhendra

ABSTRAK

Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan salah satu biota laut yang bersifat *filter feeder*, yaitu biota laut yang mengkonsumsi makanannya dengan cara menyaring partikel-partikel *planktonis* yang terdapat di dalam air. Partikel-partikel yang disaring ini dapat berupa zooplankton kecil, fitoplankton dan suspensi dari bahan-bahan organik yang melayang-layang di perairan, termasuk limbah logam berat seperti Pb yang terlarut dalam suatu perairan. Karena kerang hijau bersifat *filter feeder* digunakan perendaman separuh LC₅₀ Pb dengan variasi waktu perendaman yang bertujuan untuk mengetahui tingkat akumulasi logam Pb terhadap jaringan tubuhnya. Untuk upaya penurunannya digunakan metode depurasi dengan menggunakan asam cuka dengan variasi konsentrasi dan variasi lama perendaman serta digunakan air dengan suhu 25⁰ C dan 100⁰C dengan variasi lama perendaman. Hasil yang diperoleh dari akumulasi dengan menggunakan separuh nilai dari LC₅₀ Pb bahwa kerang hijau mampu mengakumulasi logam Pb secara maksimum pada waktu perendaman 1 minggu. Hasil depurasi logam Pb yang terbesar terdapat pada perendaman asam cuka 12,5% selama 3 jam dan depurasi logam Pb yang terbesar secara merata terdapat pada perendaman asam cuka 25%, sementara untuk % efektifitas depurasi terbesar terdapat pada penggunaan asam cuka 25% saat perendaman selama 3 jam.

Kata kunci : Akumulasi, Depurasi, Kerang Hijau, Logam Pb.

Viii + 48 hlm. ; gbr; lamp; tab

Bibliografi : 12 (1991- 2008)

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Metode Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kerang hijau.....	5
2.2 Bioakumulasi.....	6
2.3 Akumulasi logam berat pada tubuh kerang hijau	7
2.4 Depurasi.....	8
2.5 Cuka.....	9
2.6 Logam berat.....	9
2.7 Logam Pb	11
2.7.1 Sifat penyebaran dan penggunaan Pb.....	11
2.7.2 Keracunan logam Pb.....	13
2.7.3 Tingkat Logam Pb di dalam Tubuh Manusia	14

2.8 Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).....	18
BAB III BAHAN DAN CARA KERJA	20
3.1 Alat dan Bahan	20
3.1.1 Alat	20
3.1.2 Bahan	20
3.2 Metode Penelitian	20
3.3 Cara Kerja	21
3.3.1 Bioakumulasi.....	21
3.3.2 Depurasi kerang hijau dengan asam cuka, air (25 ⁰ C), dan air (100 ⁰ C).....	22
3.3.3 Pembuatan larutan standar Pb.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Bioakumulasi.....	23
4.2 Depurasi.....	25
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32

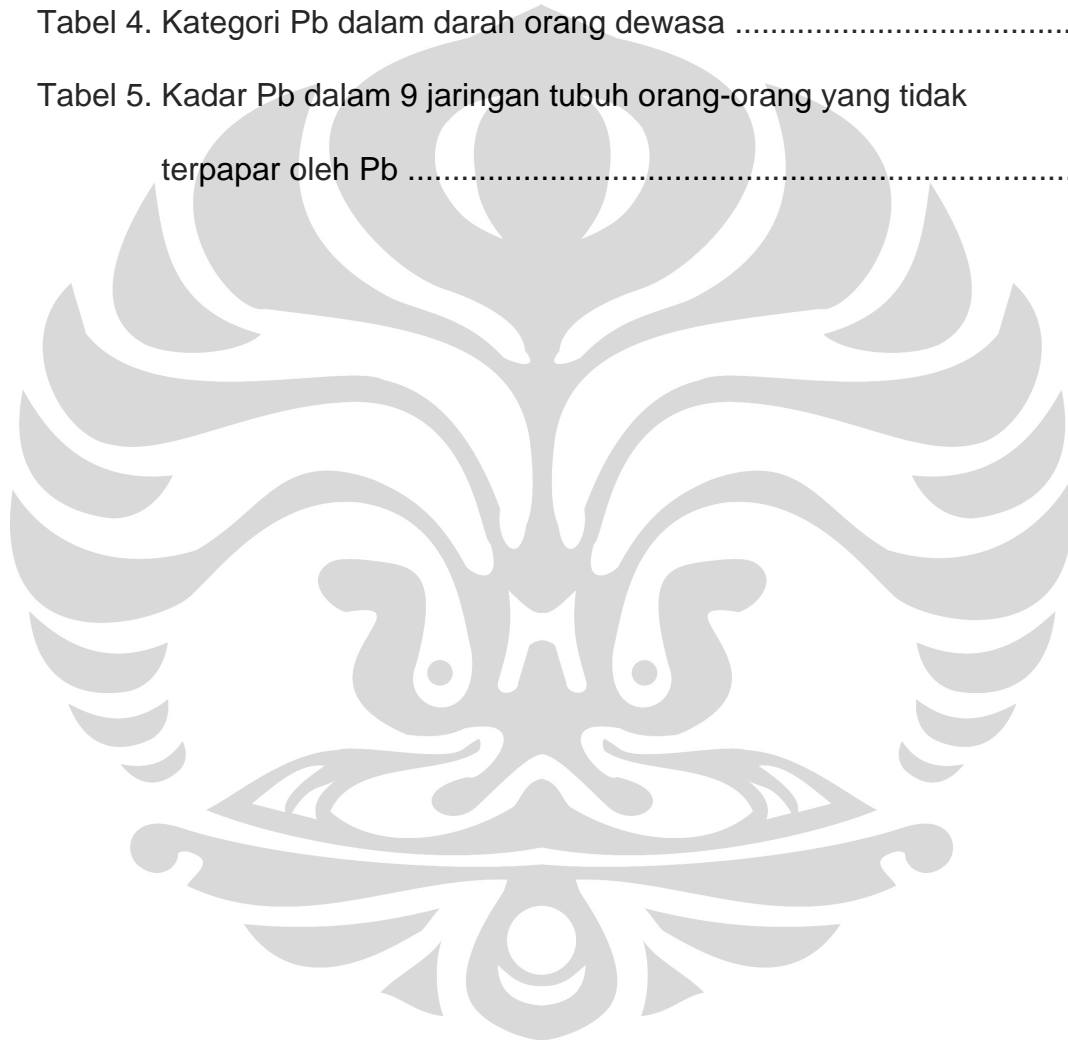
DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Grafik akumulasi hasil perendaman kerang hijau separuh nilai LC_{50} untuk Pb dengan variasi waktu perendaman	23
Gambar 2. Bentuk umum ikatan logam dengan sistein	25
Gambar 3. Penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka, air (25 ⁰ C) dan air (100 ⁰ C)	26
Gambar 4. Persentase penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka, air (25 ⁰ C), dan air (100 ⁰ C)	27
Gambar 5. Konsentrasi Pb dalam sisa perendaman asam cuka, air (25 ⁰ C), dan air (100 ⁰ C)	29
Gambar 6. % Efektifitas depurasi dengan asam cuka, air (25 ⁰ C), dan air (100 ⁰ C)	30

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sifat-sifat Fisik logam Pb	11
Tabel 2. Kegunaan persenyawaan Pb	12
Tabel 3. Berbagai kandungan Pb berdasarkan lingkungan geora.....	15
Tabel 4. Kategori Pb dalam darah orang dewasa	16
Tabel 5. Kadar Pb dalam 9 jaringan tubuh orang-orang yang tidak terpapar oleh Pb	17



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema kerja penelitian bioakumulasi kerang hijau.....	35
Lampiran 2. Skema kerja penelitian untuk depurasi kerang hijau.....	36
Lampiran 3. Kurva standar Pb untuk bioakumulasi	37
Lampiran 4. Data bioakumulasi terhadap variasi lama perendaman.....	38
Lampiran 5. Kurva standar Pb untuk asam cuka 25%.....	39
Lampiran 6. Data penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka 25%	40
Lampiran 7. Kurva standar Pb asam untuk asam cuka 12.5%.....	41
Lampiran 8. Data penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka 12.5%.....	42
Lampiran 9. Kurva standar Pb untuk asam cuka 5%.....	43
Lampiran 10. Data penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka 5%.....	44
Lampiran 11. Kurva standar Pb untuk air (25 ⁰ C).....	45
Lampiran 12. Data penurunan akumulasi logam Pb dengan air (25 ⁰ C).....	46
Lampiran 13. Kurva standar Pb untuk air (100 ⁰ C).....	47
Lampiran 14. Data penurunan akumulasi logam Pb dengan air (100 ⁰ C).....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang^{1,2}

Perkembangan pembangunan dan pertumbuhan penduduk di Indonesia ditandai dengan maraknya pemukiman di kota-kota besar, tumbuhnya kawasan industri, pertambangan, pengeboran minyak lepas pantai, dan transportasi laut. Aktifitas pembangunan tersebut membawa dampak yang sangat merugikan terhadap pesisir dan perairan laut, dalam bentuk pencemaran perairan, yang berpengaruh secara langsung dan tidak langsung terhadap kehidupan biota laut.

Kasus-kasus pencemaran pada biota telah mengakibatkan suatu kekhawatiran dalam masyarakat untuk mengkonsumsi makanan, khususnya makanan laut. Cepat atau lambat, pencemaran lingkungan akan mengakibatkan semakin tingginya residu substansi pencemar dalam jaringan tumbuhan dan hewan yang dibudidayakan. Dengan kata lain, semakin menurun kualitas lingkungan akibat pencemaran, maka biota laut yang dipelihara maupun yang hidup bebas liar di lingkungan itu akan mengalami penurunan pula, termasuk meningkatnya residu senyawa-senyawa pencemar.

Pada era globalisasi saat ini, keamanan pangan adalah persyaratan utama yang harus dipenuhi sebelum persyaratan lain dipertimbangkan. Aspek keamanan pangan dapat dilihat dari segi mikrobiologi, fisika, dan kimia. Kontaminasi logam berat merupakan salah satu aspek kimia yang harus

diwaspadai karena dapat mengancam kesehatan dan keamanan konsumen. Logam berat pada konsentrasi tinggi dapat menimbulkan toksisitas yang tinggi. Racun logam berat ini bersifat akumulatif dan dapat menyebabkan penyakit degeneratif pada manusia.

Kerang hijau merupakan salah satu komoditi perikanan yang sudah lama dikenal dan dewasa ini kerang jenis tersebut telah dibudidayakan. Teknik budidayanya mudah dikerjakan, tidak memerlukan modal yang besar, dan dapat dipanen setelah umur 6-7 bulan. Hasil panen kerang hijau per hektar dapat mencapai 200-300 ton kerang utuh atau sekitar 60-100 ton daging kerang.¹

Kandungan logam berat tertinggi ditemukan pada jenis kerang-kerangan, karena organisme ini merupakan organisme *invertebrata filter feeder* dan hidup menetap. Kandungan logam berat dalam daging organisme perairan biasanya lebih tinggi dari pada kandungan logam berat pada perairannya sendiri karena logam berat tersebut dapat terakumulasi di dalam dagingnya.²

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, maka perlu adanya suatu upaya untuk menurunkan kandungan logam berat pada daging kerang hijau, sehingga pengaruh negatif terhadap kesehatan masyarakat yang mengkonsumsinya dapat dicegah secara dini. Salah satu alternatif untuk menurunkan kandungan logam berat yang terakumulasi pada daging kerang hijau yaitu melalui metode depurasi.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat akumulasi Pb dalam jaringan tubuh kerang hijau.
2. Untuk mengetahui akumulasi maksimum Pb di dalam jaringan tubuh kerang hijau dalam perendaman larutan separuh dari nilai LC_{50} Pb kerang hijau dengan waktu variasi perendaman.
3. Untuk mengetahui upaya penurunan akumulasi maksimum Pb di dalam jaringan tubuh kerang hijau dengan perendaman asam cuka, air, dan air panas dengan variasi konsentrasi dan variasi waktu perendaman.
4. Untuk mengetahui efektifitas asam cuka, air, dan air panas dalam menurunkan akumulasi maksimum Pb dalam jaringan tubuh kerang hijau.

