

- FISHERY PROCESSING
- MERCURY

## TESIS

### PENGARUH PENGOLAHAN TERHADAP PENURUNAN KADAR MERKURI DALAM IKAN KETING (*Osteogeneiosus militaris*)

TKA 08/05  
Red  
P



MILIE  
PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA

SRI REDJEKI

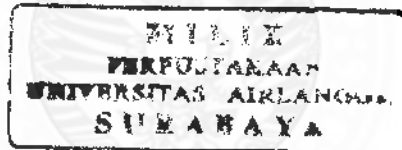
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2004

**PENGARUH PENGOLAHAN TERHADAP PENURUNAN  
KADAR MERKURI DALAM IKAN KETING  
(*Osteogenciosus militaris*)**

TKA 08/05  
Red  
P

**TESIS**

**Untuk Memperoleh Gelar Magister  
Dalam Program Studi Administrasi Kebijakan Kesehatan  
Pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga**



Oleh :

**SRI REDJEKI**  
**NIM 090210425L**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2004**

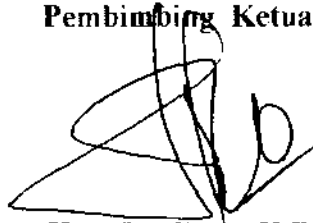
**Lembar Pengesahan**

**TESIS INI TELAH DISETUJUI**

**Tanggal : 13 Agustus 2004**

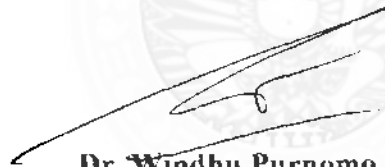
**Oleh**

**Pembimbing Ketua**



**Prof. Dr. . H.R. Soedibyo, H.P., dr. DTM**  
NIP. 130 359 279

**Pembimbing**



**Dr. Windhu Purnomo, dr., MS**  
NIP.131290052

**Tesis ini telah diuji dan dinilai  
oleh Panitia Penguji pada  
Program Pascasarjana Universitas Airlangga  
Pada tanggal : 7 Agustus 2004**

**Panitia Penguji :**

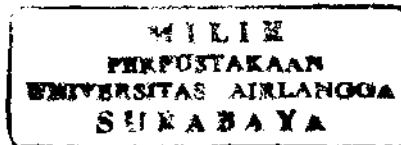
**Ketua : Dr. Hj. Tri Martiana, dr, M.Kes**

**Anggota : 1. Prof. Dr. . H.R. Soedibyo. H.P., dr, DTM**

**2. Dr.. Windhu Purnomo, dr, MS**

**3. Soedjajadi Keman, dr, MS, PhD**

**4. Retno Utami, Ir. M.Kes.**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya sehingga tesis dengan judul “ Pengaruh Pengolahan Terhadap Kadar Merkuri Pada Ikan Keting” ini dapat diselesaikan pada waktunya dan sekaligus merupakan prasyarat dalam penyelesaian pendidikan Strata 2 pada Program Studi Administrasi Kebijakan Kesehatan Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga.

Pencemaran logam berat khususnya merkuri saat ini banyak menimbulkan masalah antara lain karena dapat merusak lingkungan dan mengkontaminasi produk bahan pangan khususnya ikan sehingga dapat meracuni manusia yang memakannya. Di satu sisi mengkonsumsi ikan laut merupakan salah satu upaya pemenuhan kebutuhan akan gizi yang berasal dari protein hewani selain dari daging unggas dan ternak namun disisi lain ada bahaya kontaminasi logam berat. Sehubungan itu perlu dilakukan upaya bagaimana cara yang sederhana dan mudah oleh masyarakat umum menurunkan kandungan logam merkuri yang ada dalam ikan hingga mencapai level aman untuk dikonsumsi. Cara pengolahan dengan metoda pemanasan/pemasakan yang sederhana seperti menggoreng, mengukus, membakar dan merebus dapat memberikan hasil penurunan kadar merkuri yang cukup besar dalam daging ikan. Dalam tesis ini akan membuktikan sejauh mana pengaruh pengolahan terhadap penurunan kandungan merkuri pada ikan, khususnya ikan keting.

Terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Prof. Dr. H.R. Soedibyo H.P., dr, DTM selaku pembimbing ketua yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, dorongan, semangat dan nasehat serta saran dari awal hingga selesainya tesis ini.

Tak lupa saya sampaikan terima kasih yang sebesar-sebesarannya kepada Bapak Dr. Windhu Purnomo., dr, MS. selaku pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta tenaga untuk memberikan bimbingan, semangat serta saran demi kebaikan tesis ini.

Dalam kesempatan ini pula saya ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian hingga selesainya penulisan tesis, terutama kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Med. Puruhito, dr selaku Rektor Universitas Airlangga
2. Bapak Prof Dr. H. Mohamad Amin, dr.. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga
3. Ibu Dr. Nyoman Anita Damayanti drg, MS, selaku ketua Program Studi Administrasi Kebijakan Kesehatan Program Pascasarjana Universitas Airlangga
4. Bapak Soedjajadi Keman dr, MS, PhD selaku ketua Minat Studi Kesehatan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Airlangga dan sekaligus dosen penguji yang telah banyak memberikan wawasan, bimbingan, arahan dan masukan demi selesainya penelitian dan tesis ini.
5. Ibu Dr.Hj. Tri Martiana selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan wawasan, arahan, kritik dan saran untuk selesainya penelitian dan tesis ini
6. Ibu Hj. Retno Utami Ir, M.Kes, dosen penguji yang telah banyak memberikan dorongan dan semangat untuk menyelesaikan studi pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga
7. Bapak Ir. H. Iswahjudi, MM, Kepala Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Jawa Timur yang telah memberikan ijin, dorongan, dan kesempatan kepada saya untuk melanjutkan studi pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga

8. Bapak Ir. A. Harris Santoso MM, Kepala Sub Dinas Budidaya dan Perbenihan Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Jawa Timur yang telah banyak memberikan ijin, dan kesempatan kepada saya untuk melanjutkan studi pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga
9. Bapak Ir. Hadi Soelistono MM, Kepala Balai Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Perikanan yang telah memberi kesempatan melakukan penelitian di laboratorium yang dipimpinnya.
10. Bapak Ir. Fatchur Rozak Kepala Seksi Pengujian Mutu pada Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Perikanan yang telah banyak membantu saya dalam melakukan dan menyelesaikan penelitian di laboratorium
11. Para dosen pengajar dan staf pada Minat Studi Kesehatan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Airlangga yang telah banyak memberikan bantuan, dorongan dan semangat kepada saya dalam menyelesaikan studi pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga
12. Rekan-rekan sejawat pada Sub Dinas Budidaya dan Perbenihan Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Jawa Timur yang telah banyak memberikan dorongan, bantuan dan semangat selama saya menyelesaikan studi pada Program Pasca sarjana Universitas Airlangga
13. Rekan-rekan sekelas pada Minat Studi Manajemen Kesehatan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Airlangga yang sama-sama berjuang, saling membantu dan memberikan dorongan semangat selama menempuh pendidikan.
13. Lebih khusus lagi kepada suamiku tercinta Ir. Suparmin Supar MMBA-T yang dengan sabar, penuh perhatian, pengertian serta kasih sayang, memberikan

bantuan, dorongan dan semangat yang tidak sedikit nilainya demi kelancaran pendidikan saya.

