

PROFIL KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) DAN TEMBAGA
(Cu) DALAM DAGING KUPANG BERAS
(*Tellina versicolor*)

(Studi Kasus Pada Kupang Beras yang dipasarkan di Kraton, Pasuruan)

SKRIPSI



Perpustakaan
UNIVERSITAS JEMBER

Diajukan guna memenuhi syarat menyelesaikan program S-1 pada Jurusan
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Asal : *Matiah*
~~Pembelajaran~~
Terima : Tgl. 3 JAN 2003
No. Induk :

Klass
546
SAR
9

Oleh

Ananto Dracetyo Ary Sartika

981810301044

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER

2002

MOTTO:

“ Sesungguhnya orang-orang yang beriman itu hanyalah mereka yang beriman kepada Allah dan Rasul-Nya, kemudian mereka tidak ragu-ragu, dan berjihad dengan harta dan jiwanya pada Allah. Mereka itulah yang tergolong orang-orang yang benar “

[QS. Al-Hujurat : 15]

“Orang yang tidak ragu tidak pernah meneliti. Orang yang belum pernah meneliti tidak pernah akan tahu sebenarnya. Dan orang yang tidak pernah tahu yang sebenarnya akan tetap buta dan sesat”.

[Al-Ghazali]

Karya Ilmiah ini Aku persembahkan Untuk:

- ✿ Yang paling memiliki aku, Allah SWT atas nikmat, hidayah serta petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya
- ✿ Rasul-Nya, Muhammad SAW, yang dengan cinta dan akhlaknya telah membimbing umat ini menuju kebahagiaan hakiki
- ✿ Keluargaku, bapak, ibu atas segala doa dan kasih sayangnya, serta adikku (Gigis) terima kasih kasih atas pengertiannya, serta keluarga yang lain, terima kasih atas segala suportnya selama ini
- ✿ Teman-teman seperjuanganku (Jimmy, Haris dan Neni Novita), semua teman angkatan '98, dan teman kost (Fredy, Dandy, Heru) terima kasih atas kebaikan serta pengertiannya
- ✿ Almamater, tempat aku menuntut ilmu.
- ✿ Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

DEKLARASI

Skripsi ini hasil kerja/penelitian mulai bulan April 2002 sampai dengan Agustus 2002 di laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, November 2002

Ananto Prasetyo Ary Sartika

ABSTRAK

Profil Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) dan Tembaga (Cu) dalam Daging Kupang Beras (*Tellina versicolor*) (studi kasus pada kupang beras yang dipasarkan di Kraton, Pasuruan), Ananto Prasetyo Ary Sartika, 981810301044, Skripsi, November 2002, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Profil Kandungan logam berat Merkuri (Hg) dan Tembaga (Cu) dalam daging Kupang Beras (*Tellina versicolor*) (studi kasus pada kupang beras yang dipasarkan di Kraton, Pasuruan). Penentuan logam berat Hg dan Cu dalam daging kupang beras telah dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom. Profil Kandungan logam Hg dan Cu menunjukkan fluktuasi kandungan logam berat tersebut dalam periode tertentu, yaitu dari bulan April sampai bulan Juni 2002, yang diamati setiap dua minggu sekali. Dalam penentuan logam Hg, sampel daging kupang yang belum dikeringkan didestruksi dengan asam nitrat pekat yang dipanaskan dalam labu alas bulat dengan kondensor pendingin, di atas mantel pemanas, pada suhu $90^{\circ} - 120^{\circ} \text{C}$. Kemudian diukur kandungan Hgnya dengan spektrofotometri Serapan Atom tanpa nyala. Adapun untuk Cu, daging kupang dikeringkan terlebih dahulu dalam oven, kemudian didestruksi dengan asam nitrat pekat yang dipanaskan diatas penangas air, kemudian ditentukan dengan spektrofotometer Serapan Atom dengan nyala udara - asetilene. Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa di dalam daging kupang beras tidak mengandung logam berat Hg dan kandungan logam berat Cu adalah 0,711 mg/kg, 0,607 mg/kg, 0,7870 mg/kg, 0,433 mg/kg, 0,95 mg/kg, dan 0,641 mg/kg. Dari hasil tersebut diketahui bahwa kandungan logam berat Cu dalam daging kupang tersebut berfluktuatif.


Kata kunci: Kupang beras, kadar logam berat Hg dan Cu, spektrofotometri serapan atom.

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari : Senin
Tanggal : 30 DEC 2002
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)



(Drs. Agus Abdul Gani, M.Si)
NIP. 131 412 918

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)



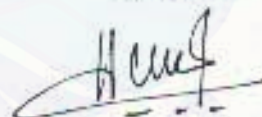
(Drs. Mukh. Murtadi, M.Sc)
NIP. 131 945 804

Anggota I



(Ir. Neran, M.Kes)
NIP. 131 512 900

Anggota II




(Asnawati, S.Si, M.Si)
NIP. 132 240 146

Mengesahkan



Dokter MIPA UNEJ


(Murtadi, MS)
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas skripsi ini. Tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar S-1 dari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Bapak Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember.
- 2) Ketua Jurusan Kimia, Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Organik beserta staf dan karyawan yang telah memberikan fasilitas baik tenaga, pikiran, tempat, bahan maupun alat sehingga tugas skripsi ini dapat diselesaikan.
- 3) Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang dengan sabar, membimbing, mengarahkan, serta memberikan dorongan kepada penulis dalam penyelesaian tugas skripsi ini.
- 4) Dosen Penguji yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
- 5) Segenap Dosen-dosen Fakultas MIPA umumnya dan dosen-dosen FMIPA Jurusan Kimia khususnya yang telah membimbing selama proses pencapaian gelar S-1 Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa dalam tulisan ini masih terdapat kekurangan dan dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Jember, November 2002

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN DEKLARASI	iv
HALAMAN ABSTRAK	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
HALAMAN PENGANTAR	viii
HALAMAN DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Definisi Operasional dan Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pencemaran Lingkungan.....	5
2.2. Interaksi Antara Organisme Perairan Laut dengan Logam Berat.....	8
2.3. Kupang.....	9
2.4. Logam Berat.....	10
2.4.1. Merkuri (Hg).....	11

2.4.2. Cuprum (Cu).....	12
2.5. Spektrofotometri Serapan Atom	14
2.6. Destruksi.....	16
2.6.1. Destruksi Basah (<i>Wet Ashing</i>).....	16
2.6.2. Destruksi Kering (<i>Dry Ashing</i>).....	17
2.7. Fenomena Pengambilan Kupang.....	17
III. METODE PENELITIAN	19
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2. Diagram Alur Penelitian.....	19
3.3. Alat dan Bahan	20
3.2.1. Alat-alat yang digunakan	20
3.3.2. Bahan-bahan yang digunakan	20
3.4. Metode Pengambilan Sampel.....	20
3.5. Pengelolaan Sampel.....	21
3.6. Pengukuran Kadar Air dalam Daging Kupang.....	21
3.7. Pengukuran Kadar Merkuri (Hg) dan Tembaga (Cu)	22
3.7.1. Pembuatan Larutan Standar	22
3.7.1.1. Pembuatan Larutan Standar Merkuri	22
3.7.1.2. Pembuatan Larutan Standar Tembaga	22
3.7.2. Pembuatan Larutan Sampel.....	23
3.7.2.1. Analisis Merkuri	23
3.7.2.2. Analisis Tembaga	23
3.7.3. Pengukuran	23
3.7.3.1. Pengukuran Konsentrasi Merkuri (Hg).....	23
3.7.3.2. Pengukuran Konsentrasi Tembaga (Cu)	24
3.8. Pembuatan Profil Kandungan Logam Berat Merkuri dan tembaga ..	24
3.9. Validasi Metode.....	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Hasil Pengukuran	26
4.1.1. Kadar Air dalam Daging Kupang	26
4.1.2. Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Daging Kupang	27
4.1.3. Kadar Logam Berat Tembaga (Cu) dalam Daging Kupang	27
4.1.4. Validasi Metode	33
4.2. Pembahasan	34
4.2.1. Analisis Kadar Air dalam Daging Kupang	34
4.2.2. Analisis Kadar Merkuri dalam Daging Kupang Beras	34
4.2.3. Analisis Kadar Tembaga dalam Daging Kupang beras	35
4.2.4. Manfaat Pengukuran Kadar Merkuri dan Tembaga dalam Daging Kupang Beras	37
4.2.5. Validasi Metode	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Logam Berat dalam Air Laut	7
Tabel 2. Jumlah Unsur yang Diizinkan Masuk Ke dalam Tubuh (ADI) setiap hari	14
Tabel 3. Kadar Air dalam Daging Kupang.....	26
Tabel 4. Absorban Larutan Standar Merkuri (Hg).....	27
Tabel 5. Absorban dan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) dari Larutan Sampel Kupang (20 gram/25 mL).....	29
Tabel 6. Absorban Larutan Standard Tembaga (Cu)	29
Tabel 7. Absorban dan Kadar Logam Berat Tembaga (Cu) (<i>Berat Kering dan Berat Basah</i>) dari Larutan Sampel Kupang (8 gram/50 mL)	31
Tabel 8. Kepresisian Pengukuran Logam Berat Tembaga (Cu).....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme masuknya zat pencemar ke dalam ekosistem laut.....	6
Gambar 2. Proses absorpsi dan akumulasi logam berat.....	9
Gambar 3. Proses atomisasi dan Serapan yang Terjadi pada Spektrofotometri Serapan atom.....	15
Gambar 4. Denah Lokasi Penangkapan Kupang di Pantai Pasuruan.....	18
Gambar 5. Kadar Air Rata-rata dalam Daging Kupang Pada Saat Pengambilan Sampel Kupang.....	27
Gambar 6. Kurva Larutan Standar Merkuri (Hg) pada $\lambda=253,7$	28
Gambar 7. Kurva Larutan Standar Tembaga (Cu) pada $\lambda=342,7$	30
Gambar 8. Profil Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) dalam Daging Kupang Beras (Berat Kering).....	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kadar Air dalam Daging Kupang	43
Lampiran 2. Data absorbansi larutan standar, larutan sampel dan kadar merkuri (Hg)	44
Lampiran 3. Data absorbansi larutan standar, larutan sampel dan kadar tembaga (Cu)	45
Lampiran 4. perhitungan Validasi Metode (presisi), mencakup Simpangan Baku (s), dan Koefisien Variasi (KV) dari kadar tembaga (Cu) dalam daging Kupang selama periode pengambilan sampel	46
Lampiran 5. Data Curah Hujan	48
Lampiran 6. Peta kecamatan Kraton	50