1.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dicoba digunakan kerang hijau sebagai tempat bioakumulasi logam berat Pb terhadap jaringan tubuhnya. Dengan menggunakan separuh dari nilai LC_{50} Pb kerang hijau, diharapkan dapat diketahui akumulasi maksimum logam Pb yang terdapat di dalam jaringan tubuh kerang hijau dengan variasi waktu perendaman. Selain itu dilakukan upaya untuk menurunkan kandungan logam berat Pb yang terdapat di dalam jaringan tubuh kerang hijau tersebut dengan metode depurasi. Untuk depurasi, digunakan asam cuka dengan variasi konsentrasi dan variasi waktu perendaman. Selain itu digunakan juga air ($25^{\circ}C$) dan air panas ($25^{\circ}C$)

dengan variasi waktu perendaman. Selanjutnya dilihat apakah ada perbedaan jumlah logam berat Pb yang terlepas atau tidak, dalam hal ini dapat diketahui persen perbandingan efektifitas perlakuan dengan memeriksakan kandungan logam Pb dengan pemeriksaan cairan depurasi dan pemeriksaan jaringan tubuh kerang hijau dengan pengukuran AAS.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerang Hijau^{3,4}

Kerang hijau merupakan salah satu jenis kerang dalam golongan binatang lunak (*Mollusca*), bercangkang dua (*Bivalvia*), insang berlapis-lapis (*Lamellabranch*), berkaki kapak (*Pelecypoda*), dan hidup di laut.

Klasifikasi kerang hijau secara taksonomi adalah sebagai berikut :

Filum : *Mollusca*

Klass : *Bivalvia*

Ordo : *Lamellabranchia* atau *Filibranchia*

Famili : *Mytilidae*

Genus : *Perna*

Spesies : *Perna viridis*

Kebiasaan hidup kerang hijau adalah dengan melekatkan dirinya secara tetap pada benda-benda keras yang ada di kolam air dan tetap melekat pada benda-benda tersebut. Mereka umumnya hidup menempel secara bergerombol pada dasar atau substrat keras seperti kayu, bambu, batu, tanggul-tanggul pelabuhan, karang, dan lumpur keras dengan bantuan *byssus* atau serabut menempel.

Kerang hijau sering disebut sebagai *highly specialized filter feeder* yang sering digunakan sebagai bioindikator pencemaran perairan karena organisme ini bersifat menetap, penyebaran luas, masih mampu hidup pada daerah

tercemar, dominan di laut dangkal, dan dapat mengakumulasi logam berat dari perairan. Makanan kerang hijau terdiri dari jasad-jasad renik, terutama fitoplankton dan partikel-partikel organik serta zooplankton.

2.2 Bioakumulasi³

Bahan cemaran yang masuk ke dalam lingkungan laut, akan mengalami tiga macam proses akumulasi yaitu proses fisika, kimia, dan biologis.

Akumulasi melalui proses biologis inilah yang disebut bioakumulasi. Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme laut dengan tiga cara yaitu melalui rantai makanan, insang, dan difusi melalui permukaan kulit. Sementara itu pengeluaran logam berat dari tubuh organisme laut melalui dua cara yaitu ekskresi melalui permukaan tubuh dan insang serta melalui isi perut dan urine.

Sebagian besar logam berat masuk ke dalam tubuh organisme laut melalui rantai makanan, hanya sedikit yang diambil langsung dari air. Fitoplankton yang merupakan awal dari rantai makanan akan dimangsa oleh zooplankton. Zooplankton dimangsa oleh ikan-ikan kecil dan selanjutnya ikan kecil dimangsa oleh ikan yang lebih besar sehingga pemangsa yang berukuran besar seperti ikan cucut pedang dan tuna akan mengandung kadar logam berat yang lebih tinggi akan tetapi kandungan logam berat yang tertinggi umumnya ditemukan pada invertebrata jenis *filter feeder*, seperti kerang-kerangan dan tiram. Manusia bisa menjadi pemangsa yang terakhir.

Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme cenderung terjadi karena logam tersebut cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-

zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme. Dengan demikian, logam berat akan terfiksasi dan tidak diekskresikan oleh organisme yang bersangkutan. Faktor konsentrasi (kemampuan organisme mengakumulasi logam berat) didefinisikan sebagai perbandingan antara kadar logam berat dalam tubuh organisme dan dalam airnya. Faktor konsentrasi ini bergantung pada jenis logam berat, jenis organisme, lama pemaparan, serta kondisi lingkungan perairan seperti pH, suhu, dan salinitas.

2.3 Akumulasi Logam berat pada tubuh kerang hijau^{5,6}

Proses akumulasi pada tubuh biota laut tersebut dapat terjadi karena logam berat yang masuk ke tubuh cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme seperti protein. Senyawa kompleks logam berat- protein ini akan membentuk senyawa yang dikenal dengan istilah metalotionein yang bersifat permanen dan memiliki waktu paruh yang cukup lama di dalam tubuh organisme, sehingga menyebabkan sifat toksik.

Proses akumulasi kadar logam berat di dalam tubuh kerang hijau tersebut dikenal dengan istilah biomagnifikasi. Proses biomagnifikasi merupakan kemampuan yang dimiliki oleh suatu jenis biota laut untuk meningkatkan secara berkali-kali lipat konsentrasi bahan pencemar, baik dalam bentuk logam berat ataupun persenyawaan kimia beracun lainnya, dalam lingkungan perairan tempat biota-biota tersebut hidup.

Ion logam secara alamiah terdapat dalam tubuh makhluk hidup hampir semuanya berikatan dengan protein yaitu metalloprotein dan metalloenzim.

Metalloenzim merupakan bagian dari metalloprotein yang mempunyai ikatan yang sangat kuat dan stabil karena ion logam menjadi bagian dari struktur protein. Metalloprotein adalah ikatan sistem metal protein yang ikatan ion logamnya sangat labil, sehingga laju pertukaran ion logam dengan kondisi lingkungannya sangat mudah dan juga memudahkan ion logam untuk bertukar dengan protein lain.

Hampir semua ion logam selalu berinteraksi dengan kompleks protein secara cepat. Hal ini disebabkan protein mempunyai ikatan gugus asam amino dan gugus karboksil yang merupakan gugus penting dalam mengikat ion logam. Semakin panjang rantai peptida protein, kemampuan senyawa tersebut untuk mengikat ion logam yang sama akan bertambah dengan cepat.

2.4 Depurasi ³

Depurasi adalah suatu proses pembersihan biota yang bertujuan untuk memperkecil cemaran mikroba, kotoran, logam berat, dan lain-lain.

Pemberlakuan sistem sanitasi kekerangan Indonesia dengan metode depurasi dimaksudkan untuk memberikan jaminan bahwa kekerangan Indonesia aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat dalam negeri maupun untuk tujuan ekspor.

Selain itu dengan adanya globalisasi dan liberalisasi ekonomi dan perdagangan membawa konsekuensi perlunya kesiapan Indonesia agar mampu bersaing di pasaran luar negeri, khususnya produk kekerangan agar bebas bahan pencemar.

2.5 Cuka^{7, 8, 9}

Cuka merupakan bahan bumbu masak yang dibuat dari bahan-bahan yang mengandung gula atau pati melalui fermentasi alkohol dan diikuti oleh fermentasi asetat. Larutan cuka biasa digunakan sebagai bumbu dan bahan pengawet dalam berbagai masakan.

Komponen utama yang terdapat dalam asam cuka adalah asam asetat. Asam asetat adalah cairan yang tidak berwarna dengan karakteristik bau yang tajam, rasanya asam, serta larut dalam air, alkohol, dan gliserol.

Asam asetat mempunyai rumus empiris $C_2H_4O_2$ dan rumus molekulnya CH_3COOH . Asam asetat mempunyai beberapa sifat antara lain :

- Merupakan cairan yang tidak berwarna.
- Mempunyai Massa Molar : 60,05 g/mol.
- Mempunyai titik lebur : $16,5^{\circ}C$.
- Mempunyai titik didih : $118,1^{\circ}C$.
- Dapat digunakan sebagai penambah rasa.

2.6 Logam berat^{5,6}

Logam berat adalah semua jenis logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 , sedangkan yang mempunyai berat jenis kurang dari 5 g/cm^3 dikenal sebagai logam ringan. Ada beberapa jenis logam berat yang digolongkan sebagai logam berat esensial misalnya tembaga, besi, seng, dan sebagainya. Unsur-unsur ini sangat dibutuhkan tubuh dalam jumlah yang terbatas, namun dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi, justru akan

menjadi toksik bagi tubuh. Logam berat mempunyai nomor atom antara 22 sampai 92, terletak dalam periode tiga sampai tujuh dalam susunan berkala kimia. Unsur-unsur yang termasuk dalam logam berat adalah besi, timah, kadmium, arsen, air raksa, kromium, tembaga, timbal, dan lain-lain.

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik jika dalam jumlah yang besar dan dapat mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan, baik aspek ekologis maupun aspek biologis. Logam-logam berat yang ada dalam badan perairan akan mengalami proses pengendapan dan terakumulasi dalam sedimen, kemudian terakumulasi dalam tubuh biota laut yang ada dalam perairan (termasuk kerang sebagai indikator) baik melalui insang maupun melalui rantai makanan dan akhirnya akan sampai pada manusia. Fenomena ini dikenal sebagai bioakumulasi dan biomagnifikasi.

Logam-logam berat umumnya memiliki daya racun yang mematikan terhadap organisme pada kondisi yang berbeda-beda. Secara sederhana, logam-logam berat ini mengakibatkan kematian terhadap beberapa jenis biota perairan. Keadaan ini akan terjadi bila konsentrasi kelarutan logam berat pada badan perairan tersebut cukup tinggi. Tingkat kelarutan tersebut dapat dikatakan tinggi bila jumlah logam berat yang terlarut dalam badan perairan melebihi jumlah kelarutan normalnya atau telah melebihi nilai ambang batas. Selain itu, dengan cara yang rumit dan sangat panjang, dalam jumlah yang sedikit logam berat juga dapat membunuh organisme hidup. Proses itu diawali dengan peristiwa penumpukan (akumulasi) logam berat dalam tubuh biota. Lama kelamaan, penumpukan yang terjadi pada organ target dari logam berat akan melebihi daya toleransi biotanya.

2.7 Logam Pb ⁵

Timbal, atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *Plumbum*, dengan simbol *Pb*. Logam ini termasuk dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia.

2.7.1 Sifat Penyebaran dan Penggunaan Pb ⁵

Timah hitam (timbal/ Pb) adalah suatu bahan padat lunak, berwarna abu-abu kebiruan, dan mempunyai sifat seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat-sifat fisik logam Pb

Nomor Atom	82
Berat Atom	207,21
Berat Jenis	11,3437
Specific gravity	11,34
Titik Cair	327,4 ⁰ C
Titik Didih pada tekanan atmosfer	1620 ⁰ C
Kode isotop	204, 206, 207, dan 208

Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah timbal yang terdapat di seluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002 % dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi.