14. Untuk anak-anakku tersayang, Sakti, Lina dan Adinda yang telah banyak memberikan dorongan dan semangat yang tidak sedikit nilainya demi kelancaran pendidikan saya
15. Almarhum ayahanda dan almarhum ibunda yang telah membesarkan dan membimbing saya dalam kehidupan ini
16. Bapak Soedarsono P dan Ibu Nurani yang telah banyak memberikan andil, dorongan, bantuan dan semangat kepada saya.

Akhirnya kepada semua pihak yang telah membantu, memberikan sumbang saran, perhatian dan dukungan yang tulus ikhlas selama saya mengikuti pendidikan dengan ini saya menyampaikan terima kasih yang tak terhingga. Semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala amal baik tersebut.

Surabaya

Agustus 2004



**RINGKASAN****Pengaruh Pengolahan Terhadap Penurunan Kadar Merkuri  
Pada Ikan Keting****Sri Redjeki**

Ikan merupakan sumber bahan pangan yang bergizi karena merupakan sumber protein hewani yang sangat dibutuhkan manusia. Namun demikian ia mempunyai potensi sebagai sumber untuk masuknya bahan berbahaya ke tubuh manusia yaitu dengan adanya logam merkuri dalam ikan. Merkuri (air raksa) merupakan logam berat yang sangat toksik (beracun) dibandingkan logam berat lainnya. Logam merkuri dapat masuk ke lingkungan perairan melalui buangan industri, rumah tangga maupun aktifitas domestik lainnya. Perairan yang tercemar logam merkuri menyebabkan organisme perairan yang hidup didalamnya termasuk ikan dan biota lainnya akan terkontaminasi logam berat merkuri tersebut. Dengan adanya ikan yang tercemar merkuri akan potensial membawa dampak terhadap kesehatan manusia karena sebagai salah satu bahan pangan tentunya merupakan salah satu sumber masuknya merkuri ke tubuh manusia. Keracunan logam merkuri ini dapat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan manusia sebagaimana yang pernah terjadi di Jepang yang lebih dikenal dengan penyakit Minamata. Keracunan logam merkuri tingkat ringan timbul pusing, sakit kepala dan mudah lelah, sedangkan pada keracunan tingkat tinggi menyebabkan gangguan saraf perasa dan saraf pusat, tremor, penglihatan terganggu, gerakan menjadi lambat, sulit bicara dan kematian.

Untuk mengetahui cara yang mudah dan praktis guna menurunkan kadar merkuri pada ikan agar aman dikonsumsi, maka telah dilakukan penelitian terhadap metoda pengolahan yang selama ini telah dikembangkan di masyarakat. Secara umum tujuan penelitian adalah untuk mempelajari dan menganalisis pengaruh pengolahan terhadap penurunan kadar logam berat merkuri pada ikan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan keting yang banyak terdapat di Pantai Kenjeran Surabaya yang selama ini diduga telah tercemar oleh logam berat merkuri. Berat ikan yang digunakan rata-rata 250 gram.

Perlakuan yang diberikan adalah merupakan kombinasi dari (1) Pengolahan ikan dengan cara pemanasan terdiri dari rebus, kukus, goreng dan bakar (2) Penggunaan cuka terdiri dari pemberian dengan cuka dan tanpa cuka dan (3) waktu pengolahan terdiri dari : waktu 10 menit dan waktu 20 menit. Jumlah kombinasi perlakuan sebanyak 16 perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang dua kali dan ikan yang digunakan adalah 32 ekor. Pemeriksaan laboratorium untuk mengetahui kandungan merkuri pada ikan keting dilakukan dua kali yaitu pada waktu sebelum dilakukan perlakuan dan setelah dilakukan perlakuan. Pemeriksaan merkuri dilakukan di laboratorium dengan menggunakan metoda Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Teknik analisis data menggunakan uji statistik analisis varians tiga arah (*Three - Way Analysis of Varians*)

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa ada pengaruh yang nyata dari perlakuan terhadap penurunan kadar merkuri pada ikan keting. Rata-rata penurunan kadar merkuri pada ikan keting setelah dilakukan perlakuan pengolahan adalah 87,2 persen. Metoda goreng, merupakan metoda yang dapat menurunkan kadar merkuri pada ikan keting rata-rata sebesar 94,66 persen, yang tidak berbeda nyata dengan metoda kukus sebesar 88,87 persen, dan metoda bakar 88,66 persen namun ketiganya berbeda nyata dengan metoda rebus yang menurunkan kadar merkurinya sebesar 76,52 persen. Rata-rata penurunan kadar merkuri pada ikan keting dengan perlakuan pemberian cuka sebelum direbus, dikukus, digoreng dan dibakar memberikan penurunan sebesar 86,14 persen, tidak berbeda nyata dengan penurunan rata-rata kadar merkuri pada ikan keting tanpa cuka sebesar 88,26 persen. Pengolahan dengan metode goreng, kukus, rebus dan bakar selama 20 menit memberikan penurunan kadar merkuri pada ikan keting yang lebih tinggi yaitu sebesar 92,7 persen dari pada waktu 10 menit yang menurun sebesar 81,6 persen. Tidak ada interaksi antar perlakuan metoda pengolahan, pemberian cuka dan lamanya waktu pengolahan.

Kesimpulannya adalah bahwa pengolahan dengan pemanasan (direbus, dikukus, digoreng dan dibakar) berpengaruh terhadap penurunan kadar merkuri pada ikan keting secara signifikan. Pemberian cuka dan tidak diberi cuka tidak berbeda terhadap penurunan kadar merkuri pada ikan keting dan lamanya waktu pengolahan memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap penurunan kadar merkuri pada ikan keting.

Selanjutnya disarankan bahwa masyarakat perlu melakukan pemasakan terlebih dahulu (memproses dengan metoda pemanasan) bila diduga ikan yang dikonsumsi berasal dari perairan yang mengandung logam berat merkuri khususnya dengan digoreng, dikukus, dibakar atau direbus dan tidak mengkonsumsi dalam bentuk mentah/segar (belum dimasak) untuk menghindari kemungkinan masuknya logam berat merkuri ke tubuh manusia.

## SUMMARY

### The Effect of Processing to Decreasing of Mercury Concentration in Keting Fish

Sri Redjeki

Fish is one of important nutritional foodstuff because which contains animal protein that is required by human body. Unfortunately, it has also a potency to bring a hazardous material to human body by the contamination of heavy metal mercury. Mercury (Hg) is more toxic than other heavy metal. Mercury can enter the aquatic environment from industrial waste, domestic and miscellaneous waste. A polluted aquatic environment by mercury is harmful to aquatic organism most certainly because they and they will be contaminated too. If mercury contaminated fish is consumed by human, it may cause an adverse health effect, such as what happened in Japan known as "Minamata disease". Low level of mercury poisoning resulted in dizziness, headache and easily being fatigue. High level of mercury poisoning caused peripheral and central nerve disorder, tremor, sight deteriorating, clumsy and slow movement, speaking disorder and death. A study was executed to know the easy and practical way to reduce mercury concentration in fish for safety level consumption by adopting the processing method in the community. In general, the aim of this study is to learn and to analyze the effect of processing to reducing mercury concentration in fish. This was an experimental study using keting fish (sea cat fish) bought from Kenjeran beach in Surabaya assuming it was polluted by mercury. The average weight of treated fish was 250 gram.

The treatments were combination of : (1) Fish processing with heating methods (cooking) by way of boiling, steaming, frying and grilling (2) Acetic acid treatment by way of soaking acetic acid (25%) and without soaking in acetic acid and (3) Duration of fish heating methods : 10 minutes and 20 minutes. The total combination of treatment was 16 and every treatment was replicated twice to 32 fish. Mercury concentration in keting fish before and after treatment was determined by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) in lab. Three way variant analysis was a statistical method that used in this study.