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Laut merupakan tempat bermuaranya berbagai saluran air termasuk sungai. Dengan demikian, laut akan menjadi tempat terkumpulnya zat-zat pencemar yang dibawa oleh aliran air. Banyak industri atau pabrik yang membuang limbah industrinya ke sungai tanpa penanganan atau mengolah limbah terlebih dahulu dan juga kegiatan rumah tangga yang membuang limbahnya ke sungai. Limbah-limbah berbahaya ini terbawa ke laut yang selanjutnya mencemari laut (Yanney, 1990)

Logam-logam yang mencemari perairan laut banyak jenisnya, diantaranya yang cukup banyak ditemukan adalah logam berat merkuri (Hg) dan tembaga (Cu). Pencemaran logam berat merkuri dan tembaga yang dihasilkan perusahaan industri, sekarang telah menyatu dengan air laut Jawa, sebelah timur kota Surabaya. Akibat dari pencemaran itu, ikan dan kerang dari laut tersebut tidak layak untuk dimakan (Daud SKM, 1996). Temuan tersebut diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Surabaya dimana kawasan Pantai Kenjeran pada September 1997 menunjukkan kandungan merkuri, tembaga dan timbal dalam tubuh ikan-ikan sudah melebihi ambang batas kesehatan untuk dikonsumsi. Pada juni 1999, penelitian terhadap sampel darah ibu-ibu hamil dan menyusui dan anak-anak berusia dibawah lima tahun(balita) di kawasan tersebut, didapatkan bahwa darah mereka mengandung logam berat lebih dari ambang batas kesehatannya. Sumber logam berat itu berasal dari ikan-ikan pantai Kenjeran yang mereka konsumsi (Dwiana, 2001).

Selain di kawasan pantai Kenjeran Surabaya, tidak menutup kemungkinan terjadi kontaminasi logam berat di pantai-pantai lain yang sungainya bermuara di Selat Madura. Pantai-pantai tersebut salah satunya adalah pantai Kraton Pasuruan.

Pantai Kraton Pasuruan merupakan salah satu lokasi penangkapan kupang cukup besar di Jawa Timur selain sungai Kepitingan Sidoarjo, pantai Kenjeran

Surabaya, dan pantai Bangil Pasuruan, Kupang merupakan salah satu hasil laut yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Ada dua jenis kupang yang biasa ditangkap oleh penangkap kupang, yaitu kupang putih / kupang beras (*Tellina versicolor*) dan kupang merah (*Corbula juba*). Jenis kupang putih / kupang beras merupakan jenis kupang yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat (Purwati, 2001).

Gambaran secara umum kadar bahan pencemar dapat diketahui dengan menggunakan bioindikator, yaitu jenis organisme tertentu yang dapat mengakumulasi bahan-bahan pencemar yang ada sehingga mewakili keadaan di dalam lingkungan hidupnya (Pikir, 1993). Kupang merupakan jenis organisme khas yang dapat mengakumulasi logam berat, dikarenakan kupang mempunyai mobilitas yang rendah sehingga adanya logam berat didalam tubuhnya dipandang dapat mewakili keberadaan logam-logam berat yang terdapat di habitatnya.

Logam berat yang mungkin terkandung dalam daging kupang beras banyak jenisnya, diantaranya adalah merkuri dan tembaga. Buangan industri berupa logam berat merkuri dan tembaga ini sangat berbahaya dan bersifat toksik. Salah satu cara mengetahui kandungan logam berat tersebut di perairan laut adalah dengan menggunakan bioindikator yang memiliki mobilitas rendah dan mampu mengakumulasi logam berat yang ada di sekitarnya. Maka berdasarkan uraian di atas penelitian ini diberi judul "Profil Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) dan Tembaga (Cu) dalam daging Kupang Beras (*Tellina versicolor*) (Studi Kasus Pada Kupang Beras yang dipasarkan di Kraton, Pasuruan).

1.2. Rumusan Masalah

Bertitik tolak dari uraian pada bagian latar belakang, permasalahan yang di ungkap dalam penelitian ini adalah :

- 1) berapakah kadar air yang terdapat dalam daging kupang beras ?,
- 2) adakah kandungan logam merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras ?,
- 3) berapakah kadar logam berat merkuri dan tembaga yang terkandung dalam daging kupang beras ?,
- 4) bagaimanakah fluktuasi kandungan logam berat merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras, yang diamati selama periode tertentu ?.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian dari latar belakang dan rumusan permasalahan yang ada, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang :

- 1) kadar air dalam daging kupang beras,
- 2) keberadaan logam berat merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras ,
- 3) kadar logam berat merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras ,
- 4) fluktuasi kandungan logam berat merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras, yang diamati selama periode tertentu.

1.4. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dapat diperoleh dari hasil penelitian ini, diantaranya adalah memberikan informasi tentang :

- 1) kadar logam berat merkuri dan tembaga yang terkandung daging kupang beras,
- 2) fluktuasi kandungan logam berat merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras selama periode tertentu,
- 3) kelayakan daging kupang beras untuk dikonsumsi oleh masyarakat,
- 4) monitoring secara umum perairan laut tempat penangkapan kupang.

1.5. Definisi Operasional dan Batasan Masalah

Banyak hal yang dapat diinterpretasikan dalam pengertian mengenai profil kandungan logam berat merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras, oleh karena itu perlu kiranya diberikan definisi operasional dan batasan-batasan masalah sehingga dapat memperjelas dan mempermudah pemahaman dalam penelitian ini. Definisi operasional dan batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1) profil kandungan logam berat yang dimaksud dalam penelitian ini adalah suatu gambaran (kurva) mengenai fluktuasi kadar logam berat merkuri dan tembaga hasil pengukuran dan perhitungan yang diperoleh dalam kegiatan pengukuran yang dilakukan selama periode tertentu,
- 2) periode tertentu yang dimaksud dalam penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan selama 3 bulan (April-juni 2002) dengan interval waktu sampling, preparasi, dan pengukuran setiap 2 minggu sekali,
- 3) kadar merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras menyatakan massa merkuri dan tembaga yang terdapat dalam daging kupang beras terhadap massa daging kupang (kering /basah) yang dinyatakan dalam *part per million* atau bagian perjuta (bpj),
- 4) sampel atau contoh kupang beras yang diteliti, diambil dari daerah penangkapan kupang di wilayah kecamatan Kraton, kabupaten Pasuruan,
- 5) proses destruksi untuk analisis merkuri dan tembaga dengan menggunakan pelarut asam nitrat (HNO_3) pekat yang dilakukan dengan pemanasan,
- 6) pengukuran kadar merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras dilakukan melalui Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).
- 7) pengukuran kadar merkuri dan tembaga dalam daging kupang beras dilakukan dengan cara kurva kalibrasi.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu dampak negatif yang nyata dari kegiatan manusia dalam membudidayakan lingkungan secara kurang bijaksana, erat kaitannya dengan kegiatan manusia dan membawa dampak negatif bagi kesehatan masyarakat (Dix, 1981). Banyak definisi mengenai pencemaran lingkungan, namun semuanya memiliki makna yang sama. Secara umum lingkungan dikatakan tercemar jika terdapat bahan-bahan berbahaya baik organisme maupun bahan-bahan lain yang mengganggu kesetimbangan ekosistem (Soeriaatmadja, 1977).

Ditinjau dari tempat terjadinya pencemaran di permukaan bumi, maka pencemaran lingkungan digolongkan menjadi pencemaran tanah, pencemaran air, dan pencemaran udara. Jika ditinjau dari jenis dan cara bahan pencemar mempengaruhi ekosistem, pencemaran dibedakan menjadi pencemaran fisika, pencemaran biologi, dan pencemaran kimia serta pencemaran suara (Soeriaatmadja, 1977).

Menurut Permenkes No. 173 / Menkes VII / 77, pencemaran adalah salah satu peristiwa masuknya zat ke dalam air yang mengakibatkan kualitas (mutu) air tersebut menurun, sehingga dapat mengganggu atau membahayakan kesehatan masyarakat. Sementara itu menurut pasal 1, ayat 2, PP RI No. 20/90, pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang membahayakan dan mengakibatkan air tidak berfungsi dengan peruntukannya (Sugito, 2000). Menurut Sugito (2000), beberapa sumber pencemaran air adalah limbah domestik atau limbah rumah tangga, industri, pertanian, dan perkebunan.

Zat pencemar dapat masuk ke dalam ekosistem laut melalui beberapa proses. Adapun proses yang terjadi bila zat pencemar masuk ekosistem laut, dapat digambarkan sebagai berikut (Uktoselyo, 1984) :



Gambar 1. Mekanisme masuknya zat pencemar ke dalam ekosistem laut

Secara alamiah logam-logam berat terdapat dalam air laut, karena itu terdapatnya logam-logam berat terdapat dalam organisme merupakan normal dalam kehidupan laut (Pikir, 1991). Masukkan logam-logam berat ke lingkungan laut dapat terjadi secara alamiah dan non-alamiah. Secara alamiah logam-logam tersebut berasal dari :

- 1) daerah pantai yang meliputi masukan dari sungai-sungai dan erosi,
- 2) laut dalam yang meliputi logam-logam yang dilepaskan gunung berapi di laut dalam dan partikel atau endapan proses kimiawi,
- 3) lingkungan dekat pantai dan meliputi logam berat yang diangkut ke dalam atmosfer sebagai partikel-partikel debu.

Sedangkan secara non-alamiah, kegiatan manusia merupakan suatu sumber utama pemasukan logam-logam berat ke dalam perairan laut. Adapun masukan logam-logam berat tersebut berasal dari :

- 1) kegiatan pertambangan,
- 2) cairan limbah rumah tangga,
- 3) limbah dan buangan industri,
- 4) aliran pertanian.

(Connel dan Miller, 1995)

Secara alamiah air laut mengandung logam-logam berat, tabel 1 berikut menunjukkan kandungan logam-logam berat dalam air laut.

Tabel 1. Kandungan Logam berat dalam air laut

Unsur	Konsentrasi (ppm)
Ag	0,3
As	2,6
Au	0,02
Cd	0,1
Co	0,4
Cr	0,5
Cu	3
Fe	3
Hg	0,3
Mn	2
Ni	7
Pb	0,03
Sb	0,3
Ti	1
U	3
V	2
Zn	10

Sumber : Simmons, *The Ecology of Natural Resources*, Edward Arnold, London, 1981, p 202.