Logam Pb juga memiliki beberapa sifat yang berguna seperti :

1. Titik lebur yang rendah.
2. Mudah didapat dan digunakan, serta murah biaya operasinya.
3. Lunak dan mudah dibentuk.
4. Sukar mengalami korosif.
5. Dapat membentuk logam campuran (alloy) yang lebih baik dari logam murninya, sehingga logam Pb dalam bentuk persenyawaannya dengan logam lain dapat digunakan untuk berbagai macam kegunaan, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kegunaan persenyawaan Pb

Jenis persenyawaan	Kegunaan
Pb + Sb	Kabel telepon
Pb + As + Sn + Bi	Kabel listrik
Pb + Ni	Senyawa Azida untuk bahan peledak
Pb + Cr + Mo + Cl	Untuk pewarnaan pada cat
Pb asetat	Pengkilapan keramik dan bahan anti api
Pb + Te	Pembangkit listrik tenaga panas
Tetrametil- Pb dan Tetra-etil Pb	Aditif untuk bahan bakar kendaraan bermotor

2.7.2 Keracunan Logam Pb ⁵

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya Pb ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan dan minuman, melalui udara, atau melalui perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit.

Bentuk-bentuk kimia dari senyawa-senyawa Pb merupakan faktor penting yang mempengaruhi tingkah laku Pb dalam tubuh manusia. Senyawa-senyawa Pb organik relatif lebih mudah untuk diserap tubuh melalui selaput lendir atau melalui selaput atau melalui lapisan kulit, bila dibandingkan dengan senyawa-senyawa Pb anorganik. Namun hal itu bukan berarti semua senyawa Pb dapat diserap oleh tubuh, melainkan hanya sekitar 5-10% dari jumlah Pb yang masuk melalui makanan dan atau sebesar 30% dari jumlah Pb yang terhirup yang akan diserap oleh tubuh. Dari jumlah yang terserap itu, hanya 15% yang akan mengendap pada jaringan tubuh dan sisanya akan turut terbuang bersama bahan sisa metabolisme seperti urine dan feses.

Sebagian besar Pb yang terhirup pada saat bernafas, akan masuk ke dalam pembuluh darah paru-paru. Tingkat penyerapan itu sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel senyawa Pb yang ada dan volume udara yang mampu dihirup pada saat peristiwa bernafas berlangsung. Makin kecil ukuran partikel debu serta makin besarnya volume udara yang mampu terhirup, akan semakin besar pula konsentrasi Pb yang diserap oleh tubuh. Logam Pb yang masuk ke paru-paru melalui peristiwa pernafasan akan diserap dan berikatan

dengan darah paru-paru untuk kemudian diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Lebih dari 90% logam Pb yang terserap oleh darah berikatan dengan sel-sel darah merah (eritrosit). Senyawa Pb yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman akan ikut dalam proses metabolisme tubuh. Namun demikian jumlah Pb yang masuk bersama makanan dan atau minuman ini masih mungkin ditolelir oleh lambung, karena asam lambung (HCl) dapat mengendapkan logam Pb.

Pada jaringan dan atau organ tubuh, logam Pb akan terakumulasi pada tulang, karena logam ini dalam bentuk ion (Pb^{2+}) yang mampu menggantikan keberadaan ion Ca^{2+} (kalsium) yang terdapat dalam jaringan tulang. Selain itu, pada wanita hamil, logam Pb dapat melewati plasenta dan kemudian akan ikut masuk dalam sistem peredaran darah janin dan selanjutnya setelah bayi lahir Pb akan dikeluarkan bersama air susu.

Senyawa Pb organik umumnya masuk ke dalam tubuh melalui jalur pernafasan dan atau penetrasi melewati kulit. Penyerapan lewat kulit ini dapat terjadi karena senyawa ini dapat larut dalam minyak dan lemak. Senyawa seperti tetra etil Pb, dapat menyebabkan keracunan akut pada sistem syaraf pusat, meskipun proses keracunan tersebut terjadi dalam waktu yang cukup panjang dengan kecepatan penyerapan yang kecil.

2.7.3 Tingkat Logam Pb di dalam Tubuh Manusia ⁵

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan di Amerika Serikat, didapatkan bahwa masuknya Pb sehari-hari ke dalam tubuh dan golongan pada tingkat keterpaparan normal adalah kisaran 330 mikro gram per hari,

dengan tingkatan variasi antara 100 mikro gram sampai dengan 2000 mikro gram.

Perbedaan kandungan Pb di dalam darah lebih disebabkan oleh faktor lingkungan dan geografis orang-orang itu berada. Hal itu bisa dilihat dari data suatu penelitian yang dilakukan di Amerika, seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Berbagai kandungan Pb berdasarkan lingkungan geografis

Kelompok Sampel	µg Pb/ 100 mL darah
Penduduk pinggiran kota yang perokok, <i>Philadelpia</i> .	11
Penduduk pinggiran kota yang perokok, <i>Philadelpia</i> .	15
Semua polisi, <i>Cincinnati</i> .	25
Pengawal bengkel service, <i>Cincinnati</i> .	28
Polisi lalu lintas, <i>Cincinnati</i> .	30
Pekerja terowongan, <i>Boston</i> .	30
Pekerja tempat parkir, <i>Cincinnati</i> .	34
Mekanik, <i>Cincinnati</i> .	38

Studi yang pernah dilakukan terhadap penduduk yang tinggal dekat jalan raya utama di kota California, menunjukkan bahwa rata-rata kadar Pb dalam darah sekitar 22,7 µg/ 100 mL pada laki-laki dan 16,7 µg/ 100 mL pada wanita. Jumlah tersebut lebih besar bila dibandingkan dengan kadar Pb pada penduduk yang tinggal jauh dari jalan raya, yaitu 16 µg/ 100 mL pada laki-laki dan 9,4 µg/ 100 mL pada wanita.

Pada manusia dewasa, jumlah kandungan atau konsentrasi Pb dalam darah tidak sama. Berdasarkan pada perbedaan-perbedaan tersebut, maka konsentrasi Pb dalam darah dapat digolongkan ke dalam 4 kategori seperti tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori Pb dalam darah orang dewasa

Kategori	Ug Pb/ 100 ml darah	Deskripsi
A (normal)	< 40	Tidak terkena paparan atau tingkat paparan normal.
B (dapat di toleransi)	40-80	Pertambahan penyerapan dari keadaan terpapar, tetapi masih bisa ditoleransi.
C (berlebih)	80-120	Kenaikan penyerapan dari keterpaparan yang banyak dan mulai memperlihatkan tanda-tanda keracunan.
D (tingkat bahaya)	> 120	Penyerapan mencapai tingkat bahaya dengan tanda-tanda keracunan ringan sampai berat.

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa bila manusia terpapar oleh Pb dalam batasan normal atau dalam batasan toleransi, maka daya racun yang dimiliki oleh Pb tidak akan bekerja dan tidak menimbulkan pengaruh

keracunan. Akan tetapi bila jumlah yang diserap telah mencapai batas ambang, maka individu yang terpapar akan memperlihatkan gejala keracunan Pb.

Tabel 5. Kadar Pb dalam 9 jaringan tubuh orang-orang yang tidak terpapar oleh Pb

Jaringan	mg Pb/ 100 g Jaringan Basah
Tulang	0,67-3,59
Hati	0,04-0,28
Paru-paru	0,03-0,09
Ginjal	0,05-0,16
Limpa	0,01-0,07
Jantung	0,04
Otak	0,01-0,09
Gigi	0,28-31,4
Rambut	0,007-1,17

Umur dan jenis kelamin ternyata juga turut mempengaruhi kandungan Pb di dalam jaringan tubuh seseorang. Semakin tua umur seseorang, akan semakin tinggi pula konsentrasi Pb yang terakumulasi pada jaringan tubuhnya. Jenis jaringan juga turut mempengaruhi kadar Pb yang terkandung, seperti di dalam jaringan otak, kadar Pb yang ada tidak sama dengan kadar Pb yang terdapat di dalam paru-paru ataupun ginjal.

2.8 Spektrofotometri Serapan Atom (AAS)^{10, 11}

Instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) banyak digunakan untuk menentukan konsentrasi ion logam yang rendah. Sampelnya biasa dalam bentuk cair, tanpa endapan atau suspensi. Larutan yang mengandung ion logam tersebut dimasukkan ke dalam nyala sebagai suatu aerosol, yaitu suatu kabut yang terdiri dari tetesan yang sangat halus. Ketika butiran-butiran larutan tersebut maju melewati nyala, pelarutnya menguap, dan dihasilkan bintik-bintik halus dari materi berupa partikel. Zat padat itu kemudian berdisosiasi, sekurangnya sebagian, untuk menghasilkan atom-atom logam. Warna larutan tidak berpengaruh pada metode ini.

Prinsip dasar analisis dengan metode spektroskopi serapan atom adalah atom yang dianalisis merupakan atom dalam keadaan dasar. Spektra serapan atom lebih sederhana dibandingkan spektra serapan molekul, karena keadaan energi elektronik tidak mempunyai subtingkat vibrasi-rotasi. Jadi, spektra serapan atom terdiri dari garis-garis yang jauh lebih tajam dari pada pita-pita yang diamati pada spektroskopi molekul. Spektroskopi serapan atom mempunyai respon yang lebih peka dari spektroskopi lainnya.

Jika suatu larutan yang mengandung suatu senyawa logam dialirkan dalam suatu nyala, maka akan terbentuk uap yang mengandung atom-atom logam itu. Beberapa atom logam dalam nyala dapat tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, yang memungkinkan pemancaran radiasi yang khas dari logam tersebut. Namun jumlahnya jauh lebih kecil dari atom dalam keadaan dasar. Logam umumnya tetap berada dalam keadaan tidak

terekstasi, atau dengan kata lain dalam keadaan dasar, ketika berada dalam nyala.

Pengukuran dalam spektrofotometri serapan atom berdasarkan radiasi yang diserap oleh atom yang tidak terekstasi dalam bentuk uap. Sebagian sinar yang ditransmisikan direkam sebagai perbandingan intensitas sinar yang diserap terhadap intensitas mula-mula. Banyaknya penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom dalam keadaan dasar yang berada dalam nyala. Nilai besar kuantitatif yang digunakan mengikuti hukum Lambert Beer, yaitu :

$$T = I_t/I_o$$

$$\log I_t/I_o = -a.b.C$$

$$\log T = -a.b.C \text{ atau } -\log T = a.b.C$$

$-\log T$ disebut juga absorbansi (A), jadi

$$-\log T = A = a.b.C$$

keterangan : A = absorbans.

C = konsentrasi.

T = % transmitran.

A dan b merupakan ketetapan sehingga absorbans (A) berbanding lurus dengan konsentrasi (C) logam yang akan dianalisis.

BAB III

BAHAN DAN CARA KERJA

3.1 ALAT DAN BAHAN

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan antara lain peralatan gelas yang biasa digunakan di laboratorium (labu ukur, pipet volume, beaker glass, dll), timbangan analitik, AAS, *hot plate*, dan oven.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan antara lain kerang hijau yang diperoleh hasil budidaya kerang hijau di Cilincing, asam cuka 25%; 12.5%; dan 5%, HNO₃ pekat, HClO₄ pekat, HNO₃ 0,1 N, Pb(NO₃)₂, dan aquades bebas ion.