The result of the study showed that there was significant effect between of treatments to decrease of mercury concentration in keting fish. The average decrease of mercury concentration in keting fish (after treatments) was 87.2%. The frying method yielded effect on decreasing mercury concentration with an average reduction 94.66% no significant effect with steaming method which has an average decrease 88.87% and grilling method with an average decrease 88.66%. Frying, steaming and grilling method have significant effect with boiling method which has an average decrease 76.52%. There was no significant effect between soaking with acetic acid and without acetic acid. The average decrease of mercury concentration soaked in acetic acid was 86.14% and without acetic acid was 88.26%. There was a significant effect between duration of 10 minutes processing and 20 minutes processing. The 20 minutes processing yielded 92.7% decrease in mercury concentration which was higher than

decrease Of 81.6% of 10 minutes processing . There was no interaction between treatments..

The conclusion of the study is that the heat processing (boiling, steaming, frying and grilling) has significant effect to decrease mercury concentration in keting fish . Soaking with acetic acetic has no significant effect to decreasing mercury concentration in keting fish and the duration of processing has significant effect ditto..

It is suggested to the community to cook fish (heat processing) before consuming it , especially if the fish is suspected from polluted aquatic environment, The specific treatments are frying, steaming, grilling and boiling in respective order. Do not ever consume uncooked fish to avoid mercury contamination. It is also suggested to hold further study about effect of processing to the concentration of other heavy metal in fish.



## ABSTRACT

### The Effect of Processing to Decreasing of Mercury concentration in Keting Fish

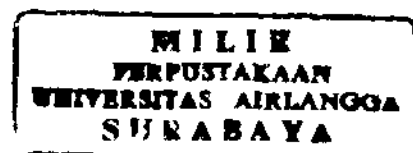
Sri Redjeki

Mercury is a heavy metal that is very toxic to human health. A study was held to know the easy and practical method of decreasing mercury concentration for safety level consumption. The purpose of this study is to know the effect of processing to reducing of mercury in fish.

This was an experimental study using keting fish from Kenjeran beach, assuming that it was polluted by mercury. The average weight of treated fishes was about 250 grams. The treatments were a combination of : (1) Fish processing with heating methods (cooking) including: boiling, steaming, frying and grilling (2) Acetic acid treatment including : soaking by acetic acid (25%) and without soaking and (3) Duration of fish heating methods : 10 and 20 minutes. The total combination of treatment was 16 and every treatment was replicated twice to 32 fish. Mercury concentration in keting fishes- before and after treatment- was determined by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) in lab. The statistical method used in this study was three way variant analysis

The study showed that there was significant effect between of treatment to decrease mercury in keting fish. The heat processing (boiling, steaming, frying and grilling) has significant effect to decrease mercury in keting fish. The average decrease of mercury concentration in keting fish after treatment was 87.2%. The frying method yielded effect on decreasing mercury concentration with an average reduction 94.66% no significant effect with steaming and grilling which has average decrease 88.87% and 88.66%. Frying, steaming and grilling method have significant effect with boiling method which has an average decrease 76.52%. Soaking with acetic has no significant effect to decrease mercury in keting fish. The average decrease of mercury concentration of soaking in acetic acid was 86.14% and without acetic acid was 88.265. There was significant effect between duration of 10 and 20 minutes processing. The 20 minutes processing gave result to decreasing mercury concentration in fish (92.7%) higher than 10 minutes 81,6%.

**Key words : Fish, mercury concentration, processing.**



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>Sampul Depan</b> .....	
<b>Sampul Dalam</b> .....	
<b>Prasyarat Gelar</b> .....	i
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	ii
<b>Penetapan Panitia Penguji</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar belakang Masalah .....	8
1.2. Rumusan Masalah .....	9
1.3. Tujuan Penelitian .....	9
1.3.1. Tujuan Umum .....	9
1.3.2. Tujuan Khusus .....	10
1.4. Manfaat Penelitian .....	11
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	11
2.1. Ikan Sebagai Sumber Bahan Pangan .....	11
2.1.1. Manfaat Ikan .....	13
2.1.2. Keamanan Pangan .....	14
2.1.3. Deskripsi Ikan Keting .....	15
2.2. Logam merkuri .....	15
2.2.1. Sifat-sifat logam merkuri .....	19
2.2.2. Pengaruh logam merkuri terhadap kehidupan ikan dan biota air .....	23
2.2.3. Pengaruh Logam Merkuri Terhadap Kesehatan Manusia .....	26
2.3. Penurunan Kadar Merkuri Ikan Melalui Pengolahan .....	26
2.3.1. Penggunaan Asam Cuka Pada Ikan .....	28
2.3.2. Cara Pengolahan Makanan (Ikan) .....	31
<b>BAB 3 KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN</b> .....	31
3.1. Kerangka Konsep Penelitian .....	33
3.2. Hipotesis Penelitian .....	34
<b>BAB 4 METODE PENELITIAN</b> .....	34
4.1. Rancangan Penelitian .....	37
4.2. Populasi, Sampel dan Besar Sampel .....	37

4.3. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional .....	37
4.4. Bahan dan Instrumen Penelitian .....	40
4.5. Prosedur Penelitian .....	41
4.6. Lokasi dan waktu Penelitian.....	43
4.7. Tehnik Analisis Data .....	43
<b>BAB 5. ANALISIS DATA PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
5.1. Data Penelitian .....	43
5.2. Analisis dan Hasil Penelitian .....	50
5.2.1. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Merkuri Pada Ikan Keting .....	50
5.2.2. Pengaruh Metoda Pengolahan Dengan Pemanasan (rebus, kukus, goreng dan bakar) terhadap penurunan kandungan merkuri.....	52
5.2.3. Pengaruh Pemberian Cuka Terhadap Penurunan Kandungan Merkuri .....	54
5.2.4. Pengaruh Waktu Pengolahan Terhadap Penurunan Kandungan Merkuri .....	55
5.2.5. Pengaruh interaksi antara metoda pengolahan, pemberian cuka dan waktu pengolahan terhadap penurunan kandungan merkuri pada ikan keting .....	57
<b>BAB 6 PEMBAHASAN .....</b>	<b>59</b>
<b>BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>66</b>
7.1. Kesimpulan .....	66
7.2. Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>72</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Penurunan kandungan merkuri pada ikan keting karena perlakuan pengolahan.....	30
Tabel 4.1 Hubungan kandungan merkuri pada ikan dengan perlakuan pengolahan .....	36
Tabel 4.2. Pola eksperimen antara perlakuan dan ulangan .....	36
Tabel 5.1. Kadar merkuri pada ikan keting sebelum dilakukan perlakuan pengolahan.....	45
Tabel 5.2. Kadar merkuri pada ikan keting sesudah dilakukan perlakuan pengolahan.....	46
Tabel 5.3. Selisih kadar merkuri pada ikan keting sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan pengolahan.....	47
Tabel 5.4. Persentase penurunan merkuri ikan keting setelah perlakuan pengolahan.....	48
Tabel 5.5. Penurunan kadar merkuri ikan keting berdasarkan macam pemanasan, pemberian cuka dan waktu pemanasan .....	49
Tabel 5.6. Analisis sidik ragam perlakuan pengolahan terhadap persentase penurunan kandungan merkuri ikan keting.....	51
Tabel 5.7. Analisis sidik ragam terhadap selisih (penurunan) kadar merkuri ikan keting sebelum dan sesudah perlakuan pengolahan ..	51
Tabel 5.8. Penurunan kadar merkuri sebelum dan sesudah perlakuan dengan metoda pengolahan .....	52
Tabel 5.9. Analisis Beda Nyata Terkecil dari perlakuan metoda pengolahan .....	53
Tabel 5.10 Penurunan kadar merkuri pada ikan keting sebelum dan sesudah perlakuan pengolahan dengan pemberian cuka .....	54
Tabel 5.11. Penurunan kandungan merkuri sebelum dan sesudah pengolahan selama 10 menit dan 20 menit .....	57