Di perairan laut, logam-logam berat tersebut dapat berupa senyawa organo logam, dari metil, etil, fenil, maupun senyawa anorganik berupa oksida, klorida, sulfida, karbonat, hidroksida, dan sebagainya. Bentuk - bentuk logam berat ini

dapat terserap oleh hewan air, kemudian bersenyawa dalam jaringan dan membentuk senyawa organologam (Darmono, 1995).

2.2. Interaksi Antara Organisme Perairan Laut dengan Logam Berat

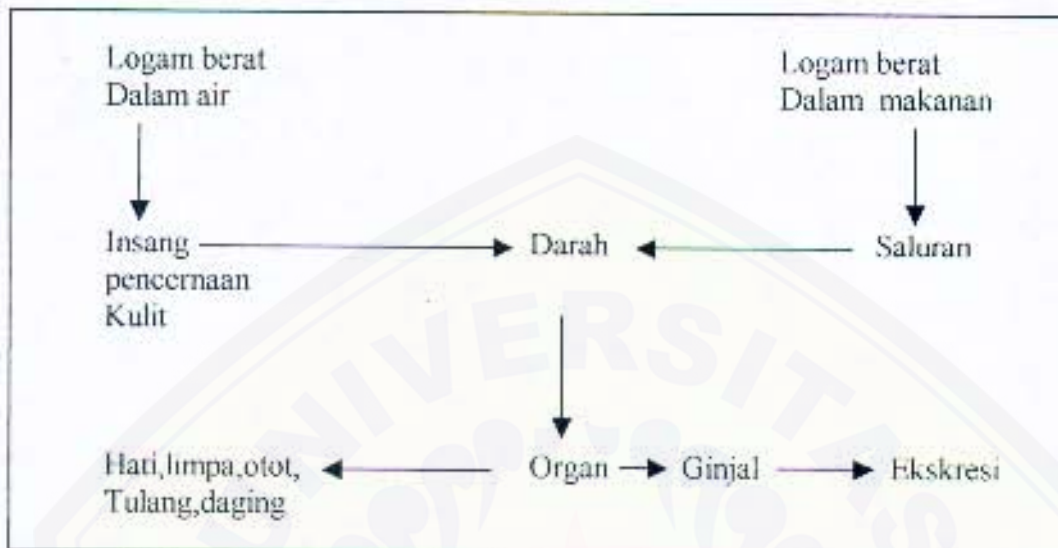
Dalam hewan laut, logam-logam berat dapat terakumulasi di dalam otot, hati, dan gonad (Pikir, 1991). Hewan laut yang sudah tercemar logam berat dan dikonsumsi oleh manusia akan masuk ke dalam tubuh manusia, kemudian dicerna oleh usus halus. Melalui aliran darah logam berat masuk ke sistem otot, syaraf, hati, darah, ginjal, kemudian terjadi bioakumulasi yang menimbulkan penyakit (Bapedalda Jatim, 1999).

Proses bioakumulasi juga dapat terjadi oleh penyerapan langsung dari lingkungan sekeliling. Dalam sistem biologis, membran memegang peranan penting dengan mengatur pergerakan logam berat dan zat kimia lain melalui derajat kepekatan pada salah satu sisi bagian perbatasan membran sel. Proses ini perlu untuk urutan normal fungsi, khususnya metabolisme. Berbagai jenis mekanisme yang ada dari interaksi biologis dengan logam berat diantaranya difusi pasif, filtrasi, pengangkutan aktif, difusi yang dilayani, dan pinositosis (Connel dan Miller, 1995).

Makhluk hidup air mudah menyerap logam, mereka mampu mengatur kepekatan abnormal logam dalam tubuhnya sehingga mencapai batas toleransi dan merupakan sebuah faktor penentu dalam penyelamatan diri. Adanya keterbatasan jumlah logam yang dapat diekskresikan oleh hewan air tersebut, mengakibatkan terjadinya akumulasi dalam jaringan tubuh (Connel dan Miller, 1995).

Dalam hewan laut logam-logam berat diabsorpsi melalui kulit dan insang dan terakumulasi di dalam otot, hati dan gonat (Pikir, 1991). Hewan laut yang sudah tercemar logam berat dan dikonsumsi oleh manusia akan masuk ke dalam tubuh manusia, dicerna di usus halus, dan dibawa aliran darah kemudian terakumulasi pada otot, syaraf, hati, daging dan ginjal.

Gambar 2 berikut merupakan proses absorpsi dan akumulasi logam berat dalam jaringan hewan laut.



Gambar 2. Proses absorpsi dan akumulasi logam berat

2.3. Kupang

Kupang hidup di laut atau pantai. Kupang beradaptasi di lingkungannya adalah dengan menggali substrat sampai kedalaman yang tidak dapat dipengaruhi oleh gelombang air laut yang lewat. Kupang mempertahankan hidupnya dengan memakan fitoplankton yang terbawa air laut dan runtunan organik yang dibawa ombak (Nybakken, 1992).

Dari berbagai jenis kupang yang ada di perairan, ada satu jenis yang banyak dikonsumsi masyarakat dan berada dalam jumlah yang sangat besar pada lokasi pengambilan sampel. Jenis kupang tersebut adalah kupang beras (*Tellina versicolor*) dengan sistematika sebagai berikut (Gosner, 1971):

Filum	: Mollusca
Sub Filum	: Invertebrata
Kelas	: Bivalvia
Ordo	: Heterodontida
Famili	: Tellinidae
Genus	: Tellina
Spesies	: <i>Tellina versicolor</i>

Secara fisiologis kupang beras memiliki ciri-ciri sebagai berikut : cangkang lembut dengan rusuk-rusuk kosentris yang halus, garis-garis radier tidak teramati, bentuk cangkang memanjang (ukuran panjang melebihi ukuran lebar cangkang), engsel kedua valve (cangkang) kurang lebih sama, mempunyai ligamen ekstenal, gigi kardinal kurang 3, mempunyai gigi-gigi lateral, gigi lateral posterior lemah atau tidak ada, berwarna putih sedikit pink atau hijau, pada valve bagian depan mempunyai slope yang rapi terbagi-bagi oleh pahatan (relief) yang tampak jelas, panjang 1,7 cm (Gosner, 1971).

Kupang memiliki sistem pencernaan berupa mulut, kerongkongan pendek, lambung, usus dan anus, sistem respirasi dengan insang, sistem ekskresi melalui nefridium, sistem peredaran darah terbuka, sistem reproduksi ada yang hemaprodit (Gosner, 1971).

Kupang mencerna makanan dengan menggunakan enzim diatase untuk menghancurkan hidrat arang dan enzim citase untuk menghancurkan dinding sel tumbuhan. Hasil-hasil pencernaan berupa cairan akan diabsorpsi dan diedarkan melalui darah ke seluruh tubuh (Poetro, 1991).

2.4. Logam Berat

Menurut Dufus (1980), logam berat adalah logam yang memiliki massa jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 . Fortsner (1979) menyatakan bahwa unsur logam berat termasuk dalam kategori limbah bahan beracun berbahaya (B3). Logam-logam yang tergolong logam berat adalah Tembaga (Cu), Cadmium (Cd), Timbal (Pb), Seng (Zn), Nikel, (Ni), Mangan (Mn), Raksa (Hg), Arsen (As), Krom (Cr), Cobalt (Co), Antimon (Sb), Germanium (Ge), Besi (Fe).

Keberadaan logam berat dalam lingkungan hidup akibat dengan pencemaran lingkungan menjadi perhatian yang amat serius. Lima alasan yang merupakan pijakan mengapa logam berat menjadi perhatian yaitu :

- 1) unsur tersebut relatif banyak didapatkan di kerak bumi,
- 2) dieksplorasi dan digunakan untuk keperluan tertentu dalam kehidupan manusia,

- 3) banyak digunakan dalam kehidupan sehingga banyak terjadi kontak langsung dengan manusia,
- 4) bersifat racun terhadap makhluk hidup,
- 5) memberikan efek perusakan pada siklus jaring-jaring makanan dan energi secara biogeokimia (Fergusson, 1990).

Efek perusakan terhadap siklus biogeokimia oleh logam berat, telah dipelajari dari beberapa sisi antara lain : ruang lingkup perusakan, mobilitas unsur di lingkungan, derajat kesehatan manusia dan jalur peredarannya sampai ke tubuh manusia (Wood, 1974).

2.4.1. Merkuri (Hg)

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama kimia Hydragirum yang berarti perak cair. Logam merkuri dilambangkan dengan Hg. Pada tabel periodik, unsur kimia ini menempati urutan (NA) 80 dan mempunyai bobot atom (BA 200,591) (Palar, 1994). Merkuri adalah sebuah unsur logam yang sangat penting dan telah digunakan sejak zaman dahulu. Bentuk fisik dan kimianya sangat menguntungkan untuk digunakan dalam industri dan penelitian. Bentuk yang menguntungkan itu adalah:

- 1) satu-satunya logam yang berwujud cair pada temperature kamar, (25°C), titik bekunya paling rendah (-39°C),
- 2) mempunyai kecenderungan untuk menguap lebih besar,
- 3) mudah dicampur dengan logam lain menjadi logam campuran (amalgam),
- 4) mudah mengalirkan arus listrik sehingga baik digunakan sebagai konduktor.

Secara alamiah, pencemaran merkuri dalam badan perairan pada umumnya berasal dari kegiatan gunung berapi, rembesan-rembesan air tanah yang melewati daerah deposit merkuri dan lain-lainnya. Secara non alamiah, merkuri menjadi bahan pencemar oleh kegiatan manusia yaitu dalam menggali sumber daya dan memanfaatkannya, terutama dalam kegiatan industri, pertambangan dan pertanian (Palar, 1994). Dalam perindustrian penggunaan merkuri terbanyak ialah pabrik

alat-alat listrik, yang memproduksi lampu-lampu merkuri untuk penerangan jalan raya. Merkuri juga digunakan pada pembuatan baterai. Dalam bidang pertanian, senyawa merkuri digunakan untuk merusak jaringan jamur (Darmono, 1995).