3.2 METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan kerang hijau sebagai tempat akumulasi logam berat Pb terhadap jaringan tubuhnya. Dengan menggunakan separuh dari nilai LC₅₀ Pb kerang hijau, diharapkan dapat diketahui akumulasi maksimum logam Pb yang terdapat dalam jaringan tubuh kerang hijau dengan variasi waktu perendaman. Selain itu dilakukan upaya untuk menurunkan kandungan logam berat Pb yang terdapat di dalam jaringan tubuh kerang hijau tersebut dengan metode depurasi menggunakan asam cuka, air, dan air panas dengan variasi konsentrasi dan variasi waktu perendaman. Kemudian dicobakan pada cairan sisa perendaman yaitu dengan pemeriksaan cairan

asam cuka, air (100⁰C), dan air (25⁰C) untuk melihat apakah ada perbedaan jumlah logam berat Pb yang terlepas atau tidak. Dengan demikian dapat diketahui persen perbandingan efektifitas perlakuan dengan menganalisis kandungan logam Pb dengan pemeriksaan cairan depurasi dan pemeriksaan jaringan tubuh kerang hijau dengan pengukuran AAS.

3.3 CARA KERJA

3.3.1 Bioakumulasi

Kerang hijau yang diperoleh dari hasil budidaya kerang hijau Cilincing sebagian tidak direndam (digunakan sebagai kontrol) dan sebagian direndam dengan larutan separuh dari nilai LC₅₀ Pb kerang hijau yaitu sebesar 4,12 ppm¹² dengan variasi waktu perendaman yaitu 24 jam, 48 jam, 96 jam, 1 minggu, 2 minggu, dan 1 bulan. Masing-masing perendaman menggunakan 3 ekor kerang hijau. Kemudian setelah waktu perendaman selesai setiap ekor kerang hijau diperlakukan sebagai berikut :

Daging kerang hijau dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰ C. Daging kerang hijau yang sudah kering di timbang berdasarkan berat per kerangnya kemudian ditambahkan 5 mL HNO₃ pekat dan 2 mL HClO₄ pekat dalam *beaker glass* campuran tersebut dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 100⁰ C hingga larutan hampir kering kemudian dilarutkan dengan 10 mL HNO₃ 0,1 N dan diukur kandungan Pb dengan AAS.

3.3.2 Depurasi kerang hijau dengan asam cuka, air (25⁰ C), dan air (100⁰ C)

Daging kerang hijau di ambil dan direndam dengan asam cuka dengan variasi konsentrasi 25 %, 12,5 %, dan 5 % dan variasi waktu perendaman 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Daging dan cairan asam cuka setelah waktu perendaman selesai dipisahkan dan dilakukan pemeriksaan air cucian asam cuka bekas perendaman dengan AAS. Sementara sisa dagingnya di keringkan dalam oven pada suhu 105⁰ C. Selanjutnya berat daging kerang hijau yang sudah kering ditimbang berdasarkan berat per kerangnya dan ditambahkan 5 mL HNO₃ pekat dan 2 mL HClO₄ pekat di dalam *beaker glass* campuran dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 100⁰ C hingga larutan hampir kering, kemudian di larutkan dengan 10 mL HNO₃ 0,1 N dan di ukur kandungan Pb nya dengan AAS.

Hal yang sama dilakukan untuk depurasi daging kerang hijau dengan air (25⁰ C) dan air (100⁰ C).

3.3.3 Pembuatan larutan standar Pb

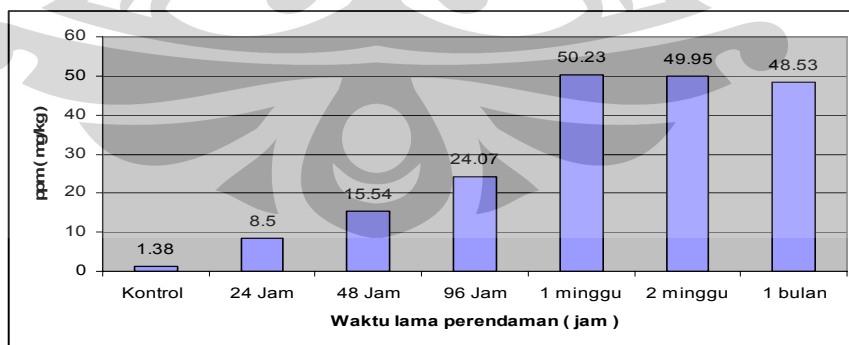
Larutan baku logam Pb dibuat dengan mengambil 10 mL larutan induk 1000 ppm ke dalam labu ukur 100 mL, lalu dilarutkan sampai tepat tanda batas sehingga diperoleh larutan baku dengan konsentrasi 100 ppm. Kemudian dari larutan baku 100 ppm dibuat deret standar dengan masing-masing konsentrasi 0,1 ppm, 0,5 ppm, 1,0 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm, dan 5 ppm.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Bioakumulasi

Untuk penelitian bioakumulasi digunakan sampel kerang hijau yang diharapkan mampu mengakumulasi logam Pb yang masuk ke dalam jaringan tubuhnya. Dalam uji bioakumulasi ini digunakan separuh nilai LC_{50} untuk Pb yaitu sebesar 4,12 ppm¹² dan diharapkan dengan variasi waktu perendaman diperoleh nilai akumulasi logam Pb secara maksimum dalam jaringan tubuh kerang hijau. Variasi waktu perendaman digunakan waktu 24 jam, 48 jam, 96 jam, 1 minggu, 2 minggu, dan 1 bulan. Digunakan juga kontrol (tanpa perlakuan) yang bertujuan untuk mengetahui apakah kerang hijau itu sudah mengandung logam Pb atau tidak serta untuk mengetahui perbedaan tingkat akumulasi sebelum dan setelah perlakuan. Hasil perendaman kerang hijau dalam separuh nilai LC_{50} untuk Pb dengan variasi waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik akumulasi hasil perendaman kerang hijau separuh nilai LC_{50} untuk Pb dengan variasi waktu perendaman.

Dari grafik di atas, terlihat bahwa kerang hijau yang digunakan sebagai kontrol (sebelum perlakuan) sudah mengandung logam Pb. Hal ini mungkin disebabkan dalam kerang hijau tersebut sudah terakumulasi logam Pb dari pencemaran lingkungan perairan, sedangkan setelah perlakuan pada waktu perendaman 24 jam hingga 96 jam tingkat akumulasi terus meningkat meskipun relatif tidak terlalu besar. Akumulasi logam Pb meningkat besar pada perendaman 96 jam ke perendaman 1 minggu, dan akumulasi maksimum terjadi pada waktu perendaman 1 minggu. Hal ini berarti jaringan tubuh kerang hijau sudah mengakumulasi logam Pb secara maksimum.

Proses akumulasi pada jaringan tubuh kerang hijau tersebut dapat terjadi karena logam Pb yang masuk ke dalam jaringan tubuh kerang hijau membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam jaringan tubuhnya seperti protein. Bentuk senyawa kompleks tersebut dinyatakan sebagai kompleks protonik ligan

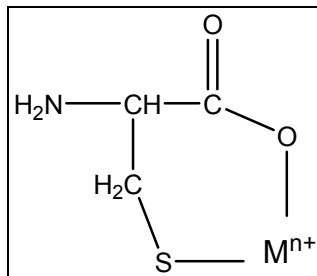


Dengan M^{++} = ion logam

HL = protein

L = ligan

Bentuk persamaan kesetimbangan tersebut ialah pengambilalihan proton dari ikatannya dalam konjugat dan terjadinya kompetisi ion logam membentuk kompleks logam protein. Secara alamiah ligan selalu melibatkan pelekatan ion logam dengan beberapa atom oksigen, nitrogen, dan keduanya. Contoh pelekatan ion logam pada sistein dapat di lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk umum ikatan logam dengan sistein

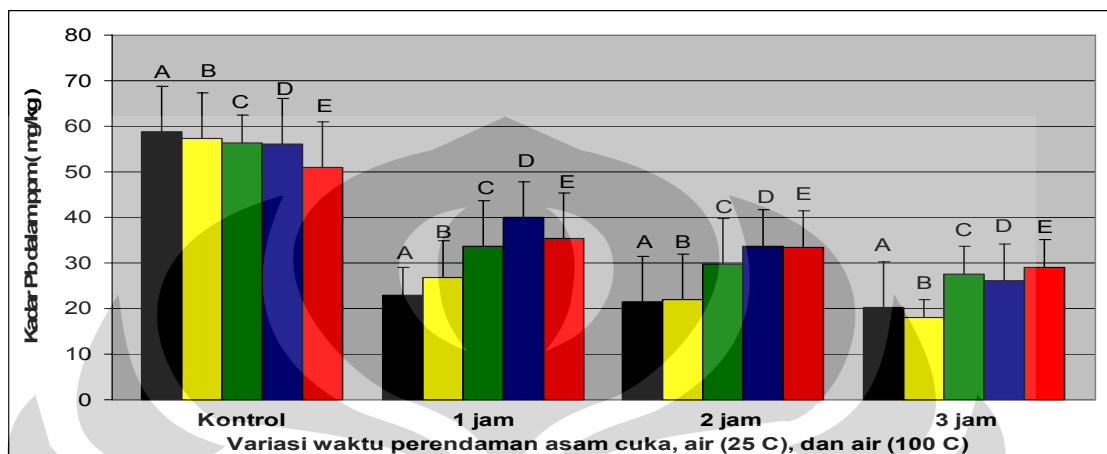
Hampir semua ion logam selalu berinteraksi dengan kompleks protein secara cepat, karena protein mempunyai gugus asam amino dan gugus karboksilat yang merupakan gugus penting dalam mengikat ion logam. Semakin panjang rantai peptida protein, kemampuan senyawa tersebut untuk mengikat ion logam yang sama akan bertambah dengan cepat. Asam amino dan polipeptida seperti sistein, glutamat, aspartat, lisin, dan histidin masing-masing merupakan donor sulfur, karboksilat, dan nitrogen yang mampu menyediakan tempat untuk mengikat ion logam⁵

4.2 Depurasi

Depurasi adalah salah satu upaya untuk menurunkan cemaran mikroba, kotoran, kandungan logam berat dan lain-lain³. Pada penelitian ini, untuk depurasi digunakan asam cuka dengan variasi konsentrasi dan waktu perendaman. Selain itu dilakukan pula depurasi dengan air dan air panas dengan variasi waktu perendaman.

Daging kerang hijau direndam dengan asam cuka 25 %; 12,5 %; dan 5 %; air (25⁰ C), dan air (100⁰ C) dengan variasi waktu perendaman 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Digunakan daging kerang hijau sebagai kontrol (tanpa perlakuan)

untuk mengetahui seberapa besar penurunan tingkat akumulasi logam Pb dalam jaringan tubuh kerang hijau sebelum dan sesudah perlakuan serta berapa besar pengaruh waktu perendamannya. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka, air (25⁰ C), dan air (100⁰ C).

Keterangan: A: asam cuka 25 %, B: asam cuka 12,5 %, C: asam cuka 5 %, D: air (25⁰ C), E: air (100⁰ C).