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Kerangka Konseptual Penelitian .....	31
Gambar 4.1. Bagan Kombinasi Perlakuan	35
Gambar 5.1. Persentase penurunan kadar merkuri dari tiap metoda pengolahan .....	54
Gambar 5.2. Persentase penurunan kadar merkuri pada ikan keting dari pemberian cuka dan tanpa cuka .....	55
Gambar 5.3. Persentase penurunan kadar merkuri dari perlakuan lama pengolahan .....	56



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Analisa Kandungan Merkuri
- Lampiran 2 Hasil Analisa Statistik
- Lampiran 3. Data Ukuran, Panjang, Lebar dan Berat Ikan Keting Obyek Penelitian
- Lampiran 4. Foto-foto Kegiatan



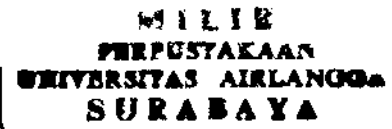


# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1. Latar Belakang

Sciring dengan semakin meningkatnya penduduk dunia, maka kebutuhan akan bahan pangan (makanan) semakin meningkat. Berbagai upaya telah dikembangkan dan digunakan untuk meningkatkan pasokan bahan pangan, baik dengan upaya meningkatkan produksi bahan makanan maupun pengolahannya guna mempertahankan nilai gizi dan sifat organoleptik bahan pangan tersebut.

Makanan adalah kebutuhan hayati bagi manusia. Dengan makanan, manusia akan memperoleh memperoleh tenaga (energi) yang diperlukan untuk kelangsungan hidupnya melalui proses metabolisme yang kompleks dari tingkatan organ sampai ke tingkatan seluler. Menurut Amsyari (1996) makanan umumnya diharapkan berperan dalam : (a) memberikan tenaga kepada tubuh, (b) membangun jaringan-jaringan baru, memelihara dan memperbaiki yang tua dan rusak dan (c) mengatur proses biologi atau faali dalam tubuh.

Makanan yang baik dan memenuhi syarat kesehatan merupakan salah satu unsur untuk mencapai tingkat kesehatan masyarakat yang optimal. Peningkatan kualitas hidup manusia baik secara individu dan masyarakat perlu didukung adanya penyediaan bahan pangan yang memadai baik kuantitas maupun kualitasnya. Bahan makanan yang berkualitas adalah bahan makanan yang higienis dan bergizi yaitu adanya kecukupan kandungan zat karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan

mineral serta bebas dari kontaminasi bahan-bahan yang dapat menimbulkan penyakit.

Salah satu bahan pangan yang banyak terdapat di Indonesia adalah ikan. Ikan merupakan salah satu bahan pangan yang sangat penting karena mengandung zat gizi utama berupa protein, lemak, vitamin dan mineral. Protein ikan menyediakan lebih kurang  $\frac{2}{3}$  dari kebutuhan protein hewani yang diperlukan manusia. Kandungan protein ikan relatif besar yaitu antara 15 – 25 persen per 100 gram daging ikan. Protein ikan terdiri dari asam-asam amino yang seimbang yang hampir seluruhnya diperlukan oleh tubuh manusia (Junianto, 2003). Disamping itu ikan juga mengandung asam lemak omega 3 yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan otak dan retina serta dapat mencegah berbagai penyakit degeneratif (Irianto dan Purnomo, 2000).

Ditinjau dari segi ekonomi hasil perikanan di Indonesia berpotensi menghasilkan devisa bagi negara melalui ekspor hasil perikanan unggulan, sedangkan ditinjau dari sudut gizi, hasil perikanan merupakan sumber penyedia pangan yang strategis karena tersedianya jenis ikan yang relatif murah dan mudah didapat karena sebagian besar wilayah Indonesia berupa perairan baik perairan darat maupun laut.

Bahan makanan di satu sisi sangat diperlukan bagi menopang kehidupan manusia. Namun pada sisi lain juga mengandung potensi yang membahayakan karena bahan yang bersifat merugikan tubuh manusia sering dapat memasuki sistem biologis melalui media makanan dan menyebabkan penyakit yang lebih dikenal sebagai "*food borne disease*". Penyebab *food borne disease* dapat

berasal dari golongan biologis yaitu parasit, bakteri, dan virus, serta dari golongan kimiawi. Dari golongan kimiawi terutama karena adanya kontaminasi bahan berbahaya dalam bahan makanan berupa pestisida, pupuk buatan dan bahan kimia yang ditambahkan kedalam makanan (Yudhastuti dan Keman, 2003) atau tercemar pula oleh bahan yang berbahaya akibat polusi lingkungan. Salah satu contoh tercemarnya bahan makanan (pangan) akibat polusi lingkungan adalah adanya logam merkuri dalam ikan (dan hasil perikanan lainnya) yang ditangkap di perairan yang tercemar (Lu, 1995, Irianto dan Purnomo, 2000)

Merkuri (air raksa) merupakan logam berat yang sangat toksik (beracun) dan dapat menimbulkan gangguan terhadap kehidupan hewan dan biota lainnya dan terutama terhadap kesehatan manusia. Pada manusia keracunan logam merkuri tingkat ringan timbul pusing, sakit kepala dan mudah lelah, sedangkan pada keracunan tingkat tinggi menyebabkan kerusakan ginjal, sendi kaku, penglihatan terganggu, kelainan sistem syaraf dan kematian (Mukono, 2000).

Kasus keracunan merkuri dilaporkan pernah terjadi di Minamata (Jepang) pada tahun 1953 sampai tahun 1960. Pada periode tersebut telah jatuh korban diantara warga/penduduk yang sebagian adalah nelayan, dimana dilaporkan lebih dari 100 orang menderita cacat dan 43 orang diantaranya meninggal dan 119 bayi yang lahir cacat. Sumber utama keracunan merkuri adalah pembuangan limbah pabrik plastik ke lingkungan perairan (laut). Walaupun kadar merkuri yang dibuang ke laut kecil, namun karena proses biokonsentrasi dan bioakumulasi maka kadar merkuri yang terdapat dalam ikan menjadi berlipat kali

sekitar 27 - 102 ppm (Wardhana, 2001). Kadar ini tentu akan menjadi lebih besar lagi apabila ikan dimakan oleh manusia. Proses pelipatan kandungan merkuri dan akumulasinya (biomagnifikasi) di dalam tubuh manusia inilah yang menyebabkan terjadinya keracunan. Seringkali merkuri ditemukan pada ikan karena limbah industri yang mengandung merkuri dibuang ke sungai atau laut tempat merkuri diubah menjadi methyl merkuri oleh bakteri, kemudian masuk ke rantai makanan dan terkonsentrasi pada ikan (Adams dan Montarjemi, 2004).