Beberapa kasus pencemaran menunjukkan bahwa toksisitas merkuri ini mempunyai bentuk yang berbeda-beda untuk menjadikan racun pada makhluk hidup sehingga mengakibatkan gejala yang berbeda pula. Toksisitas merkuri dibedakan menjadi dua bagian yaitu toksisitas anorganik dan organik. Pada bentuk anorganik ini dibedakan menurut keadaan elemen merkuro dan merkuri. Pada bentuk anorganik seperti merkuri klorida, merkuri berikatan dengan satu atom karbon atau lebih, sedangkan bentuk organik, merkuri berikatan dengan rantai alkil pendek. Senyawa tersebut sangat stabil dalam metabolisme dan mudah menginfiltrasi jaringan yang sukar ditembus misalnya, otak, dan plasenta. Senyawa tersebut mengakibatkan kerusakan jaringan yang irreversibel baik pada orang dewasa maupun pada anak (Darmono, 1995). Menurut konsep ADI (*Acceptable-Daily-Intake*), pemasukan merkuri ke dalam tubuh orang dewasa sebanyak 0,03 mg setiap hari masih dalam batas aman bagi kesehatan manusia.

2.4.2. Cuprum (Cu)

Tembaga atau cuprum dilambangkan dengan Cu. Unsur ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan bobot atom (BA) 63,546.

Unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas. Akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Dalam badan perairan laut tembaga dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan ion seperti CuCO_3 , CuOH^+ dan sebagainya (Connel dan Miller, 1995).

Tembaga yang masuk ke dalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari peristiwa-peristiwa alamiah dan sebagai efek samping dari aktifitas yang dilakukan oleh manusia. Secara alamiah tembaga masuk ke dalam badan perairan sebagai akibat dari peristiwa erosi atau pengikisan batuan mineral dan melalui

persenyawaan di atmosfer yang turun oleh air hujan. Aktifitas manusia seperti perindustrian, pertambangan, pertanian dan lain-lainnya, merupakan salah satu sumber utama dari pencemaran tembaga dalam lingkungan perairan (Palar, 1994). Tembaga yang digunakan dalam pabrik biasanya berbentuk organik dan anorganik. Logam ini banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas, dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam lain sebagai aloi, sedangkan garam tembaga banyak digunakan dalam bidang pertanian (Darmono, 1995).

Sebagai logam berat, Cu berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam berat Cu digolongkan ke dalam logam berat esensial meskipun Cu merupakan logam berat beracun. Unsur logam ini dibutuhkan tubuh walaupun dalam jumlah yang sedikit. Oleh sebab itu, Cu juga termasuk dalam logam-logam esensial bagi manusia, seperti besi (Fe) dan lain-lain. Toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait.

Kebutuhan manusia terhadap tembaga cukup tinggi. Manusia dewasa membutuhkan sekitar 30 μg Cu perkilogram berat tubuh. Pada anak-anak jumlah Cu yang dibutuhkan adalah 40 μg perkilogram berat tubuh, sedangkan pada bayi dibutuhkan 80 μg perkilogram berat tubuh (Connel dan Miller, 1995).

Tabel 2 berikut merupakan jumlah unsur yang diizinkan masuk ke dalam tubuh (ADI) setiap hari.

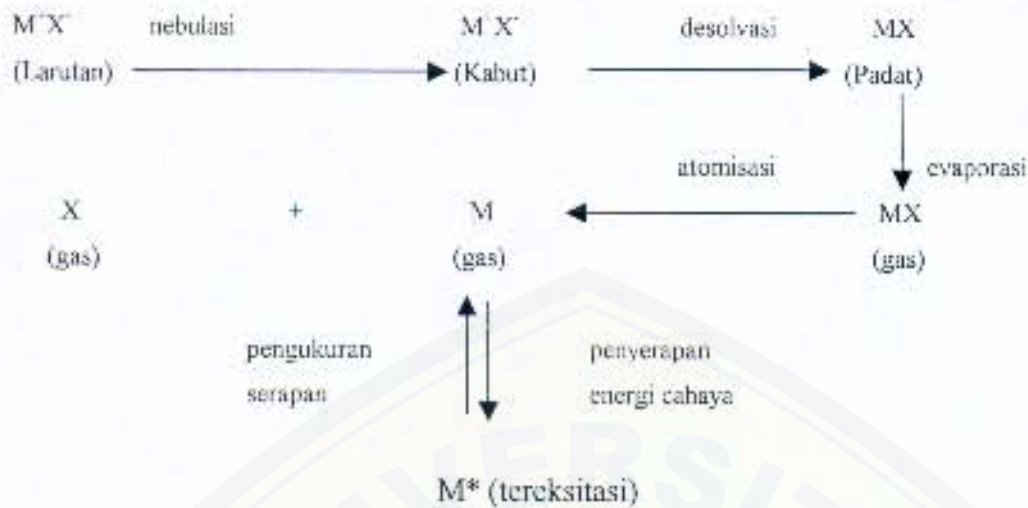
Tabel 2. Jumlah Unsur yang diizinkan masuk kedalam tubuh (ADI) setiap hari

Unsur	Jumlah Zat (μg)
Pb	200 - 300
Hg	<30
Cd	25 - 60
Cr	320 ± 162
Cu	3110 ± 760
Zn	14250 ± 1220

2.5. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri serapan atom (SSA) adalah salah satu metode spektrofotometri yang sering digunakan untuk analisis kuantitatif logam-logam. Pemakaian analisis dengan menggunakan SSA relatif sederhana dan untuk menganalisis beberapa logam dapat dilakukan dalam campuran dengan unsur-unsur logam lain tanpa dilakukan pemisahan dahulu (Zainuddin, 1988).

Dalam proses analisa dengan SSA, terdapat tahapan atomisasi untuk pembentukan atom netral dalam wujud gas (Skoog, 1993). Atomisasi terjadi melalui beberapa tahap, mula-mula larutan disemprotkan dalam bentuk kabut ke nyala api. Selanjutnya terjadi desolvasi pelarut menghasilkan sisa partikel pada yang halus pada nyala. Partikel ini berubah menjadi gas, selanjutnya sebagian atau seluruhnya mengalami disosiasi menjadi atom-atom (Christian, 1994). Proses ini diakibatkan oleh pengaruh langsung dari panas oleh substansi-substansi dalam nyala (Zainuddin, 1988). Berikut adalah diagram proses atomisasi dan penyerapan yang terjadi pada Spektrofotometri Serapan Atom (SSA):



Gambar 3. Proses atomisasi dan serapan yang terjadi pada Spektrofotometri Serapan Atom

Atom-atom logam dalam wujud gas berada pada keadaan energi dasar. Bila kepada atom-atom logam dikenai Energi Gelombang Elektromagnetik yang sesuai dengan yang diperlukan, maka atom-atom logam dalam wujud gas tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi (Zainuddin, 1988).

Di dalam nyala, atom-atom netral mampu menyerap (mengabsorpsi) energi cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai dengan besarnya energi transisi dari tingkat energi dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi (Christian, 1994). Karena prinsip pengukuran SSA sama dengan spektrofotometri lainnya, maka pada pengukuran dengan metode SSA juga berlaku hukum Lambert-Beer, yaitu :

$$A = a b c_{\text{Larutan}}$$

Keterangan :

A = Absorban

a = Absorbtivitas

b = Tebal sel

c = konsentrasi larutan

Kadar analit dalam suatu sampel dapat ditentukan dengan bantuan kurva kalibrasi atau kurva standar. Kurva standar dibuat dari larutan standar dengan konsentrasi yang sudah diketahui dan diukur serapannya. Selanjutnya dibuat

grafik hubungan antara absorbansi terhadap konsentrasi sehingga diperoleh persamaan garis regresi yang secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y = bx + a$$

Dimana, y = Absorban, x = konsentrasi, b = Kemiringan yaitu arah - lereng yang menunjukkan sebaran nilai pengukuran larutan standar yang dapat ditarik menjadi garis linear dan berada diantara sumbu x dan y , dan a = Intersep yaitu titik potong antara kurva kalibrasi dengan sumbu y . Konsentrasi larutan sampel dapat ditentukan dengan memasukkan harga serapan sampel pada persamaan garis regresi yang telah diperoleh.

2.6. Destruksi

Metode penentuan kadar logam berat secara Spektrofotometri Serapan Atom mempunyai persyaratan, antara lain sampel yang akan diukur harus berada dalam keadaan terlarut (jernih) dan tidak ada ikatan antara logam berat dengan senyawanya sehingga menjadi logam berat dalam bentuk ion (Dwiana, 2001). Dalam sampel makhluk hidup logam berat ada yang berbentuk senyawa organologam atau terikat pada senyawa organik. Destruksi merupakan suatu cara untuk melepaskan ikatan antara logam berat dengan senyawa organik tersebut.

2.6.1. Destruksi Basah (*Wet Ashing*)

Destruksi basah merupakan salah satu cara untuk memperoleh larutan yang jernih dengan menggunakan pendestruksi. Pendestruksi yang umum dipakai untuk menghilangkan senyawa organik dari sediaannya dan sekaligus untuk melepaskan unsur yang akan diteliti dari ikatannya dengan senyawa lain adalah asam kuat pekat baik tunggal maupun campuran (Zainuddin, 1988).

Kondisi lain yang mendukung cara ini yaitu destruksi dilakukan pada suhu pendidihan. Dan setelah didapat larutan jernih dari sampel, sisa pendestruksi dihilangkan dengan cara penguapan. Jika dianggap perlu dapat ditambahkan lagi pendestruksi dengan volume tertentu untuk menjernihkan sampel (Zainuddin, 1988).

Keuntungan destruksi basah adalah dekomposisi dapat terjadi lebih cepat dan kemungkinan hilangnya logam yang akan di analisis akibat pemanasan yang terlalu tinggi relatif sedikit, sebab pada destruksi basah suhu yang dipakai relatif rendah dan menggunakan tabung destruksi yang tertutup (Loon, 1985).