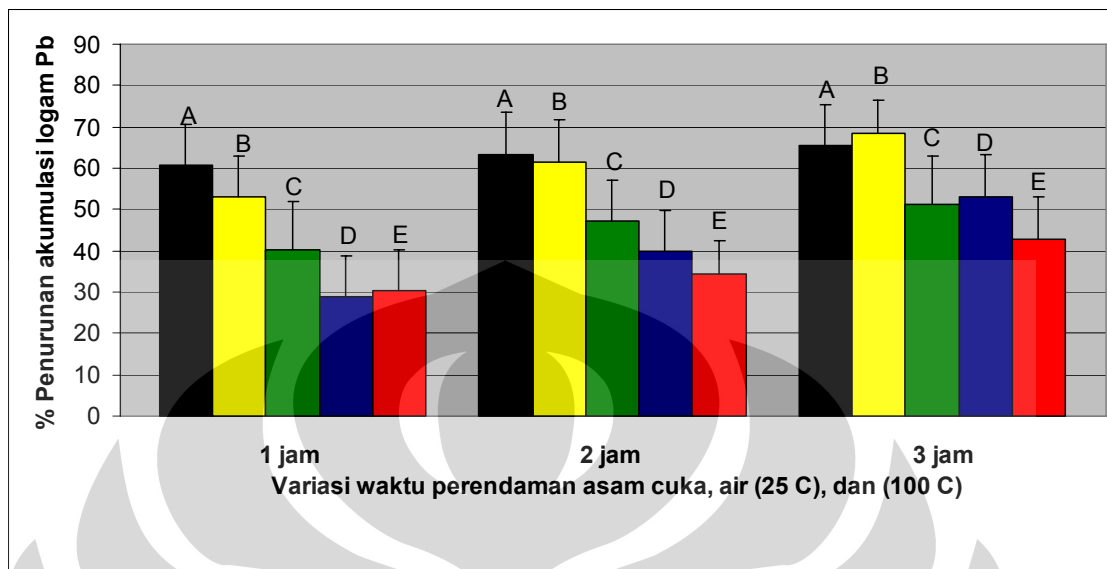
Dari gambar di atas terlihat adanya penurunan akumulasi terhadap variasi waktu perendaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil penurunan akumulasi logam Pb dengan variasi waktu perendaman 1 jam, 2 jam, dan 3 jam tidak jauh berbeda. Untuk mengetahui persentase penurunan akumulasi logam Pb digunakan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ Penurunan akumulasi logam Pb} = 100 - \frac{(A)}{(B)} \times 100\%$$

Keterangan : A : Akumulasi akhir logam Pb (mg/kg)

B : Akumulasi awal logam Pb (mg/kg)

Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Persentase penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka, air (25⁰ C), dan air (100⁰ C)

Keterangan: A: asam cuka 25 %, B: asam cuka 12,5 %, C: asam cuka 5 %, D: air (25⁰ C), E: air (100⁰ C).

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa persentase penurunan akumulasi logam Pb terhadap variasi waktu perendaman terjadi perbedaan pada masing-masing perendaman walaupun nilai penurunan akumulasi tidak terlalu jauh berbeda dan cenderung semakin lama waktu perendamannya semakin efektif menurunkan akumulasi logam Pb.

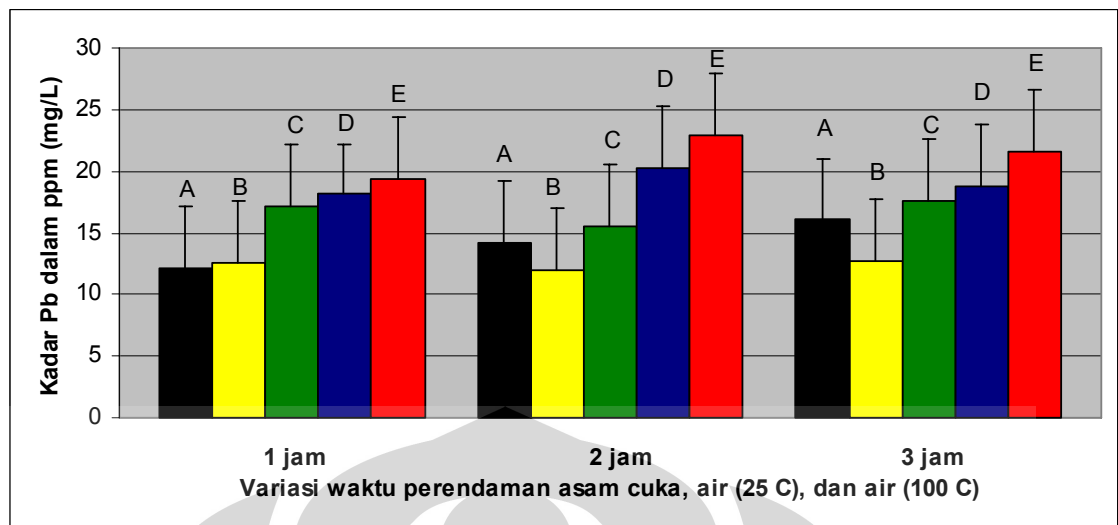
Penurunan akumulasi logam Pb yang disebabkan perlakuan dengan asam cuka dapat mengakibatkan terjadinya denaturasi protein, sehingga ikatan kompleks logam dengan protein yang bersifat tidak stabil akan terlepas. Hal ini disebabkan kekuatan ikatan logam dengan protein akan berkurang dalam suasana asam atau pH yang rendah. Kondisi tersebut mengakibatkan logam

yang terikat dengan protein terlepas dan keluar sehingga terjadi penurunan akumulasi logam Pb pada jaringan tubuh kerang hijau.

Selain pH yang rendah, denaturasi dapat terjadi karena pemanasan. Akibat denaturasi dengan pemanasan, ikatan kompleks protein yang tidak stabil dapat terputus, sehingga logam tersebut keluar dari jaringan tubuhnya.

Penurunan akumulasi Pb dengan perendaman air suhu 25⁰ C terjadi karena sifat air dalam hal ini aquades diduga mempunyai sifat pelarut, hal ini disebabkan jaringan tubuh kerang hijau menyerap air untuk menyeimbangkan konsentrasi dalam jaringan tubuh dengan konsentrasi lingkungannya. Ion logam akan terlepas dari dalam struktur protein kerang hijau dan ikut larut keluar bersama cairan jaringan tubuh kerang hijau untuk keseimbangan konsentrasi lingkungannya. Hal inilah yang menyebabkan akumulasi logam Pb turun. Secara alamiah laju pertukaran ion logam dengan lingkungannya sangat mudah, terutama ion logam yang berikatan antara metal atau logam Pb dengan protein (asam amino sistein), karena ikatan logam ini sangat labil.

Selain percobaan di atas, dilakukan juga pemeriksaan cairan asam cuka, air (25⁰ C), dan air (100⁰ C) sisa perendaman untuk mengetahui apakah ada logam yang terlepas atau tidak. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Konsentrasi Pb dalam sisa perendaman asam cuka, air (25⁰C), dan air (100⁰C)

Keterangan : A: asam cuka 25 %, B: asam cuka 12,5 %, C: asam cuka 5 %, D: air (25⁰ C), E: air (100⁰ C).

Dari gambar di atas terlihat ada peningkatan kandungan asam cuka, air (25⁰ C), dan air (100⁰ C) sisa perendaman terhadap variasi waktu perendaman 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

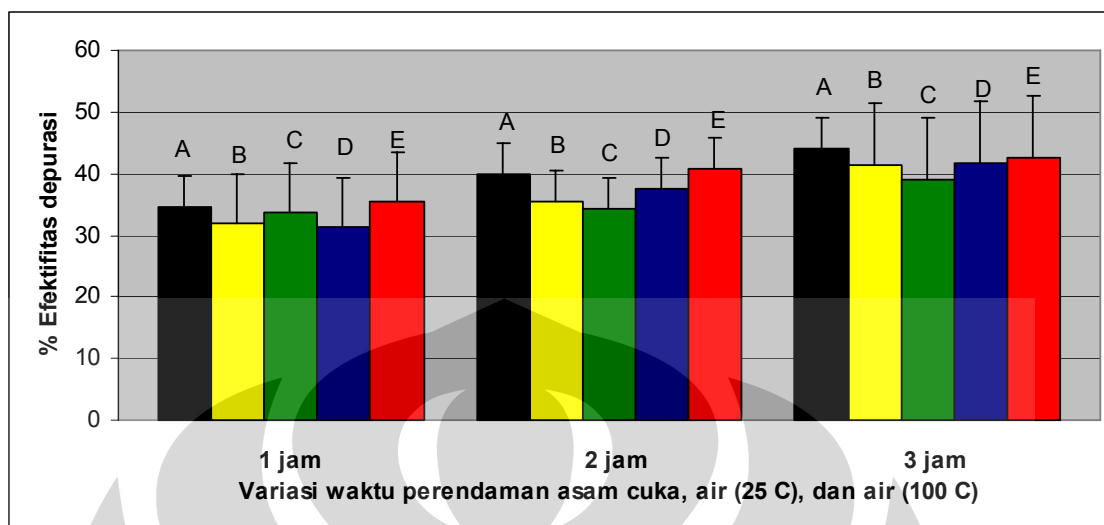
Untuk mengetahui seberapa besar persentase efektifitas asam cuka, air (25⁰ C), dan air (100⁰ C) terhadap penurunan akumulasi logam Pb di gunakan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ Efektifitas depurasi} = \frac{(A)}{(A) + (B)} \times 100 \%$$

Keterangan : A : Konsentrasi Pb dalam sisa cairan perendaman

B : Konsentrasi Pb dalam jaringan tubuh kerang hijau.

Hasil dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. % Efektifitas depurasi dengan asam cuka, air (25⁰ C), dan air (100⁰ C).

Keterangan: A: asam cuka 25 %, B: asam cuka 12,5 %, C: asam cuka 5 %, D: air (25⁰ C), E: air (100⁰ C).

Bertambahnya kandungan logam Pb di dalam larutan asam cuka sisa perendaman jaringan tubuh kerang hijau, disebabkan karena asam cuka merusak kekuatan ikatan antara logam dan protein di dalam jaringan tubuh kerang hijau, sehingga ikatan berkurang. Bahkan kemungkinan ikatan metalprotein yang labil akan terputus sehingga logam berikatan dengan asam menjadi Pb-asetat dan keluar dari jaringan tubuh kerang hijau tersebut pada saat perendaman. Kandungan logam Pb yang terakumulasi dalam jaringan tubuh kerang hijau tidak semuanya dapat dihilangkan. Hal ini kemungkinan disebabkan logam Pb tersebut terikat kuat dengan gugus sulfhidril dari asam

amino sistein yang tidak dapat diputus ikatannya, karena logam yang berikatan dengan gugus sulfhidril bersifat stabil.

Persenyawaan antara Pb dengan asetat setelah perlakuan perendaman diharapkan hilang terbawa air pada saat pencucian, sehingga tidak ada lagi senyawa Pb asetat yang tertinggal di dalam jaringan tubuh kerang hijau tersebut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Logam Pb dapat terakumulasi pada jaringan tubuh kerang hijau.
2. Depurasi logam Pb yang terbesar terdapat pada perendaman asam cuka 12,5% selama 3 jam dan efektifitas depurasi terbesar pada penggunaan asam cuka 25 % saat perendaman selama 3 jam selain itu waktu perendaman mempunyai kecenderungan untuk menurunkan akumulasi logam Pb.

5.2 Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap akumulasi logam berat lainnya misalnya Merkuri (Hg), Cadmium (Cd), dan Tembaga (Cu) dalam kerang hijau ataupun biota laut lainnya; memberikan perlakuan dengan perendaman dalam larutan asam lemah lain misalnya asam sitrat serta metode depurasi lainnya. Perlu juga diteliti penyebab pasti penurunan nilai bioakumulasi akibat proses depurasi.