Wardhana (2001) menyatakan bahwa beberapa penelitian telah menunjukkan beberapa perairan di Indonesia telah tercemar oleh merkuri. Penelitian pada nelayan Muara Angke di Teluk Jakarta menunjukkan bahwa kontaminasi merkuri pada nelayan di Muara Angke telah mencapai tingkat yang perlu mendapatkan perhatian yang serius. Begitu pula berdasarkan penelitian Balai Teknik Kesehatan Lingkungan pada tahun 1997 (Anonymous, 1998) yang menyatakan bahwa di wilayah Pantai Kenjeran ikan dan biota lainnya seperti kerang di daerah tersebut telah tercemar logam berat sehingga dikhawatirkan membahayakan bagi masyarakat yang mengkonsumsinya. Masyarakat yang mempunyai kebiasaan makan ikan dan kerang merupakan individu yang memiliki risiko keracunan yang paling tinggi. Selanjutnya dari hasil penelitian Balai Teknik Kesehatan Lingkungan pada tahun 1997 menyatakan bahwa kadar merkuri dalam ikan tetengek (*Megaspis cardia*) antara 0,133 – 1,049 ppm, kerang tahu (*Periglypta purpurea*) 0,01 – 1,345 ppm, kerang darah (*Anadara cornea*) 0,01 – 1,340 ppm, ikan bawal putih (*Pampus argenteus*) 0,019 – 1,740 ppm, sedangkan Sudarmadji dkk (2001) yang mengadakan penelitian terhadap

nelayan di daerah Pantai Kenjeran Surabaya, menyatakan bahwa kadar merkuri pada daging kupang (sejenis kerang, *Corbula faba*) yang diteliti sebesar 0,6023 ppm. *Food and Drug Administration* (FDA) menetapkan batasan kandungan maksimum adalah 0,005 ppm untuk air dan 0,5 ppm untuk makanan termasuk untuk ikan dan kerang, sedangkan *World Health Organization* (WHO) menetapkan batasan maksimum yang lebih rendah yaitu 0,0001 ppm untuk air (Fardiaz, 1992), dan 0,05 ppm untuk ikan yang dikonsumsi manusia (Sudarmadji et al 2001). Berdasarkan SK Dirjen POM Nomor : 03725/B/SK/VII/89 maka ambang batas kadar Hg dalam makanan secara nasional di Indonesia adalah sebesar 0,5 mg/kg. Namun demikian perlu diwaspadai adanya warga masyarakat yang memiliki risiko tinggi mengalami keracunan Hg melalui konsumsi ikan secara terus menerus seperti pada warga nelayan Pantai Kenjeran Surabaya agar tidak mengalami kasus seperti di Minamata Jepang.

Dengan adanya potensi makanan dalam mengganggu kesehatan ini, maka dalam bidang kesehatan masyarakat telah dikembangkan upaya mengurangi dampak negatif dari makanan dan dikenal dengan sebagai sanitasi makanan (food sanitation). Sanitasi makanan tersebut meliputi berbagai bentuk upaya penanganan makanan dan perlindungan makanan terhadap kontaminasi selama proses pengadaan, pengolahan hingga penyajian ke konsumen agar layak dimakan. Tujuannya adalah antara lain untuk menjamin keamanan pangan (food safety) guna mencegah konsumen dari penyakit. Menurut Amsyari (1996) beberapa syarat makanan yang layak dimakan antara lain adalah cukup dalam hal derajat



kematangannya dan bebas dari pencemaran pada tahapan produksi sampai penjualan.

Dalam kaitan dengan konsumsi ikan yang diduga telah tercemar logam berat, maka ada perbedaan dalam kebiasaan cara penyajian makanan tersebut antara masyarakat di Indonesia dan di Jepang. Umumnya masyarakat di Indonesia mengkonsumsi ikan dalam keadaan telah mengalami proses pengolahan dan pemasakan dengan cara direbus, digoreng, dibakar dan cara-cara pemasakan lainnya disertai adanya tambahan bumbu. Hal ini berbeda dengan dengan kebiasaan makan ikan di Jepang, selain dikonsumsi dengan cara pemasakan (matang) mereka juga mengkonsumsi ikan secara mentah, sehingga kandungan logam berat yang terdapat pada ikan secara langsung akan termakan oleh manusia yang mengkonsumsinya tanpa adanya upaya penurunan kadar logam berat tersebut.

Mengingat ikan termasuk bahan makanan yang mempunyai kandungan gizi yang cukup tinggi, cukup banyak tersedia pasaran serta banyak disukai masyarakat sehingga peranannya sangat penting dalam penyediaan bahan pangan yang berprotein tinggi, maka perlu diupayakan cara-cara pengolahan untuk penurunan kadar logam berat tersebut agar mencapai level yang aman untuk dikonsumsi.

Cara pengolahan sebelum ikan disajikan diharapkan dapat menurunkan kadar logam berat dari ikan yang telah mengandung logam berat tersebut meskipun ada pendapat bahwa logam berat yang terdapat dalam makanan merupakan zat yang sulit dikeluarkan dan cenderung permanen terdapat dalam bahan makanan

walaupun telah dilakukan pengolahan /pemasakan Menurut Imaduddin dan Keman (2000), ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk) yang direndam dengan asam asetat (cuka dapur) dengan konsentrasi 25 persen selama 1 jam dapat menurunkan kadar logam berat Pb pada ikan tersebut sebesar 44,76 persen. Sari (2000) juga menyatakan kandungan logam berat Cadmium pada kerang bulu (*Anadara indica*) yang direndam dengan larutan cuka 25 persen selama 1 jam dapat menurun sebesar 63,2 persen. Hal ini karena asam asetat merupakan "chelating agent" yaitu bahan yang dapat mengikat suatu ion metal seperti Hg, Pb dan Cd.

Sudarmadji dkk (1999) menyatakan bahwa cara memasak yaitu dengan merebus, mengukus ataupun menggoreng dapat menurunkan kandungan logam berat Pb. Dari hasil penelitian Sudarmadji dkk (1999) didapatkan bahwa kupang (*Corbula faba*) yaitu sejenis kerang di Pantai Kenjeran mengalami penurunan kadar logam berat hingga 29,7 persen setelah mengalami proses pemasakan. Selain itu Rizal (2003) juga telah mengamati penurunan kadar logam berat merkuri (Hg) pada beberapa ikan sungai rata-rata mengalami penurunan rata-rata sebesar 74,57 persen setelah ikan tersebut dimasak Hal ini sesuai dengan pernyataan Batan (1996) di dalam Yudhastuti dkk (1998) bahwa suhu, tekanan dan cara memasak dapat sebagai katalisator penurunan logam berat. Namun demikian belum diketahui berapa lama waktu memasak yang efektif untuk dapat menurunkan kandungan logam merkuri pada ikan.