2.6.2 Destruksi Kering (*Dry Ashing*)

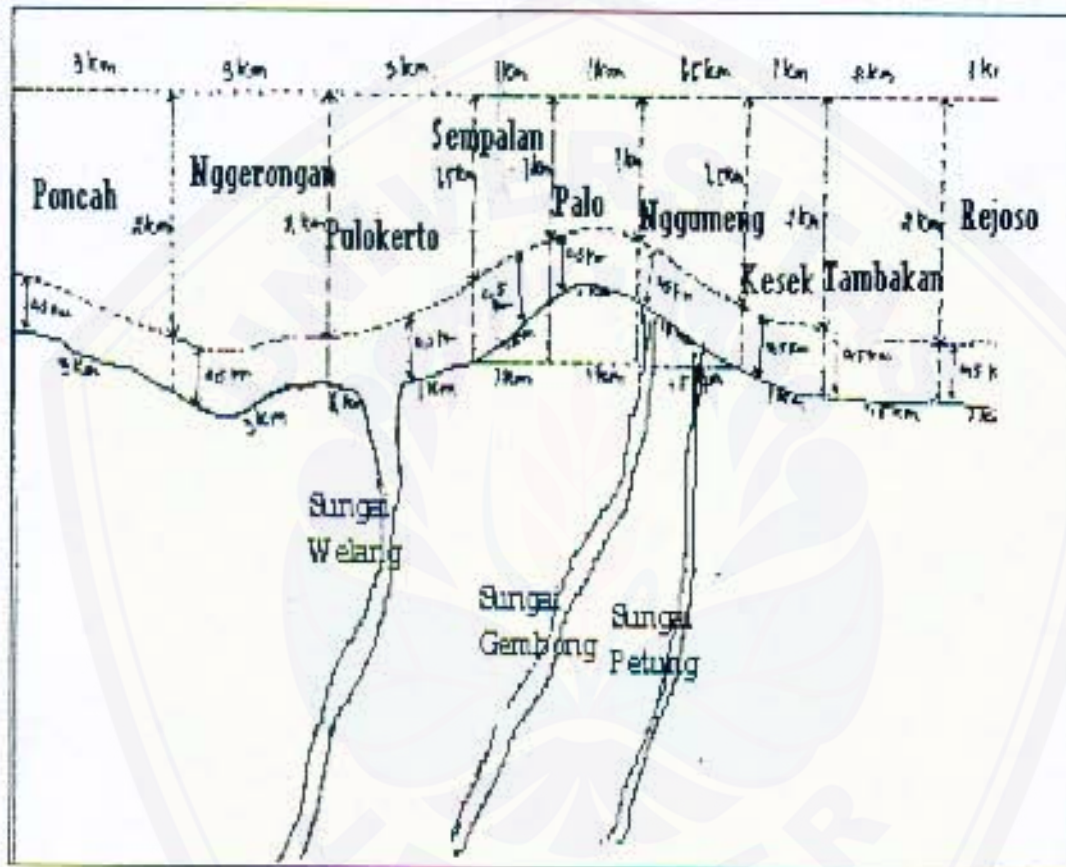
Destruksi kering dilakukan melalui pemanasan tinggi untuk menghilangkan semua senyawa organik, sehingga merubah sediaan menjadi abu. Pemanasan berkisar antara 450-550 °C untuk menghilangkan semua senyawa organik. Dalam proses ini kadang-kadang digunakan bahan pembantu pengabuan atau ashing aids seperti asam nitrat, asam sulfat, magnesium nitrat, aluminium nitrat dan lain lain. Penambahan bahan tersebut bertujuan untuk mempermudah dan mempercepat proses oksidasi dan untuk mencegah kehilangan unsur-unsur yang akan dianalisis. Besarnya suhu sangat mempengaruhi keberadaan unsur yang diselidiki, sebab bila pemanasan/pengabuan dilakukan melebihi titik lebur unsur yang akan diteliti maka unsur tersebut juga ikut menguap (Loon, 1985).

2.7. Fenomena Pengambilan Kupang

Penangkap kupang memulai perjalanannya dalam menangkap kupang dari sungai Welang sampai ke muara sungai (daerah Pulokerto). Lokasi-lokasi pengambilan kupang adalah Poncah, Nggerongan, Pulokerto, Sempalan, Palo, Nggumeng, Kesek, Tambakan, Sedo, dan Rejoso.

Cara nelayan kupang dalam menangkap kupang adalah dengan mengeruk dasar laut dengan menggunakan calo (alat pengeruk) kemudian diangkat ke permukaan air. Hasil yang diperoleh ini masih bercampur dengan lumpur sehingga harus dibersihkan dahulu. Setelah bersih kupang dimasukkan ke dalam gandolan panjang yang berlungsi untuk menampung kupang sampai diperoleh kupang yang cukup banyak. Jika kupang sudah banyak, maka kupang dipindahkan ke perahu. Nelayan menangkap kupang dengan cara berpindah-pindah dari satu lokasi ke lokasi lainnya, hal ini karena nelayan mencari kupang yang dinilai memenuhi syarat untuk ditangkap, yang biasanya berdasarkan ukurannya. Lokasi

penangkapan kupang tersebut memiliki masa panen yang berbeda-beda, masa panen kupang beras pada lokasi penangkapan kupang beras berkisar antara 2 sampai 3 bulan. Gambar 4 berikut merupakan denah lokasi penangkapan kupang di pantai Pasuruan.



Gambar 4. Dena Lokasi Penangkapan Kupang di Pantai Pasuruan.

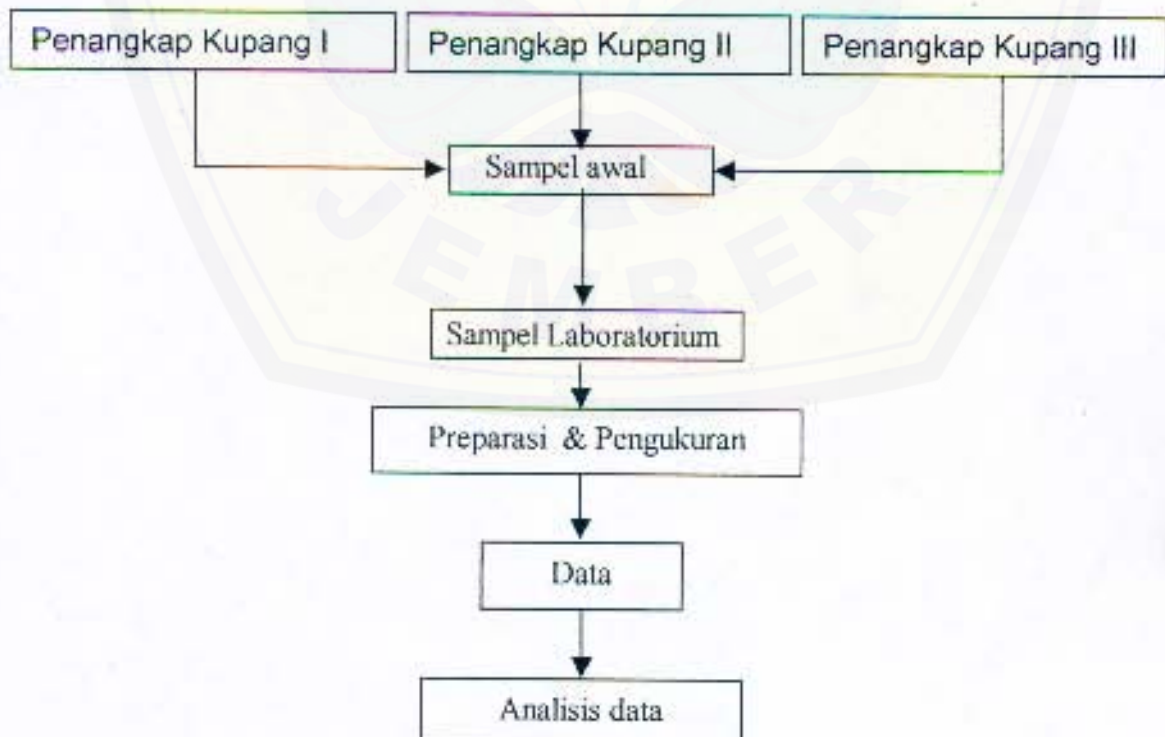


III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu di laboratorium kimia FMIPA Universitas Jember dan laboratorium kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Noverber (ITS) Surabaya. Pengambilan sampel dilakukan di pantai Kraton Pasuruan. Pelaksanaan preparasi sampel dilakukan di laboratorium kimia FMIPA UNEJ dan pengukurannya dilakukan di laboratorium kimia FMIPA ITS. Penelitian dilakukan selama 3 bulan (April-Juni 2002) dengan interval waktu sampling dan preparasi setiap 2 minggu sekali.

3.2. Diagram Alur Penelitian



3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat-alat yang digunakan

Macam-macam alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, spektrofotometer serapan atom (Shimadzu AA-670), neraca analitik (Ohaus), peralatan gelas seperti labu ukur, gelas piala, pipet ukur, pipet tetes, gelas arloji, pengaduk, botol semprot dan karet penghisap, oven, pemanas listrik, dan botol reagen.

3.3.2. Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam nitrat (HNO_3), p.a, akuades, HgCl_2 , p.a, Mr = 271,5, dan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, p.a, Mr = 249,68

3.4. Metode Pengambilan Sampel

Sampel berupa kupang beras (*Tellina versicolor*) diambil dari pantai Kraton Pasuruan. Pengambilan sampel memakai teknik “ simple random sampling”, dimana sebuah sampel ditarik dari sebuah populasi tertentu sehingga tiap unit dalam sampling mempunyai peluang yang sama untuk dipilih. Pada metode ini anggota-anggota sampel dipilih langsung dari seluruh populasi dengan tidak membagi dahulu populasi menurut kelompok-kelompok. Jadi dengan cara ini dianggap populasi tersebut sebagai satu kelompok besar di mana sampel tersebut diambil untuk mewakili populasinya (Munaf, 1997).

Populasi besar yang dimaksud disini adalah populasi kupang beras (*Tellina versicolor*) yang tersebar pada daerah penangkapan kupang di pantai Kraton Pasuruan. Kupang-kupang beras ini ditangkap oleh beberapa penangkap kupang yang ada di daerah penangkapan kupang beras tersebut. Maka dengan mengambil sampel dari penangkap kupang yang dilakukan secara acak, akan diperoleh suatu sampel yang homogen dan telah mewakili seluruh daerah penangkapan kupang beras.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat-alat yang digunakan

Macam-macam alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, spektrofotometer serapan atom (Shimadzu AA-670), neraca analitik (Ohaus), peralatan gelas seperti labu ukur, gelas piala, pipet ukur, pipet tetes, gelas arloji, pengaduk, botol semprot dan karet penghisap, oven, pemanas listrik, dan botol reagen.

3.3.2. Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam nitrat (HNO_3), p.a, akuades, HgCl_2 , p.a, $M_r = 271,5$, dan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, p.a, $M_r = 249,68$

3.4. Metode Pengambilan Sampel

Sampel berupa kupang beras (*Tellina versicolor*) diambil dari pantai Kraton Pasuruan. Pengambilan sampel memakai teknik "simple random sampling", dimana sebuah sampel ditarik dari sebuah populasi tertentu sehingga tiap unit dalam sampling mempunyai peluang yang sama untuk dipilih. Pada metode ini anggota-anggota sampel dipilih langsung dari seluruh populasi dengan tidak membagi dahulu populasi menurut kelompok-kelompok. Jadi dengan cara ini dianggap populasi tersebut sebagai satu kelompok besar di mana sampel tersebut diambil untuk mewakili populasinya (Munaf, 1997).