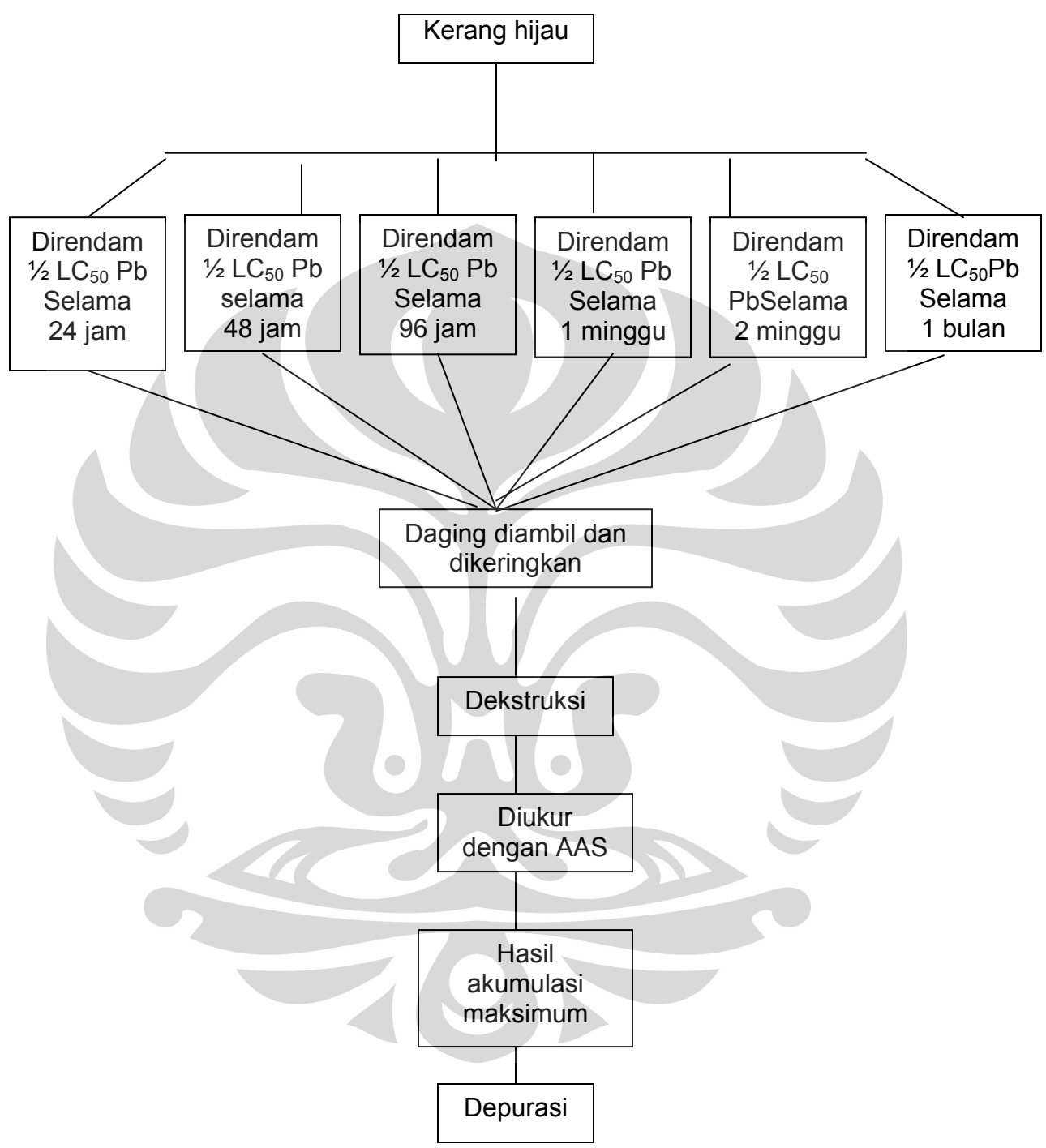
DAFTAR PUSTAKA

1. Porsepwandi, W. 1998. *Pengaruh pH larutan perendaman kandungan Hg dan mutu kerang hijau (Mytilus Viridis Linn)*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
2. Hutagalung, H.P. 1991. *Pencemaran laut oleh logam berat dalam beberapa perairan Indonesia*. Puslitbang Oceanologi LIPI. Jakarta.
3. Arif, Rahman. 2007. *Pengaruh Perlakuan Depurasi dan Analisis Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada Kerang hijau (Perna viridis) Hasil Budidaya di Perairan Teluk Jakarta*. Departemen Biologi. FMIPA. Universitas Indonesia. Depok.
4. Irsyad, Ulki. 2005. *Studi hubungan panjang tubuh kerang hijau (Perna viridis. L) dengan konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu dan Zn di perairan muara angke dan pantai festival Ancol, Teluk Jakarta*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Depok.
5. Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
6. Palar, Heryando. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
7. Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
8. Marlina, Leni. 1998. *Kandungan logam Hg, Pb, Cu, dan As pada cumi-cumi dan sotong yang didapatkan di Tempat Pelelangan Ikan Muara*

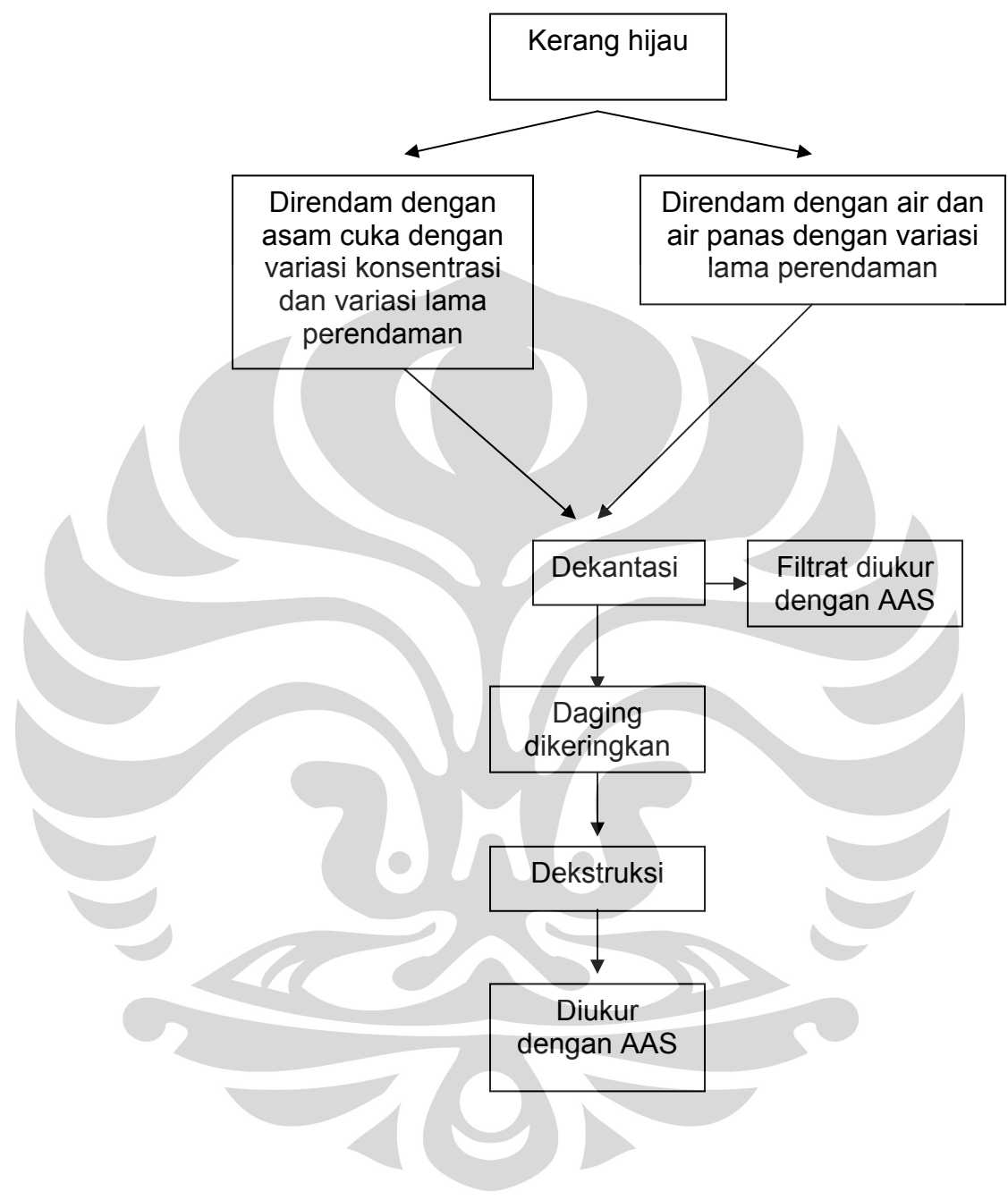
Angke dan Upaya Penurunannya. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.

9. Anonim, [http : //id. Wikipedia.org/wiki/ asam asetat](http://id.wikipedia.org/wiki/asam_asetat), 6 mei 2008. pkl 13.00
10. CD, Aryagoeng. 2005. *Analisis Kandungan Logam Berat (Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Ni) Terlarut dalam air Minum, Air Bersih, dan Air Buangan*. Departemen Kimia. FMIPA. Universitas Indonesia. Depok.
11. Sunardi. 2001. *Analisis Fotometri*. Departemen Kimia. Universitas Indonesia. Depok
12. C.K. Yap , A.Ismail, H.Omar and S.G.Tan. 2004. *Toxicities and tolerance of Cd, Cu, Pb and Zn in a primary producer (Isochrysis galbana) and in a primary consumer (Perna Viridis)*. University Putra Malaysia. Selangor. Malaysia.

Lampiran 1 : Skema kerja penelitian bioakumulasi kerang hijau

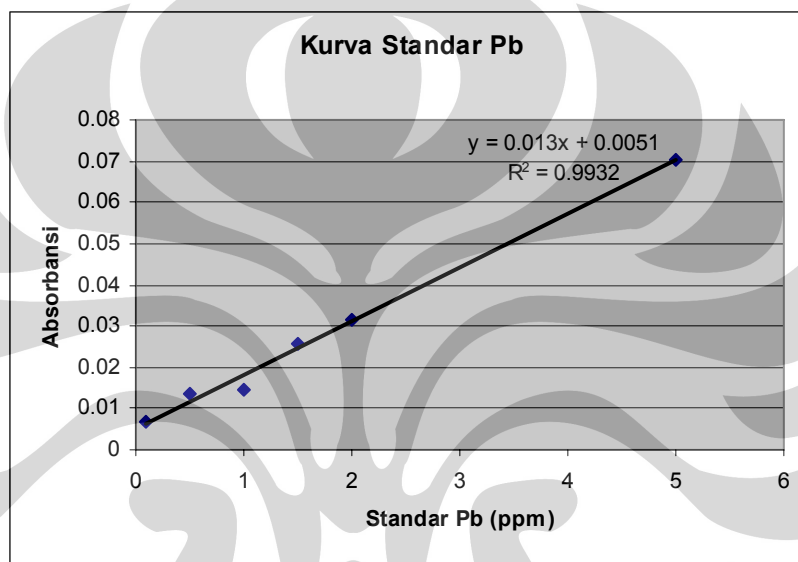


Lampiran 2 : Skema kerja penelitian untuk depurasi kerang hijau



Lampiran 3 : Kurva standar Pb untuk Bioakumulasi

X Std (ppm)	Abs		Y
	I	II	Rata2
0.1	0.007	0.007	0.007
0.5	0.014	0.013	0.0135
1	0.016	0.013	0.0145
1.5	0.027	0.024	0.0255
2	0.032	0.031	0.0315
5	0.07	0.071	0.0705