Cara pengolahan atau pemasakan yang umum dilakukan oleh masyarakat antara lain direbus, dikukus, digoreng dan dipanggang dengan terlebih dahulu diberi bumbu (cuka dan bumbu lainnya) untuk menambah aroma. Dari hasil survai

pendahuluan (*preliminary survey*), sementara diketahui bahwa kandungan merkuri pada ikan keting (*Osteogeneiosus militaris*) mengalami penurunan setelah mengalami proses pengolahan/ pemasakan. Ikan ini merupakan jenis ikan *euryhaline* (dapat hidup pada kisaran kadar garam yang besar) sehingga dapat hidup di air tawar maupun air asin/payau. Dalam budidaya ikan jenis ikan ini kadangkala digunakan sebagai ikan rucah untuk pakan bagi jenis-jenis ikan *carnivorus*. Ikan ini meskipun tidak mempunyai nilai ekonomis yang tinggi namun banyak terdapat di pantai Kenjeran dan dikonsumsi masyarakat di wilayah tersebut karena harganya murah, mudah didapat dan rasanya cukup enak serta dapat tahan hidup pada perairan yang tercemar.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, dalam rangka memperoleh kejelasan sampai sejauh mana pengaruh pengolahan (pemasakan dan pemberian cuka) terhadap penurunan kadar logam merkuri pada ikan keting dipandang perlu melakukan penelitian tentang pengaruh pengolahan terhadap penurunan kadar logam berat merkuri dalam ikan khususnya ikan keting.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang masalah, maka rumusan masalah dapat dikemukakan sebagai berikut :“ Apakah terdapat pengaruh pengolahan dengan pemanasan (direbus, dikukus, digoreng . dibakar), pemberian cuka dan lamanya pengolahan terhadap penurunan kadar merkuri dalam ikan keting dan metode dan lama pengolahan mana yang memberikan pengaruh tertinggi (direbus,

dikukus, digoreng dan dibakar dengan atau tanpa diberi cuka dan lamanya pengolahan) terhadap penurunan kadar merkuri dalam ikan keting?''

### **1.3. Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1. Tujuan Umum**

Mempelajari dan menganalisis pengaruh pengolahan terhadap penurunan kadar logam berat merkuri pada ikan

#### **1.3.2. Tujuan Khusus**

1. Menganalisis besarnya pengaruh pengolahan dengan pemanasan (direbus, dikukus, digoreng dibakar) terhadap penurunan kadar logam merkuri pada ikan keting
2. Menganalisis pengaruh pemberian cuka terhadap penurunan kadar merkuri dalam ikan keting.
3. Menganalisis pengaruh lamanya waktu pengolahan/pemasakan terhadap besarnya penurunan kadar merkuri dalam ikan keting
4. Menganalisis metode dan lama pengolahan mana yang memberikan pengaruh tertinggi (direbus, dikukus, digoreng dan dibakar dengan atau tanpa diberi cuka dan lamanya pengolahan) terhadap penurunan kadar merkuri dalam ikan keting.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat memberi informasi kepada masyarakat luas tentang pengaruh pengolahan terhadap kandungan logam merkuri pada ikan. Dengan informasi ini masyarakat mengetahui cara pengolahan/pemasakan ikan yang paling baik agar kandungan logam berat merkuri dalam ikan dapat diturunkan hingga ke level aman untuk dikonsumsi.





## **BAB II**

# **TINJAUAN PUSTAKA**

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Ikan Sebagai Sumber Bahan Pangan**

##### **2.1.1. Manfaat Ikan**

Ikan sudah dikenal sejak waktu yang sangat lama, sejak ribuan tahun yang lalu. Ikan sebagai salah satu sumber bahan pangan merupakan sumber protein hewani yang sangat tinggi. Pada daging ikan terdapat senyawa-senyawa yang sangat potensial bagi tubuh manusia. Irawan (1997) menyatakan bahwa secara kimiawi unsur-unsur organik daging ikan adalah 75 persen oksigen, 10 persen hidrogen, 9,5 persen karbon dan 2,5 persen nitrogen. Unsur-unsur tersebut merupakan penyusun senyawa-senyawa protein, karbohidrat, lipid (lemak), vitamin, enzim, dan sebagainya. Unsur-unsur anorganik juga terdapat pada daging ikan seperti kalsium, fosfor, iodin, kalsium, magnesium, seng dan tembaga (Sudarisman dan Elvina, 1996).

Secara umum hampir semua jenis ikan dan produk ikan mempunyai kandungan protein yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 15 – 25 persen, lemak 1 persen, air (75-80 persen), mineral dan vitamin (Junianto, 2003). Protein ikan banyak mengandung asam-asam amino esensial yang hampir semuanya diperlukan oleh tubuh manusia. Asam amino esensial sangat dibutuhkan oleh tubuh karena tubuh tidak dapat memproduksinya sendiri dan harus diperoleh dari luar. Daging ikan umumnya berwarna putih serta memiliki rasa yang khas dan gurih. Bila sudah dimasak akan memberikan aroma, rasa dan

cita rasa yang lezat. Itu semua karena pada daging ikan terdapat atau memiliki senyawa-senyawa seperti keton, aldehyd, metil, dimetil, lakton, hidroksi furanon dan lain-lain (Irawan, 1997). Selain itu kandungan lemaknya yang cukup rendah sebagian besar merupakan asam lemak tak jenuh ganda terutama asam lemak omega-3 yang dapat menurunkan kadar kolesterol, meningkatkan kecerdasan dan mencegah berbagai penyakit degeneratif. Vitamin dan mineral yang terkandung dalam tubuh ikan banyak bermanfaat untuk pertumbuhan tulang dan untuk mencegah terjadinya penyakit gondok (Sudarisman dan Elvina, 1996). Kelebihan lain yang ada pada ikan adalah mudah dicerna, lezat, mudah diolah/dimasak, jenisnya sangat bervariasi dan harga relatif dapat dijangkau sehingga merupakan bahan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat

### **2.1.2. Keamanan Pangan**

Seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan ekonomi dunia, maka kesadaran manusia akan pentingnya kesehatan makin meningkat. Peningkatan kesadaran akan kesehatan ini pada gilirannya melahirkan tuntutan terhadap jaminan keamanan dan kesehatan atas makanan yang dikonsumsi. Pemerintah RI secara tegas telah menuangkannya dalam Undang-undang Nomor 23 tahun 1992 tentang Kesehatan pasal 21 ayat 1 yang berbunyi: "Pengamanan makanan dan minuman diselenggarakan untuk melindungi masyarakat dari makanan dan minuman yang tidak memenuhi ketentuan standar dan atau persyaratan kesehatan". Hal ini juga diperkuat melalui Undang-undang



Nomor 7 tahun 1996 tentang Keamanan Pangan, di dalam Bab khusus yaitu Bab II Keamanan Pangan. Keamanan pangan yang diatur dalam bab tersebut terutama yang berhubungan dengan Sanitasi Pangan, dan Jaminan Mutu Pangan.

Mukono (2000) menyatakan bahwa agar makanan sehat dan aman dikonsumsi makanan tersebut harus bebas dari kontaminan yang dapat menyebabkan penyakit (*food borne disease*). Untuk menjaga agar makanan tetap sehat diperlukan penanganan dan upaya pengawetan selama dan di dalam perjalanan makanan dari tahap produksi sampai dengan tahap konsumsi. Salah satu mata rantai penanganan dan pengawetan adalah pengolahan bahan makanan dari bahan baku menjadi bahan makanan yang siap dikonsumsi. Menurut Sudarisman dan Elvina (1996) pengolahan tidak sama dengan pengawetan. Pengolahan mengandung pengertian perubahan dari kondisi alami menjadi bentuk olahan yang layak dikonsumsi manusia. Pengawetan ditujukan untuk meningkatkan masa simpan tanpa mengubah dalam bentuk lain.

Metoda pengolahan agar bahan makanan siap dikonsumsi oleh manusia antara lain adalah dengan cara dimasak. Metode pemasakan ini pada prinsipnya adalah merupakan cara pengolahan dan pengawetan dengan memanfaatkan faktor fisika yaitu penggunaan suhu tinggi (pemanasan).

Penggunaan suhu tinggi pada dasarnya adalah agar makanan tersebut matang. Selanjutnya Hadiwiyoto (1993) menyatakan bahwa penggunaan suhu tinggi (pemasakan) pada dasarnya ditujukan untuk membunuh mikrobia kontaminan dan menghentikan aktivitas enzim. Sebelum dilakukan pengolahan/pemasakan umumnya juga dilakukan perlakuan pendahuluan

antara lain dengan pemberian bahan tambahan makanan misalnya dengan pemberian cuka, dan lain-lain yang tujuannya untuk menjaga atau memperbaiki mutu dari bahan pangan tersebut.