Populasi besar yang dimaksud disini adalah populasi kupang beras (*Tellina versicolor*) yang tersebar pada daerah penangkapan kupang di pantai Kraton Pasuruan. Kupang-kupang beras ini ditangkap oleh beberapa penangkap kupang yang ada di daerah penangkapan kupang beras tersebut. Maka dengan mengambil sampel dari penangkap kupang yang dilakukan secara acak, akan diperoleh suatu sampel yang homogen dan telah mewakili seluruh daerah penangkapan kupang beras.

3.5. Pengelolaan Sampel

Kupang beras (*Tellina versicolor*) diambil bagian dagingnya dengan cara dipanaskan selama 10 menit pada temperatur 80° C atau sampai cangkang membuka, kemudian daging dipisahkan dari cangkang. Sebagian daging kupang yang telah terpisah dari cangkang dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 100° C selama 8 jam. Dan sebagian lainnya tidak dikeringkan dalam oven. Daging kupang yang telah dioven, digerus dalam mortal dan dipanaskan lagi dalam oven pada temperatur 80° C selama 1 jam. Serbuk yang diperoleh dimasukkan dalam desikator, dan pada tahap selanjutnya digunakan untuk pembuatan larutan sampel untuk pengukuran tembaga (Cu). Sedangkan sampel kupang yang tidak dikeringkan, pada tahap selanjutnya digunakan untuk pembuatan larutan sampel untuk pengukuran merkuri (Hg)

3.6. Pengukuran Kadar Air dalam Daging Kupang

Pengukuran kadar air dilakukan sebelum dilakukan pengukuran terhadap kadar logam berat tembaga yang ada dalam daging kupang. Kadar air ditentukan dengan cara *Thermogravimetri* yaitu mengeringkan di dalam oven dengan suhu diatas 100° C sampai diperoleh berat yang konstan. Sampel basah sebanyak 50 gram dari hasil pengelolaan sampel yang telah dihaluskan ditimbang dan ditempatkan dalam cawan yang telah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105° C sampai memiliki bobot yang konstan. Sampel yang telah kering di dinginkan dan dimasukkan ke dalam eksikator selama 15 menit sebelum di timbang beratnya (AOAC, 1971).

Kadar air dalam daging kupang ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Penyusutan bobot}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$$

Daging kupang yang dikonsumsi oleh masyarakat pada umumnya merupakan daging kupang basah, sehingga pengukuran kadar air diperlukan untuk mengkonversikan kadar kering menjadi kadar basah melalui kadar air yang telah diketahui khususnya pada perhitungan kadar tembaga (Cu) dalam daging kupang.

3.7. Pengukuran Kadar Merkuri (Hg) dan Tembaga (Cu)

Proses pengukuran kadar merkuri dan tembaga dalam penelitian ini dilakukan secara kurva kalibrasi. Ada 3 tahap dalam proses tersebut, yaitu :

3.7.1. Pembuatan Larutan Standar

3.7.1.1. Pembuatan Larutan Standar Merkuri

Larutan standar merkuri dalam penelitian ini dibuat dari senyawa HgCl_2 . Larutan induk Hg dibuat dengan cara menimbang 338,386 mg kristal HgCl_2 dalam *beaker glass*, kemudian dilarutkan dengan air, selanjutnya setelah semua larut dipindahkan ke dalam labu ukur 250 mL. Setelah itu menambahkan akuades sampai volume tanda batas. Larutan standar yang diperoleh mempunyai konsentrasi 1000 ppm. Selanjutnya dari larutan standar 1000 ppm dibuat larutan standar 10 ppm dengan cara mengambil sebanyak 1 mL larutan standar 1000 ppm kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, selanjutnya ditambahkan akuades sampai tanda batas. Dari larutan standar 10 ppm diencerkan lagi menjadi larutan standar 1 ppm dengan cara mengambil sebanyak 10 mL larutan standar 10 ppm kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, selanjutnya ditambahkan akuades sampai tanda batas.

Dari larutan 1 ppm dibuat larutan standard 0,125 ppm, 0,25 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm masing-masing 10 mL, dan masing-masing larutan standar tersebut dibuat untuk tiga kali ulangan.

3.7.1.2. Pembuatan Larutan Standar Tembaga

Larutan standar tembaga dibuat dari senyawa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Larutan induk Cu dibuat dengan cara menimbang 982,281 mg kristal $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam *beaker glass*, kemudian dilarutkan dengan air, selanjutnya setelah semua larut dipindahkan ke dalam labu ukur 250 mL. Setelah itu menambahkan akuades sampai volume tanda batas. Larutan standar yang diperoleh mempunyai konsentrasi 1000 ppm. Selanjutnya dari larutan standar 1000 ppm dibuat larutan standar 10 ppm dengan cara mengambil sebanyak 1 mL larutan standar 1000 ppm kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, selanjutnya ditambahkan

akuades sampai tanda batas. Selanjutnya dibuat larutan standar 2 ppm, 1 ppm, 0,5 ppm, dan 0,25 ppm, dan masing-masing larutan standar tersebut dibuat untuk tiga kali ulangan sebanyak 10 mL.

3.7.2. Pembuatan Larutan Sampel

3.7.2.1. Analisis Merkuri

Menimbang 20,0 gram sampel (belum dikeringkan dalam oven), kemudian dimasukkan dalam labu destruksi ukuran 100 mL yang dilengkapi dengan kondensor pendingin yang dialiri air. Menambahkan 10 mL HNO_3 pekat kemudian dimasukkan dalam labu destruksi dan dipanaskan sampai sekitar temperatur 120°C . Kondensor disambungkan kemudian dialiri air mengalir yang berfungsi sebagai pendingin, sehingga uap yang keluar dari tabung akan kembali mengembun masuk kembali kedalam tabung. Destruksi dilakukan selama 4 jam, kemudian didinginkan dan disaring (Darmono, 1995).

3.7.2.2. Analisis Tembaga

Menimbang 8,0 gram sampel kering kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass. Selanjutnya ditambahkan 10 mL HNO_3 pekat dan diamkan 1 malam untuk permulaan dekomposisi. Setelah itu dipanaskan selama 2 jam dan dijaga jangan sampai meluap/tumpah. Menambahkan 5 mL HNO_3 pekat ke dalam beaker glass, kemudian dipanaskan lagi selama 2 jam. Menambahkan 5 mL HNO_3 pekat, dipanaskan selama 3 jam atau sampai diperoleh larutan jernih kekuningan. Pemanasan dilanjutkan sampai sisa HNO_3 menguap kemudian didinginkan. Memindahkan larutan ke labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas. Mengocok sampai homogen kemudian disaring.

3.7.3. Pengukuran

3.7.3.1. Pengukuran Konsentrasi Merkuri (Hg)

Pengukuran konsentrasi merkuri dan tembaga dilakukan secara kurva kalibrasi dengan mengukur absorban dari larutan standar dan larutan sampel. Absorban diamati dengan spektrofotometer serapan atom pada panjang

gelombang 253,7 nm tanpa nyala (*flameless*) untuk merkuri (Hg), hal ini dikarenakan logam ini mudah menguap. Penghisapan cairan sampel dilakukan dengan menggunakan pipa penghisap yang dihubungkan dengan pompa peristaltik yang dapat menghisap sampel sampai 6 mL/menit. Sebagai reduktor digunakan larutan stannus klorida (SnCl_2 25 %) yang diisap dengan pipa penghisap 1 mL/menit, yang kemudian tercampur dalam tabung pencampur bersama dengan sampel. Uap hasil reaksi reduksi tersebut keluar dan ditampung dalam pipa kaca bercendela (khusus untuk analisis Hg) sehingga konsentrasi Hg akan terdeteksi dalam satuan ppb ($1/1.10^9$) (Darmono, 1995).

3.7.3.2. Pengukuran Konsentrasi Tembaga (Cu)

Pengukuran kadar tembaga (Cu) digunakan panjang gelombang 342,7 nm, dengan menggunakan nyala udara-asetilen. Pengukuran absorban untuk setiap larutan standar dan larutan sampel dilakukan dengan tiga kali ulangan sehingga nilai absorban yang didapatkan merupakan rata-rata dari nilai absorban hasil pengukuran.

Untuk kurva kalibrasi standar larutan Hg menggunakan larutan standar 0 ppm, 0,125 ppm, 0,25 ppm, dan 1 ppm. Sedangkan untuk kurva kalibrasi standar Cu menggunakan larutan standar 0 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 2 ppm. Setelah mendapatkan kurva kalibrasi standar, maka proses dilanjutkan dengan pengukuran absorban larutan sampel dengan menggunakan kurva kalibrasi standar yang telah diperoleh.

Dengan mengukur absorban dari larutan sampel yang selanjutnya diplot ke dalam kurva absorban terhadap konsentrasi, sehingga dapat ditentukan konsentrasi logam dalam larutan sampel. Persamaan kurva kalibrasi adalah $y = ax + b$ dimana y adalah absorban dan x adalah konsentrasi.

3.8. Pembuatan Profil Kandungan Logam Berat Merkuri dan Tembaga

Dari hasil yang diperoleh selama kegiatan pengukuran didapatkan data kadar logam berat merkuri dan tembaga dalam bentuk konsentrasi (ppm) yang dilakukan setiap dua minggu sekali selama tiga bulan. Berdasarkan data diatas

dibuat suatu kurva atau plot grafik antara konsentrasi (ppm) versus waktu (dua minggu) selama tiga bulan yang akan menggambarkan tentang fluktuasi kandungan logam berat merkuri dan tembaga.

Waktu pengambilan sampel selama 3 bulan dilakukan sebanyak 6 kali, yaitu pengambilan sampel I dilakukan pada tanggal 7 April 2002, II pada tanggal 21 April 2002, III pada tanggal 5 Mei 2002, IV pada tanggal 19 Mei 2002, V pada tanggal 2 Juni 2002, dan pengambilan sampel VI pada tanggal 16 Juni 2002.