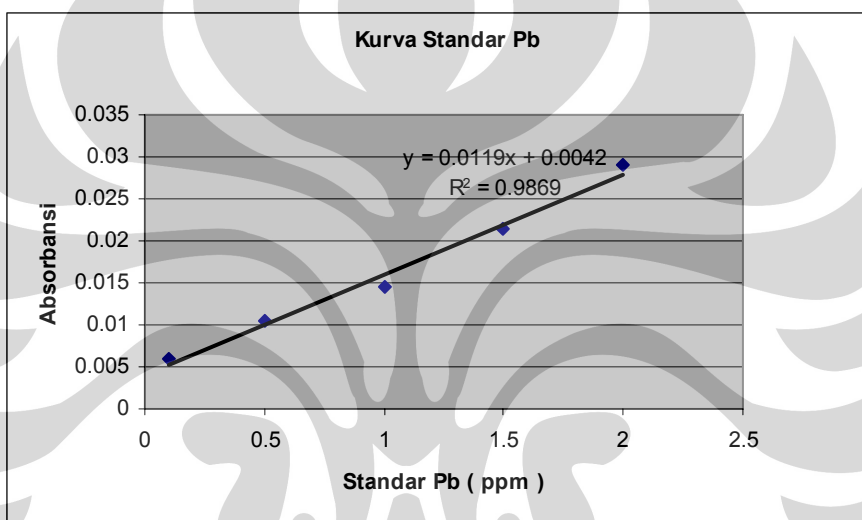


Lampiran 4: Data Bioakumulasi terhadap variasi lama perendaman

Bioakumulasi	Abs	Abs	Abs	ppm alat	volume	ppm smpl	rata-rata	keterangan
Sampel	Berat (gr)	I	II	Rata2	(mg/L)	(ml)	(mg/kg)	
K kontrol 1	0.509	0.006	0.007	0.0065	0.107692	10	2.115762	1.376558 K kontrol
K kontrol 2	0.4822	0.005	0.006	0.0055	0.030769	10	0.638101	
K kontrol 3	0.5032	0.006	0.006	0.006	0.069231	10	1.37581	
K 24 jam 1	0.2535	0.008	0.008	0.008	0.223077	10	8.799879	8.496553 K 24 jam
K 24 jam 2	0.5285	0.01	0.009	0.0095	0.338462	10	6.404192	
K 24 jam 3	0.703	0.013	0.016	0.0145	0.723077	10	10.28559	
K 48 jam 1	0.4506	0.017	0.013	0.015	0.761538	10	16.90054	15.54289 K 48 jam
K 48 jam 2	0.5582	0.014	0.014	0.014	0.684615	10	12.2647	
K 48 jam 3	0.4581	0.015	0.016	0.0155	0.8	10	17.46344	
K 96 jam 1	0.2738	0.016	0.014	0.015	0.761538	10	27.81368	24.06886 K 96 jam
K 96 jam 2	0.2648	0.012	0.013	0.0125	0.569231	10	21.49663	
K 96 jam 3	0.3662	0.015	0.017	0.016	0.838462	10	22.89627	
K 1 mgu 1	0.2601	0.02	0.022	0.021	1.223077	10	47.02333	50.23065 K 1mgu
K 1 mgu 2	0.2684	0.018	0.021	0.0195	1.107692	10	41.27021	
K 1 mgu 3	0.1467	0.016	0.018	0.017	0.915385	10	62.39841	
K 2 mgu 1	0.1543	0.016	0.017	0.0165	0.876923	10	56.83234	49.94803 K 2 mgu
K 2 mgu 2	0.2161	0.017	0.018	0.0175	0.953846	10	44.13911	
K 2 mgu 3	0.1873	0.017	0.017	0.017	0.915385	10	48.87264	
K 1 Bln 1	0.0942	0.011	0.011	0.011	0.453846	10	48.179	48.53352 K 1 bln
K 1 Bln 2	0.1044	0.013	0.012	0.0125	0.569231	10	54.52402	
K 1 Bln 3	0.0789	0.009	0.01	0.0095	0.338462	10	42.89753	
Blanko		tt	tt					

Lampiran 5: Kurva standar Pb untuk asam cuka 25%

Cuka 25 %	Abs	Abs	Abs rata2
X	I	II	Y
Std (ppm)			
0.1	0.006	0.006	0.006
0.5	0.01	0.011	0.0105
1	0.015	0.014	0.0145
1.5	0.021	0.022	0.0215
2	0.028	0.03	0.029
blanko	tt	tt	



Lampiran 6: Data penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka

25%

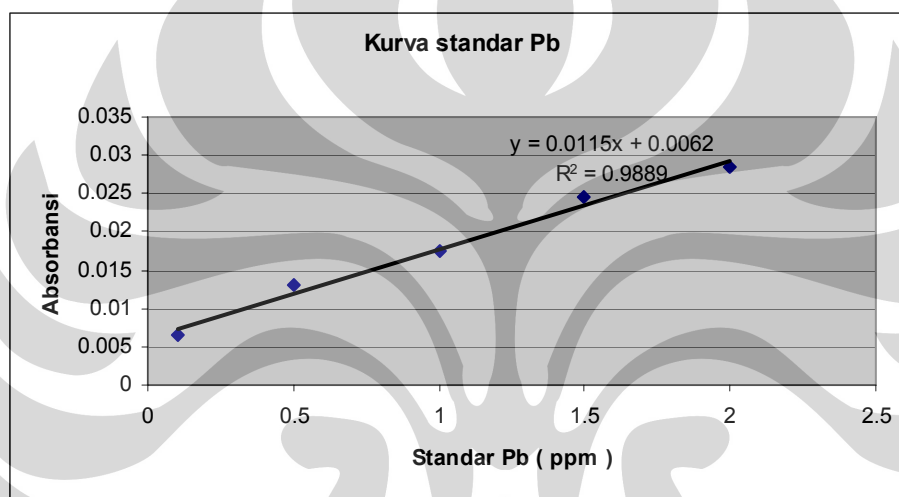
Kontrol									
kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	Keterangan
K 1 mgu 1	0.1511	0.015	0.014	0.0145	10	0.865546	57.28301	58.66429	Kontrol
K 1 mgu 2	0.1237	0.014	0.012	0.013	10	0.739496	59.78139		
K 1 mgu 3	0.1041	0.011	0.012	0.0115	10	0.613445	58.92847		
blanko		tt	tt						

Daging									
Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	volume (ml)			Rata2	
K 1 jam 1	0.0945	0.007	0.008	0.0075	10	0.277311	29.34507	23.04043	K 1 jam
K 1 jam 2	0.1027	0.007	0.007	0.007	10	0.235294	22.91082		
K 1 jam 3	0.1146	0.006	0.007	0.0065	10	0.193277	16.86538		
K 2 jam 1	0.0891	0.006	0.006	0.006	10	0.151261	16.97649	21.45052	K 2 jam
K 2 jam 2	0.0973	0.007	0.006	0.0065	10	0.193277	19.86406		
K 2 jam 3	0.1008	0.007	0.008	0.0075	10	0.277311	27.511		
K 3 jam 1	0.0923	0.006	0.007	0.0065	10	0.193277	20.94012	20.29234	K 3 jam
K 3 jam 2	0.0881	0.006	0.006	0.006	10	0.151261	17.16918		
K 3 jam 3	0.1218	0.008	0.007	0.0075	10	0.277311	22.76773		
blanko		tt	tt						

Cairan									
Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	
K 1 jam 1	0.0945	0.006	0.007	0.0065	10	0.193277	20.45263	12.17706	C K 1 jam
K 1 jam 2	0.1027	0.005	0.005	0.005	10	0.067227	6.545948		
K 1 jam 3	0.1146	0.006	0.005	0.0055	10	0.109244	9.532609		
K 2 jam 1	0.0891	0.005	0.006	0.0055	10	0.109244	12.2608	14.22088	C K 2 jam
K 2 jam 2	0.0973	0.005	0.006	0.0055	10	0.109244	11.22751		
K 2 jam 3	0.1008	0.006	0.007	0.0065	10	0.193277	19.17434		
K 3 jam 1	0.0923	0.006	0.006	0.006	10	0.151261	16.38792	16.03532	C K 3 jam
K 3 jam 2	0.0881	0.006	0.005	0.0055	10	0.109244	12.39997		
K 3 jam 3	0.1218	0.007	0.007	0.007	10	0.235294	19.31807		
blanko		tt	tt						

Lampiran 7: Kurva standar Pb untuk asam cuka 12.5%

Cka 12.5%	Abs	Abs	Abs rata2
X Std (ppm)	I	II	Y
0.1	0.006	0.007	0.0065
0.5	0.012	0.014	0.013
1	0.018	0.017	0.0175
1.5	0.024	0.025	0.0245
2	0.028	0.029	0.0285



Lampiran 8: Data penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka

12.5%

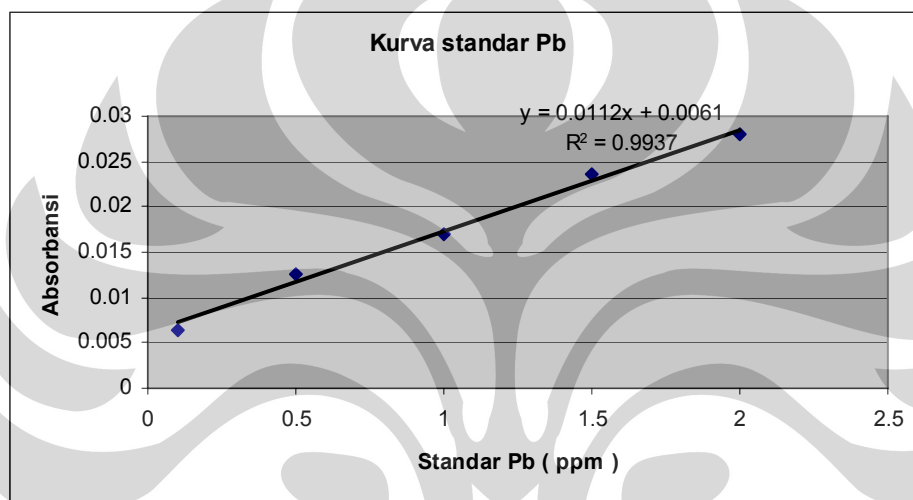
Kontrol Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	keterangan
K 1 mgu 1	0.1433	0.017	0.015	0.016	10	0.852174	59.46782	57.19712	Kontrol
K 1 mgu 2	0.1362	0.016	0.015	0.0155	10	0.808696	59.3756		
K 1 mgu 3	0.1121	0.014	0.012	0.013	10	0.591304	52.74793		
blanko		tt	tt						

Daging Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	keterangan
K 1 jam 1	0.1382	0.01	0.011	0.0105	10	0.373913	27.05594	26.89972	K 1 jam
K 1 jam 2	0.1157	0.01	0.01	0.01	10	0.330435	28.55962		
K 1 jam 3	0.1144	0.009	0.01	0.0095	10	0.286957	25.08361		
K 2 jam 1	0.1337	0.01	0.01	0.01	10	0.330435	24.71464	21.95639	K 2 jam
K 2 jam 2	0.1024	0.009	0.008	0.0085	10	0.2	19.53125		
K 2 jam 3	0.1126	0.009	0.009	0.009	10	0.243478	21.62329		
K 3 jam 1	0.1221	0.009	0.008	0.0085	10	0.2	16.38002	18.00359	K 3 jam
K 3 jam 2	0.1131	0.01	0.008	0.009	10	0.243478	21.5277		
K 3 jam 3	0.0972	0.008	0.008	0.008	10	0.156522	16.10306		
blanko		tt	tt						

Cairan Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	keterangan
K 1 jam 1	0.1382	0.008	0.009	0.0085	10	0.2	14.47178	12.62715	KC 1 jam
K 1 jam 2	0.1157	0.008	0.008	0.008	10	0.156522	13.52824		
K 1 jam 3	0.1144	0.007	0.008	0.0075	10	0.113043	9.881423		
K 2 jam 1	0.1337	0.008	0.009	0.0085	10	0.2	14.95886	12.01255	KC 2 jam
K 2 jam 2	0.1024	0.008	0.007	0.0075	10	0.113043	11.0394		
K 2 jam 3	0.1126	0.007	0.008	0.0075	10	0.113043	10.03939		
K 3 jam 1	0.1221	0.008	0.008	0.008	10	0.156522	12.81914	12.76279	KC 3 jam
K 3 jam 2	0.1131	0.008	0.008	0.008	10	0.156522	13.83923		
K 3 jam 3	0.0972	0.007	0.008	0.0075	10	0.113043	11.62999		
blanko		tt	tt						