### 2.1.3. Deskripsi Ikan Keting

Ikan keting merupakan jenis ikan yang banyak terdapat di Indonesia, di perairan tawar maupun asin. . Mempunyai sungut peraba yang bentuknya kaku dan menulang. Sirip punggung yang depan mempunyai duri dan tujuh jari-jari lunak, sirip punggung yang depan berupa sirip lemak (Djuhanda, 1981). Ikan tersebut cepat menjadi besar dan dewasa serta mudah berkembang biak. Makanannya terdiri dari segala macam makanan (*omnivora*).

Dalam ilmu taksonomi hewan, klasifikasi ikan keting menurut Saanin (1984) adalah sebagai berikut :

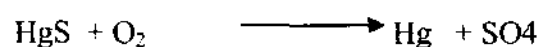
Filum	:	Chordata
Sub Filum	:	Vertebrata
Seri	:	Pisces
Kelas	:	Osteichthyes
Sub kelas	:	Actinopterygii
Ordo	:	Cypriniformes
Sub Ordo	:	Siluroidea
Famili	:	Ariidae
Genus	:	<i>Osteogeneiosus</i>
Spesies	:	<i>Osteogeneiosus militaris</i>

## 2.2. Logam Merkuri

### 2.2.1. Sifat-sifat Logam Merkuri

Logam merkuri atau air raksa merupakan salah satu logam berat, mempunyai nama kimia *Hidrargyrum* yang berarti perak cair dan dilambangkan dengan Hg. Pada tabel periodik unsur-unsur kimia menempati urutan nomor atom (NA) 80 dan mempunyai bobot atom 200,59. Logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas lebih dari 5 gram/cm<sup>3</sup> dan Hg mempunyai densitas 13,55 gram/cm<sup>3</sup>. Merkuri menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya dibandingkan logam berat lainnya kemudian diikuti oleh logam berat lainnya yaitu Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn (Supriharjono, 2000). Merkuri yang telah dilepaskan kemudian dikondensasi sehingga diperoleh logam cair murni. Logam cair inilah yang kemudian digunakan oleh manusia untuk berbagai macam keperluan (Palar, 1994).

Merkuri dan senyawa-senyawanya banyak terdapat di alam mulai dari batuan, air, udara dan bahkan di dalam tubuh organisme hidup. Logam ini dihasilkan dari bijih sinabar HgS (Merkuri Sulfida) yang mengandung unsur merkuri antara 0,1 – 4 persen.



Secara umum sifat-sifat merkuri adalah sebagai berikut (Sunu, 2001)

1. Merkuri merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair pada suhu sekitar 25 °C dan mempunyai titik beku terendah dari semua logam (sekitar -39 °C).

2. Bentuk murninya berupa zat cair putih keperakan yang mudah menguap seperti banyak digunakan pada thermometer.
3. Merkuri mempunyai kecenderungan berubah menjadi gas atau uap dari suatu cairan (*volatilitas*) yang tertinggi dari semua logam
4. Beberapa logam yang dapat larut di dalam merkuri membentuk komponen amalgam (alloy)
5. Ketahanan listrik merkuri sangat rendah sehingga merupakan konduktor yang terbaik dari semua logam.
6. Merkuri dan komponen-komponennya bersifat racun terhadap semua makhluk hidup.

Secara alamiah pencemaran oleh merkuri dan logam-logam lain kelingkungan umumnya berasal dari kegiatan-kegiatan gunung api, rembesan-rembesan air tanah yang melewati daerah deposit merkuri dan lain-lainnya. Namun demikian meski sangat banyak sumber keberadaan merkuri di alam dan masuk kedalam tatanan lingkungan tertentu secara alamiah tidaklah menimbulkan efek-efek merugikan bagi lingkungan karena masih dapat ditolerir oleh alam itu sendiri. Merkuri menjadi bahan pencemar sejak manusia mengenal industri kemudian menggali sumber daya alam dan memanfaatkannya semaksimal mungkin untuk kebutuhannya.

Dalam keseharian pemakaian bahan merkuri telah berkembang sangat luas. Merkuri digunakan dalam berbagai macam perindustrian untuk peralatan – peralatan elektris, digunakan untuk alat-alat ukur dalam dunia ilmiah, pertanian

dan keperluan-keperluan lainnya. Demikian luasnya pemakaian merkuri mengakibatkan semakin mudah pula organisme mengalami keracunan merkuri.

Logam merkuri dapat digunakan sebagai zat yang merubah kecepatan reaksi (*katalis*) dalam berbagai industri kimia seperti pada industri *vinil khlorida* yang merupakan bahan dasar dari berbagai plastik. Industri pulp dan kertas menggunakan *fenil merkuri asetat* (FMA) yang merupakan komponen organo merkuri untuk mencegah pembentukan lendir pada pulp kertas yang masih basah selama pengolahan dan penvimpanan (Fardiaz, 1992).

Meskipun pada formulasinya senyawa merkuri yang digunakan relatif kecil, namun dengan luasnya penggunaan dalam berbagai bidang industri, pertanian, kesehatan dan lain-lainnya maka jumlah merkuri yang berada di lingkungan makin besar dan proses perusakan lingkungan dan tingkat peracunan yang ditimbulkan makin besar dan luas. Emisi udara merupakan sumber penting pemaparan pada manusia khususnya di lokasi pengolahan limbah selokan kota. Penyumbang terbesar pada pelepasan ke udara adalah instalasi alkali-khlorin, tanur sampah kota dan tambang serta tempat peleburan merkuri yang selanjutnya jatuh ke tanah dan akhirnya menuju ke perairan (Anonymous, 2002). Pembakaran bahan bakar fosil minyak bumi dan batu bara juga melepas merkuri ke udara yang dapat mengambang selama beberapa tahun. Dari areal pertanian dan buangan industri sebagian merkuri akan terlarut, sebagian lagi akan meresap ke dalam tanah dan ada juga yang terbawa oleh aliran permukaan (*run off*) sehingga masuk kedalam sungai, danau dan laut. Pencemaran logam berat ini dapat merusak lingkungan perairan dalam bentuk perubahan stabilitas.

keanekaragaman dan kedewasaan ekosistem. Dari aspek ekologi, kerusakan ekosistem akibat pencemaran logam berat ditentukan oleh faktor kadar dan kontinuitas polutan yang masuk ke perairan, sifat toksisitas dan mudah tidaknya terakumulasi pada tubuh biota air dan resistensinya terhadap proses degradasi baik secara fisik, kimia, maupun biologi (Sanusi, 1980). Limbah merkuri yang terbang ke sungai, danau dan laut dapat mengkontaminasi ikan dan mahluk-mahluk lainnya seperti ganggang dan tanaman air. Ikan-ikan kecil dan mahluk air lainnya yang telah terkontaminasi merkuri dimakan hewan air yang lebih besar atau merkuri masuk ke tubuh lewat insang. Apabila ikan-ikan dan hewan air yang telah terkontaminasi merkuri dikonsumsi oleh manusia maka manusia dapat mengumpulkan merkuri di dalam tubuhnya (Sunu, 2001)

Merkuri di alam terdapat dalam berbagai bentuk sebagai berikut (Fardiaz, 1992):