3.9. Validasi Metode

Penelitian mengenai kandungan logam berat merkuri dan tembaga dalam daging kupang ini menggunakan satu validasi metode, yaitu presisi. Presisi merupakan ukuran derajat keterulangan dari metode analisis, yang memberikan hasil yang sama pada beberapa pengulangan, dinyatakan sebagai koefisien variasi dari simpangan baku (USP XXIII, 1995). Koefisien variasi untuk SSA dengan nyala api tidak lebih dari 5 % dan ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Christian, 1994).

$$KV = (s/x) \times 100\%$$

Keterangan :

KV = koefisien variasi,

s = simpangan baku,

x = rata-rata kadar zat yang dianalisis.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) kadar air dalam daging kupang selama bulan April sampai Juni 2002 relatif tetap.
- 2) dalam daging kupang terdapat kandungan logam tembaga (Cu) tanpa adanya logam merkuri (Hg).
- 3) kadar logam berat tembaga (Cu) dalam daging kupang beras berdasarkan berat kering, tertinggi 0,953 ppm dan terendah 0,433 ppm. Nilai KV tertinggi 13,86 % dan terendah 6,30 %.
- 4) profil kandungan logam tembaga (Cu) dalam daging kupang menunjukkan grafik yang berfluktuatif.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas penulis menyarankan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan profil kandungan logam merkuri (Hg) dan tembaga (Cu) dalam daging kupang selama 3 bulan ke depan. Hal ini dikarenakan perlunya pemantauan yang berkesinambungan terhadap keberadaan logam berat tersebut diperairan laut Pasuruan. Penulis juga menyarankan agar pada penelitian selanjutnya menggunakan metode standar adisi. Hal ini dilakukan untuk menyamakan matrik yang ada dalam larutan standar dan matrik yang ada dalam larutan sampel untuk mengurangi kesalahan dalam pengukuran.



DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1971. *Official Methods of Analysis of the Association of the official Analytic Chemist*. Washington D.C.
- Bapedalda Jatim. 1999. *Dampak Pencemaran Pantai Timur Surabaya Terhadap Kesehatan*. Majalah GAPURA, Edisi Juli, hal 7-15.
- Christian D, Gary. 1994. *Analytical Chemistry*. New York. John Wiley and Sons Inc.
- Connel, Des W dan Gregory J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta. UI-Press
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI- Press, Jakarta.
- Daud, Anwar SKM. 1996. *Laut Kawasan Surabaya Tercemar Logam berat*. Jakarta. Kompas.
- Dharma, Burjamin. 1988. *Siput dan Kerang Indonesia*. Edisi II. Jakarta. PT. Saran Graha., hal.92.
- Dix, H.M. 1981. *Environmental Pollution*. Singapore. John and Sons.
- Dufus, John H. 1980. *Environmental Toxicology*. London. Edward Arnold. hal 68.
- Dwiana, Tita. 2001. *Penggunaan Berbagai Pendestruksi pada Preparasi Sampel "Wet Ashing" untuk Penetapan Kadar Logam Berat Pb dan Cd dalam Kupang (*Pellina versicolor*) dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. Surabaya. UNAIR.
- Fergusson, J.E. 1990. *The Heavy Element : Chemistry environmental Impact and Health Effect*. New York. Pergamon Press.
- Fortsner, P. 1979. *Heavy Metals Pollution in Freshwater Ecosystem. Proc. In Biological Aspect of Freshwater Pollution*. London. William Clowes.
- Gosner K.L. 1971. *Guide to Identification of Marine and Estuarine Invertebrates*. New York-London. Sydney, Toronto, Wiley Interscience. a Division of John Wiley and Sons. INC. hal 303-306.

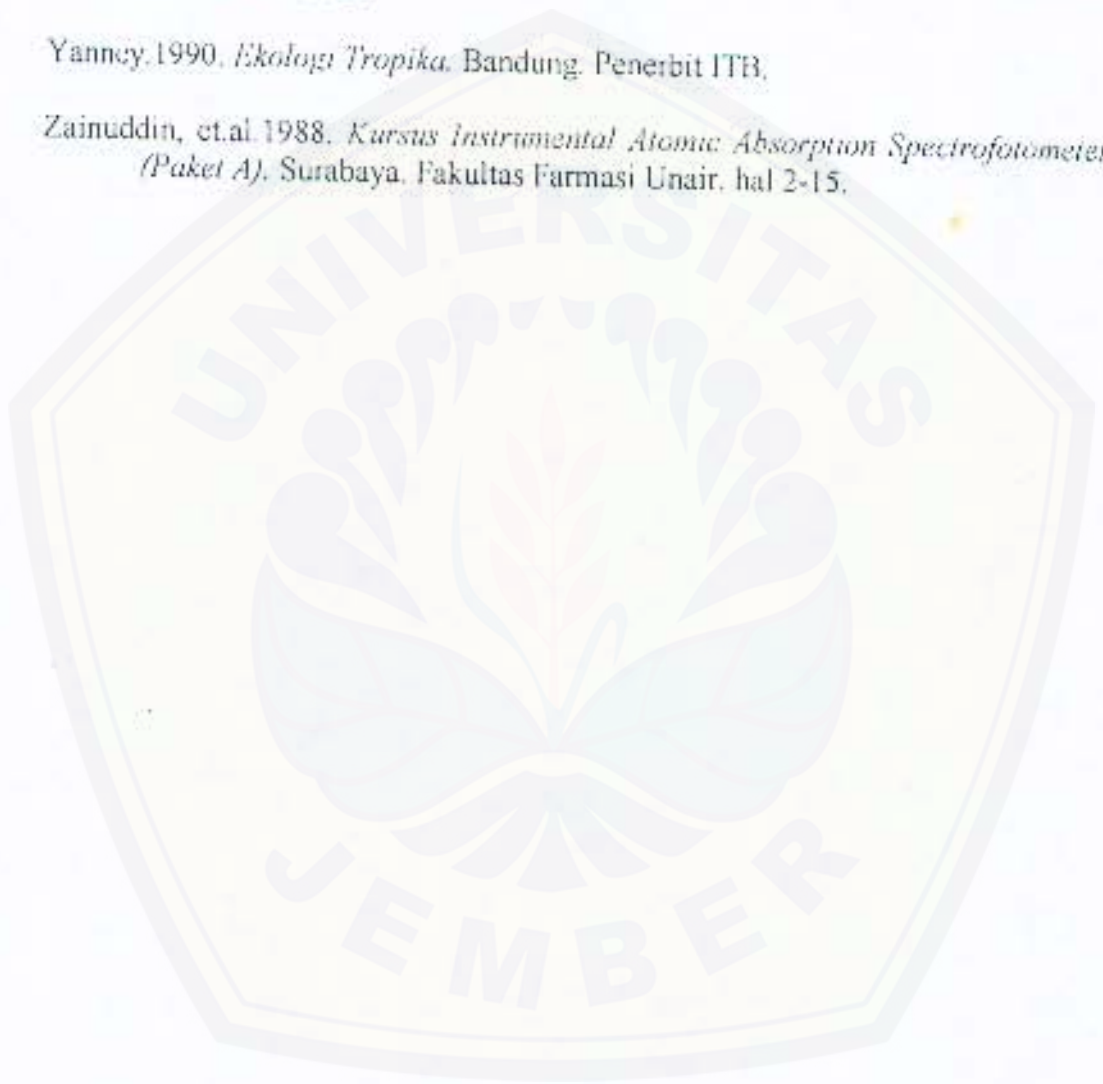
- Loon, Jon C.V.1985. *Selected Methodes of Trace Metal Analysis Biological and Environmental Samples*. Ontario. Vol 80. John Wiley and Sons Inc. hal 83-84, 93-94, 100.
- Munaf. Edison. 1997. *Teknik Sampling*. Bandung: Penerbit ITB.
- Nybakken, James. W. 1992. *Biologi Laut sebagai Pendekatan Ekologis*. Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta. Rincerta Cipta.
- Pikir, Suharno.1991. *Studi tentang Kandungan Logam Berat dalam Sedimen dan dalam Kupang di Daerah Estuari dekat Kali Surabaya*. Surabaya. LP Unair, hal 2,7,10,32.
- 1993. *Sedimen dan Kerang sebagai indikator adanya Logam Berat Cd, Hg, dan Pb dalam Pencemaran di Lingkungan Estuari*. Surabaya Disertasi Program Pasca Sarjana Unair, hal 6-7.
- Poetro.1991. *Zoologi*. Jakarta. Penerbit Erlangga
- Purwati, Sri. 2001. *Analisa Protein dalam Kupang*. Jember. UNEJ.
- Simkiss, et.al. 1995. *Metal Speciation and Bioavailibilty in Aquatic System : Transport of Metal Accros Membranes*. England.John Wiley and Sons Ltd.
- Simmons, I.G. 1981. *The Ecology of Natural Resources*. London. Edward Arnold. hal 202.
- Skoog D.A., West D. M., Holler F.J.1993. *Analytical Chemistry An Introduction Internasional Edition*. 6th Ed. Sounder College Publishing. pp 453,466.
- Soeriaatmadja, R.E. 1997. *Ilmu Lingkungan*. Bandung. Penerbit ITB.
- Sugito. 2000. *Peningkatan Kualitas Kesehatan melalui Penyediaan Air Bersih*. Wahana. edisi 37. TH.XII, hal 5 – 11.
- Uktoselyo, Henk. 1984. *Dampak Penyebaran Polutan di Laut*. Kumpulan Bahan Kuliah Kursus Dasar-dasar Analisis Dampak Linkungan. Surabaya. K1.11-PPKL-LP Unair. hal 20-27.
- Undang-Undang Republik Indonesia. 1984. *Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No 4*. hal 2-17.

USP XXIII. 1995. *Validation of Compendial Methods*. The United States Pharmacopeial Convention Inc. PA Mack Printing Coy Easton. hal 1982-1984.

Wood, J.M.1974. *Biological Cydes for Toxic Element in the Enviroment*. Science. 183 : 1049-1052.

Yanney.1990. *Ekologi Tropika*. Bandung. Penerbit ITB.

Zainuddin, et.al.1988. *Kursus Instrumental Atomic Absorption Spectrofotometer (Paket A)*. Surabaya. Fakultas Farmasi Unair. hal 2-15.



Lampiran 1. Data Kadar Air dalam Daging Kupang

Kadar Air dalam Daging Kupang selama bulan April - Juni 2002

Waktu Pengambilan Kupang	Ulangan									Kadar Air Rata-rata (%)
	1			2			3			
	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Kadar Air (%)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Kadar Air (%)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Kadar Air (%)	
I	50,0	12,0	76,0	50,0	12,34	75,33	50,0	12,33	75,33	75,55
II	50,0	12,34	75,33	50,0	12,0	76,0	50,0	12,0	76,0	75,77
III	50,0	12,0	76,0	50,0	12,34	75,33	50,0	12,34	75,33	75,55
IV	50,0	11,7	76,6	50,0	12,5	75,0	50,0	11,7	76,6	76,10
V	50,0	12,25	75,5	50,0	12,33	75,33	50,0	11,75	76,5	75,77
VI	50,0	12,0	76,0	50,0	12,33	75,33	50,0	12,34	75,33	75,55

Kadar Air daging kupang

Nomor	Kadar air (%)
1	75,76
2	72,86
3	72,08
Rata-rata	73,57

Sumber : Dwiana, 2001.