Lampiran 9: Kurva standar Pb untuk asam cuka 5%

Cuka 5%	Abs	Abs	Abs rata2
X Std (ppm)	I	II	Y
0.1	0.006	0.007	0.0065
0.5	0.012	0.013	0.0125
1	0.017	0.017	0.017
1.5	0.023	0.024	0.0235
2	0.027	0.029	0.028



Lampiran 10: Data penurunan akumulasi logam Pb dengan asam cuka

5%

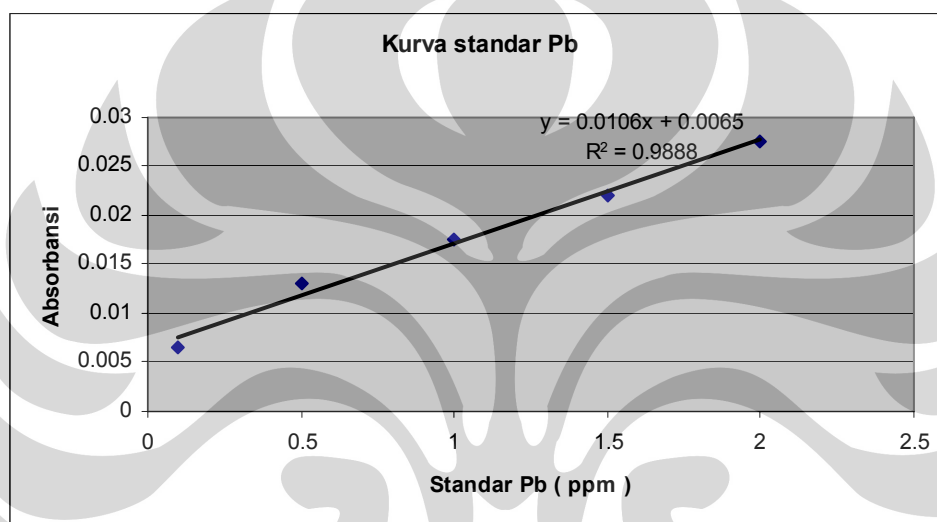
Kontrol Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	Keterangan
K 1 mgu 1	0.1536	0.016	0.017	0.0165	10	0.928571	60.45387	56.38521	Kontrol
K 1 mgu 2	0.1671	0.016	0.016	0.016	10	0.883929	52.89818		
K 1 mgu 3 blanko	0.1344	0.014 tt	0.015 tt	0.0145	10	0.75	55.80357		

Daging Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	Keterangan
K 1 jam 1	0.1231	0.01	0.011	0.0105	10	0.392857	31.91366	33.75759	K 1 jam
K 1 jam 2	0.1408	0.011	0.012	0.0115	10	0.482143	34.2431		
K 1 jam 3	0.1373	0.011	0.012	0.0115	10	0.482143	35.11601		
K 2 jam 1	0.1167	0.009	0.01	0.0095	10	0.303571	26.01298	29.74355	K 2 jam
K 2 jam 2	0.1098	0.01	0.01	0.01	10	0.348214	31.71351		
K 2 jam 3	0.1247	0.01	0.011	0.0105	10	0.392857	31.50418	27.5785	K 3 jam
K 3 jam 1	0.0987	0.009	0.009	0.009	10	0.258929	26.2339		
K 3 jam 2	0.1023	0.009	0.01	0.0095	10	0.303571	29.67463		
K 3 jam 3 blanko	0.1298	0.01 tt	0.01 tt	0.01	10	0.348214	26.82699		

Cairan Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	Keterangan
K 1 jam 1	0.1231	0.009	0.008	0.0085	10	0.214286	17.40745	17.16174	KC 1 jam
K 1 jam 2	0.1408	0.008	0.009	0.0085	10	0.214286	15.21916		
K 1 jam 3	0.1373	0.009	0.009	0.009	10	0.258929	18.8586		
K 2 jam 1	0.1167	0.006	0.008	0.007	10	0.080357	6.885788	15.56003	KC 2 jam
K 2 jam 2	0.1098	0.008	0.008	0.008	10	0.169643	15.45017		
K 2 jam 3	0.1247	0.009	0.01	0.0095	10	0.303571	24.34414		
K 3 jam 1	0.0987	0.008	0.008	0.008	10	0.169643	17.18773	17.59811	KC 3 jam
K 3 jam 2	0.1023	0.008	0.007	0.0075	10	0.125	12.21896		
K 3 jam 3 blanko	0.1298	0.009 tt	0.01 tt	0.0095	10	0.303571	23.38763		

Lampiran 11: Kurva standar Pb untuk air (25⁰ C)

Air (25 C)	Abs I	Abs II	Abs rata2 Y
X Std (ppm)			
0.1	0.006	0.007	0.0065
0.5	0.013	0.013	0.013
1	0.017	0.018	0.0175
1.5	0.022	0.022	0.022
2	0.027	0.028	0.0275
blanko	tt	tt	



Lampiran 12: Data penurunan akumulasi logam Pb dengan air (25⁰)

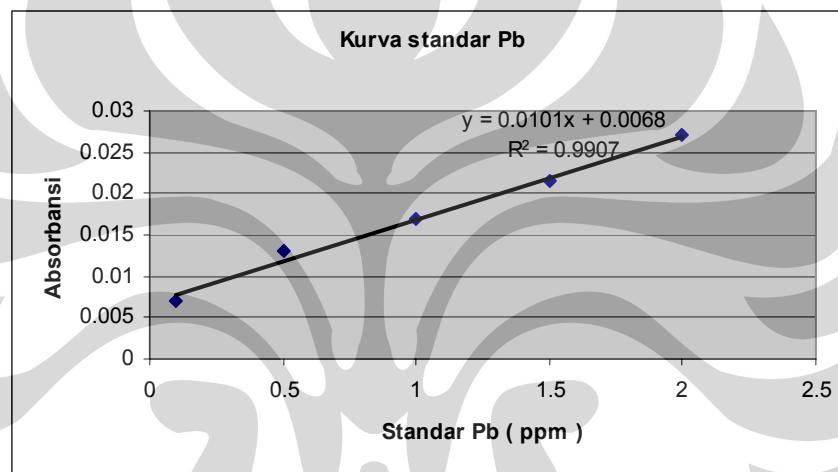
Kontrol Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	keterangan
1 mgu 1	0.1673	0.016	0.015	0.0155	10	0.849057	50.75054	56.01533	Kontrol
1 mgu 2	0.1421	0.015	0.015	0.015	10	0.801887	56.43116		
1 mgu 3	0.124	0.014	0.015	0.0145	10	0.754717	60.86427		
blanko		tt	tt						

Daging Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	keterangan
K 1 jam 1	0.1892	0.014	0.013	0.0135	10	0.660377	34.90367	39.90577	K 1 jam
K 1 jam 2	0.1437	0.011	0.013	0.012	10	0.518868	36.10772		
K 1 jam 3	0.1259	0.014	0.012	0.013	10	0.613208	48.70592		
K 2 jam 1	0.1623	0.012	0.013	0.0125	10	0.566038	34.87602	33.66085	K 2 jam
K 2 jam 2	0.1033	0.009	0.009	0.009	10	0.235849	22.83147		
K 2 jam 3	0.1417	0.013	0.013	0.013	10	0.613208	43.27506		
K 3 jam 1	0.1541	0.011	0.01	0.0105	10	0.377358	24.4879	26.20176	K 3 jam
K 3 jam 2	0.1268	0.01	0.01	0.01	10	0.330189	26.04012		
K 3 jam 3	0.1008	0.009	0.01	0.0095	10	0.283019	28.07727		
blanko		tt	tt						

Cairan Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	Volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	keterangan
K 1 jam 1	0.1892	0.009	0.01	0.0095	10	0.283019	14.95871	18.10502	KC 1 jam
K 1 jam 2	0.1437	0.008	0.009	0.0085	10	0.188679	13.13008		
K 1 jam 3	0.1259	0.01	0.01	0.01	10	0.330189	26.22627		
K 2 jam 1	0.1623	0.009	0.011	0.01	10	0.330189	20.34434	20.22468	KC 2 jam
K 2 jam 2	0.1033	0.007	0.009	0.008	10	0.141509	13.69888		
K 2 jam 3	0.1417	0.011	0.01	0.0105	10	0.377358	26.6308		
K 3 jam 1	0.1541	0.009	0.009	0.009	10	0.235849	15.30494	18.78107	KC 3 jam
K 3 jam 2	0.1268	0.009	0.01	0.0095	10	0.283019	22.3201		
K 3 jam 3	0.1008	0.008	0.009	0.0085	10	0.188679	18.71818		
blanko		tt	tt						

Lampiran 13: Kurva standar Pb untuk air (100° C)

Air panas (100 C)	Abs	Abs	Abs rata2
X Std (ppm)	I	II	Y
0.1	0.007	0.007	0.007
0.5	0.013	0.013	0.013
1	0.018	0.016	0.017
1.5	0.022	0.021	0.0215
2	0.026	0.028	0.027



Lampiran 14: Data penurunan akumulasi logam Pb dengan air (100⁰ C)

Kontrol Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	Keterangan
K 1 mgu 1	0.177	0.016	0.017	0.0165	10	0.960396	54.25966	50.8946	Kontrol
K 1 mgu 2	0.1723	0.015	0.015	0.015	10	0.811881	47.12021		
K 1 mgu 3	0.1486	0.014	0.015	0.0145	10	0.762376	51.30392		
Blanko		tt	tt						
Daging Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	Keterangan
K 1 jam 1	0.1823	0.013	0.014	0.0135	10	0.663366	36.38872	35.43214	K 1 jam
K 1 jam 2	0.1656	0.012	0.013	0.0125	10	0.564356	34.07949		
K 1 jam 3	0.1437	0.012	0.012	0.012	10	0.514851	35.82822		
K 2 jam 1	0.1319	0.011	0.012	0.0115	10	0.465347	35.28025	33.36661	K 2 jam
K 2 jam 2	0.1123	0.011	0.01	0.0105	10	0.366337	32.62125		
K 2 jam 3	0.0984	0.01	0.01	0.01	10	0.316832	32.19834		
K 3 jam 1	0.1024	0.01	0.009	0.0095	10	0.267327	26.10613	29.04037	K 3 jam
K 3 jam 2	0.0834	0.01	0.01	0.01	10	0.316832	37.98941		
K 3 jam 3	0.0731	0.008	0.009	0.0085	10	0.168317	23.02556		
Blanko		tt	tt						
Cairan Kode smpl	Berat (gr)	Abs I	Abs II	Abs rata2	volume (ml)	ppm alat (mg/l)	ppm smpl (mg/kg)	Rata2	Keterangan
K 1 jam 1	0.1823	0.01	0.011	0.0105	10	0.366337	20.09526	19.42877	C K 1 jam
K 1 jam 2	0.1656	0.009	0.01	0.0095	10	0.267327	16.14292		
K 1 jam 3	0.1437	0.01	0.01	0.01	10	0.316832	22.04813		
K 2 jam 1	0.1319	0.011	0.01	0.0105	10	0.366337	27.77382	22.89463	C K 2 jam
K 2 jam 2	0.1123	0.009	0.01	0.0095	10	0.267327	23.8047		
K 2 jam 3	0.0984	0.009	0.008	0.0085	10	0.168317	17.10537		
K 3 jam 1	0.1024	0.009	0.008	0.0085	10	0.168317	16.43719	21.58136	C K 3 jam
K 3 jam 2	0.0834	0.009	0.01	0.0095	10	0.267327	32.05357		
K 3 jam 3	0.0731	0.008	0.008	0.008	10	0.118812	16.25334		
Blanko		tt	tt						