Lampiran 2. Data absorbansi larutan standar, larutan sampel dan kadar merkuri (Hg)

Absorban larutan standar merkuri (Hg)

Konsentrasi	Absorban			Rata-rata
	1	2	3	
0	0	0	0	0
0,125	0,007	0,008	0,007	0,007
0,25	0,012	0,012	0,012	0,012
0,5	0,022	0,022	0,021	0,022
1	0,037	0,038	0,038	0,038

Absorban dan kadar merkuri (Hg) dari larutan sampel kupang (20 gram / 25 ml.)

Waktu Pengambilan Kupang Minggu ke	Absorban			Rata-rata	Kadar Merkuri (Hg) (ppm)
	1	2	3		
I Bulan April 2002	0	0	0	0	0
III Bulan April 2002	0	0	0	0	0
I Bulan Mei 2002	0	0	0	0	0
III Bulan Mei 2002	0	0	0	0	0
I Bulan Juni 2002	0	0	0	0	0
III Bulan Juni 2002	0	0	0	0	0

Lampiran 3. Data absorbansi larutan standar, larutan sampel dan kadar tembaga (Cu)

Absorban larutan standar tembaga (Cu)

Konsentrasi	Absorban			Rata-rata
	1	2	3	
0	0	0	0	0
0,25	0,019	0,019	0,02	0,019
0,5	0,033	0,034	0,036	0,034
1	0,063	0,063	0,063	0,063
2	0,123	0,122	0,122	0,122

Absorban tembaga (Cu) dari larutan sampel kupang (8 gram / 50 ml.)

Waktu Pengambilan Kupang Minggu ke	Absorban			Rata-rata
	1	2	3	
I Bulan April 2002	0,009	0,009	0,010	0,0093
III Bulan April 2002	0,008	0,009	0,008	0,0083
I Bulan Mei 2002	0,010	0,009	0,011	0,010
III Bulan Mei 2002	0,006	0,007	0,007	0,0067
I Bulan Juni 2002	0,012	0,012	0,011	0,0127
III Bulan Juni 2002	0,008	0,009	0,009	0,0087

Kadar Tembaga (Cu) dalam daging kupang (berat kering dan berat basah)

Waktu Pengambilan Kupang Minggu ke	Konsentrasi (ppm) pada pengulangan ke			rata-rata (ppm) Berat Kering	rata-rata (ppm) Berat Basah
	1	2	3		
I Bulan April 2002	0,676	0,676	0,780	0,711	0,174
III Bulan April 2002	0,572	0,676	0,572	0,607	0,147
I Bulan Mei 2002	0,780	0,676	0,884	0,780	0,191
III Bulan Mei 2002	0,364	0,468	0,468	0,433	0,103
I Bulan Juni 2002	0,988	0,988	0,884	0,953	0,231
III Bulan Juni 2002	0,572	0,676	0,676	0,641	0,157

Lampiran 4

Perhitungan Validasi Metode (presisi), mencakup Simpangan Baku (s), dan Koefisien Variasi (KV) dari kadar tembaga (Cu) dalam daging Kupang selama periode pengambilan sampel

$$I. \quad s = \sqrt{\frac{(0,676 - 0,711)^2 + (0,676 - 0,711)^2 + (0,780 - 0,711)^2}{2}}$$

$$= 0,060$$

$$KV = \frac{0,060}{0,711} \times 100\% = 8,44\%$$

$$II. \quad s = \sqrt{\frac{(0,572 - 0,607)^2 + (0,676 - 0,607)^2 + (0,572 - 0,607)^2}{2}}$$

$$= 0,060$$

$$KV = \frac{0,060}{0,607} \times 100\% = 9,88\%$$

$$III. \quad s = \sqrt{\frac{(0,780 - 0,780)^2 + (0,676 - 0,780)^2 + (0,884 - 0,780)^2}{2}}$$

$$= 0,104$$

$$KV = \frac{0,104}{0,780} \times 100\% = 13,33\%$$

$$IV. \quad s = \sqrt{\frac{(0,364 - 0,433)^2 + (0,468 - 0,433)^2 + (0,468 - 0,433)^2}{2}}$$

$$= 0,060$$

$$KV = \frac{0,060}{0,433} \times 100\% = 13,86\%$$

$$V. \quad s = \sqrt{\frac{(0,988 - 0,953)^2 + (0,988 - 0,953)^2 + (0,884 - 0,953)^2}{2}}$$

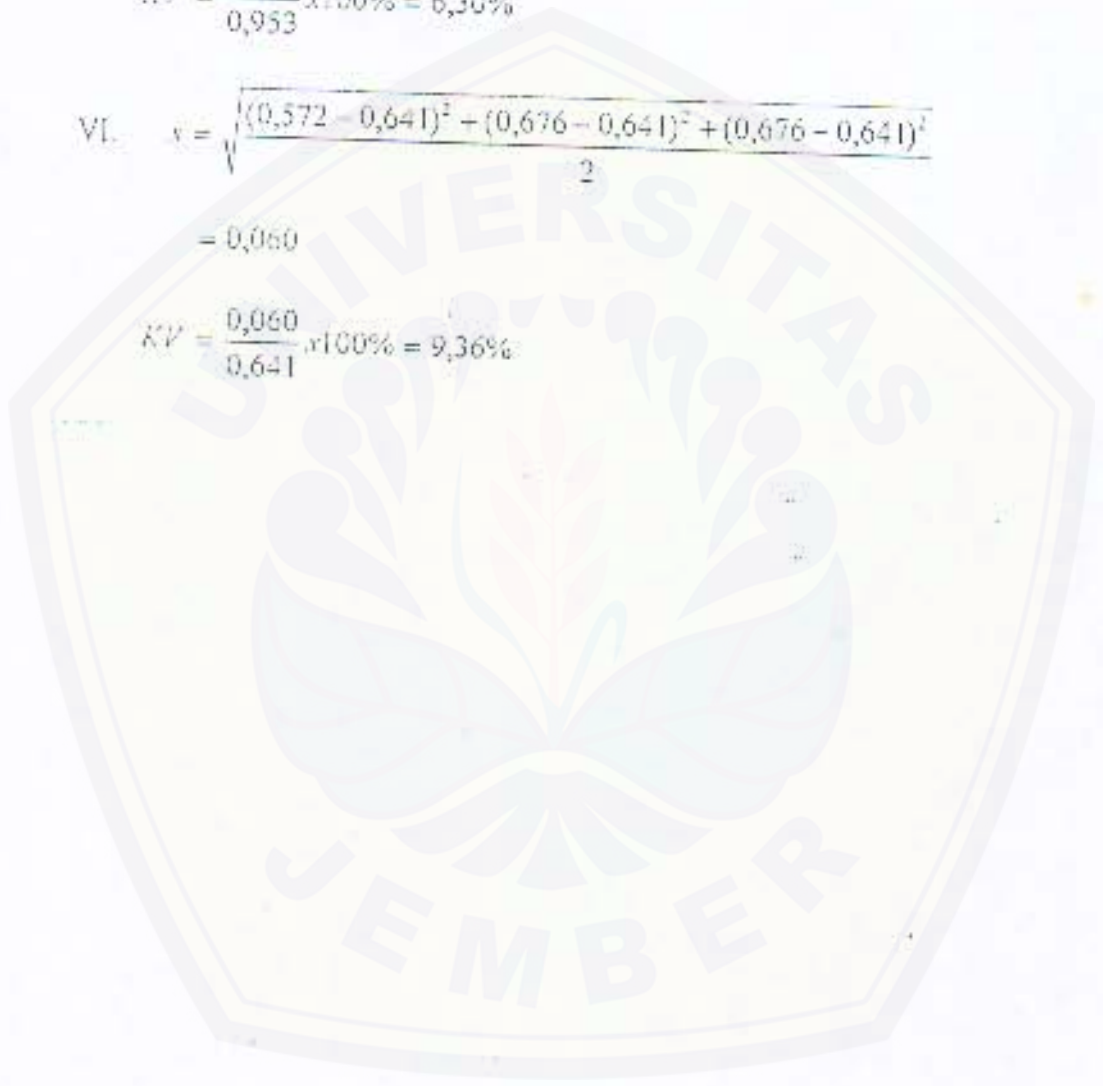
$$= 0,060$$

$$KV = \frac{0,060}{0,953} \times 100\% = 6,30\%$$

$$VI. \quad s = \sqrt{\frac{(0,572 - 0,641)^2 + (0,676 - 0,641)^2 + (0,676 - 0,641)^2}{2}}$$

$$= 0,060$$

$$KV = \frac{0,060}{0,641} \times 100\% = 9,36\%$$



Lampiran 5. Data Curah Hujan

Data curah hujan total di Kabupaten Pasuruan selama bulan April sampai bulan Juni 2002

Stasiun Hujan	Total Curah Hujan (liter/jam)		
	April	Mei	Juni
Gempol	501	175	280
Winong	610	351	282
Jembrung	485	223	328
Banyulegi	523	264	400
Kepulungan	534	326	365
Bareng	654	357	358
Randupitu	582	350	487
Tanggul	361	281	445
Jawi	764	491	385
Kasri	304	200	430
Wilo	704	554	361
Pngan	669	838	437
Telebuk	575	588	359
Pager	617	452	299
Bangil	594	428	447
Badong	599	469	328
Bekacak	647	526	565
Bambang	531	393	362
Tutur	544	425	375
Wonorejo	589	542	357
Selowengko	478	321	268
P3GI	424	308	285
Puspo	589	305	308
Kedawung	164	115	113
Kawisrejo	354	259	182
Gading	411	156	193
Winongan	458	289	259
Lumbang	457	0	244
Ranugrati	352	279	275
Panditan	848	518	575
Kwd.Grati	380	239	282
Nguling	372	240	221
Total	16.675	11.264	10.855

Data curah hujan total rata-rata di Kabupaten Pasuruan selama bulan April sampai bulan Juni 2002 setiap 2 minggu

Waktu Pengambilan Sampel	Curah Hujan (liter/jam)
I	109,06
II	154,29
III	43,89
IV	132,11
V	78,21
VI	91,4