1. Merkuri anorganik, termasuk logam merkuri ( $Hg^{++}$ ) dan garam-garamnya seperti merkuri klorida ( $HgCl_2$ ) dan Merkuri oksida ( $HgO$ ).
2. Komponen merkuri organik atau organo merkuri terdiri :
  - a. Aril merkuri, mengandung hidrokarbon aromatik seperti fenil merkuri asetat
  - b. Alkil merkuri mengandung hidrokarbon alifatik dan merupakan merkuri yang paling beracun seperti metil merkuri, etil merkuri dan sebagainya
  - c. Alkoksialkil merkuri ( $R-O-Hg$ )

Logam berat termasuk merkuri jarang sekali berbentuk atom sendiri, tetapi biasanya terikat oleh senyawa lain sehingga berbentuk molekul. Ikatan itu dapat berupa garam organik seperti senyawa metil, etil, fenil maupun garam anorganik berupa oksida, klorida, sulfida, karbonat, hidroksida dan sebagainya. Bentuk ion dari garam tersebut biasanya banyak ditemukan dalam air kemudian bersenyawa atau diserap dan tertimbun dalam tanaman dan hewan air. Logam kemudian bersenyawa dengan bahan kimia jaringan dan membentuk senyawa organik. Logam ringan atau elemen makro tertentu yang biasanya esensial dan bersenyawa dengan protein jaringan makhluk hidup berguna untuk proses pertumbuhan. Sedangkan logam berat yang non esensial juga dapat bersenyawa dengan protein jaringan dan tertimbun serta berikatan dengan protein dan senyawanya disebut *metalloprotein* yang dapat menyebabkan toksik (Darmono, 1995).

### **2.2.2. Pengaruh Logam Merkuri terhadap Kehidupan Ikan dan Biota Air**

Dalam keadaan normal, kebanyakan air juga mengandung logam dalam jumlah yang sangat sedikit, walaupun secara alamiah akan menjadi lebih tinggi dalam air sungai terutama dekat muara sebagai akibat erosi daratan, sedangkan laut merupakan buangan terakhir yang menampung pelepasan Hg dalam lingkungan perairan. Dalam lingkungan laut, senyawa merkuri akan mengalami proses transformasi (perubahan) dari bentuk anorganik yang dilepas oleh aktivitas industri dan senyawa fenil merkuri yang berasal dari aktifitas pertanian akan diubah senyawanya menjadi metil merkuri (organik) oleh aktivitas bakteri. Senyawa organik merkuri ini lebih mudah diabsorpsi oleh ikan dan kerang

dibandingkan dengan merkuri anorganik. Hal ini disebabkan senyawa organik raksa lebih mudah larut dalam lemak (Tresnalarawati 1999).

Organisme air umumnya mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi dalam lingkungannya. Mekanisme dari penyesuaian organisme air terhadap keadaan air disekitarnya yang kadang-kadang berfluktuasi digunakan untuk melindungi diri dari pengaruh buruk dalam kondisi polusi. Derajat proteksi terhadap polusi tersebut sangat bervariasi dan tergantung spesies, sehingga dalam kondisi terkontaminasi, keseimbangan ekologi mungkin menurun dan hanya organisme yang mempunyai toleransi tinggi yang dapat hidup. Ditinjau dari kesehatan masyarakat, mekanisme proteksi tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi derajat kontaminasi logam pada ikan dan kerang yang dapat menyebabkan keracunan pada manusia meskipun hewan tersebut tidak terpengaruh (Darmono, 1995).

Logam berat masuk kedalam jaringan tubuh mahiuk hidup melalui beberapa jalan yaitu saluran pernafasan, pencernaan dan kulit (Connel dan Miller, 1995). Pada hewan air absorpsi logam melalui saluran pernafasan adalah melewati insang dan biasanya cukup besar. Absorpsi melalui saluran pencernaan hanya beberapa persen saja tetapi jumlah yang masuk melalui saluran pencernaan biasanya cukup besar walaupun persentase absorpsinya cukup kecil, sedangkan yang lewat kulit jumlah dan absorpsinya relatif kecil.

Senyawa metil merkuri yang terdapat dalam perairan bersifat sangat beracun dan dapat menimbulkan efek toksik yang bersifat akut maupun khronis. Senyawa ini akan diserap organisme perairan seperti plankton, ikan dan biota



perairan lainnya yang biasa kita makan dan akan meningkat kadarnya pada tingkat trophic level yang lebih tinggi. Biota perairan seperti ikan, kerang-kerangan, crustacean dan lain-lainnya dapat mengakumulasi logam merkuri (Hg). (Darmono, 2001). Akumulasi logam dalam jaringan biota air antara lain ditentukan oleh konsentrasi/kadar merkuri di perairan, jenis/spesies hewan/biota air, lamanya tingkat paparan, lokasi perairan, umur/ukuran ikan. Toksisitas merkuri pada ikan dapat mengakibatkan terbentuknya lapisan mukus pada insang sehingga menimbulkan gangguan terhadap respirasi dan sirkulasi darah lewat insang (Sudarmadji, dkk 2001). Menurut Connel dan Miller 1995), konsentrasi Hg yang mencapai 0,23 - 0,8 mg/liter dapat menyebabkan kematian ikan setelah 96 jam pada konsentrasi 0,05 - 05 mg/liter akan menyebabkan kematian setelah 96 jam pada Crustacea setelah 96 jam dan pada Molluska (golongan kekerangan) pada konsentrasi 0,058 - 32 mg/liter setelah 96 jam.

Sifat akumulasi logam Hg (merkuri) pada mahluk hidup menyebabkan adanya "*Biological Magnification*", yaitu pelipatan kandungan bahan pencemar oleh yang tingkatannya lebih tinggi. Pelipatan bahan pencemar di dalam organisme dapat terjadi karena organisme secara tetap mengkonsumsi makanan yang mengandung bahan pencemar kemudian diakumulasi dalam tubuhnya sehingga makin lama konsentrasi bahan pencemar tersebut didalam tubuhnya makin tinggi (Wardhana, 2001) Jadi walaupun konsentrasi merkuri di dalam air kecil namun bisa menjadi besar konsentrasinya setelah dikonsumsi oleh organisme dan melalui proses akumulasi.

Di dalam tubuh hewan, logam diabsorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah kemudian didistribusikan ke seluruh tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi hingga terendah adalah pada organ hati, ginjal, insang dan daging (Darmono, 2001). Selanjutnya Darmono (2001) menyatakan bahwa dipandang dari segi ekonomi dan pengaruhnya bila dikonsumsi manusia, maka bioakumulasi logam berat khususnya merkuri ini membawa dampak yang merugikan. Beberapa kerugian bioakumulasi logam berat adalah :

1. Terhadap ikannya sendiri dapat menghambat daya reproduksi ikan dan akhirnya terjadi kemusnahan spesies
2. Terhadap nelayan dan pengusaha perikanan : dapat menurunkan hasil tangkapan dan hasil tambak (budidaya ikan)
3. Terhadap mutu hasil perikanan : dapat menurunkan nilai jual bahkan dapat ditolak oleh konsumen karena tingginya residu logam yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

*Food and Drug Administration* (FDA) menetapkan batasan kandungan maksimum adalah 0,005 ppm untuk air dan 0,5 ppm untuk makanan termasuk untuk ikan dan kerang, sedangkan *World Health Organization* (WHO) menetapkan batasan maksimum yang lebih rendah yaitu 0,0001 ppm untuk air (Fardiaz, 1992), dan 0,05 ppm untuk ikan yang dikonsumsi manusia (Sudarmadji dkk 2001)

### 2.2.3.. Pengaruh Logam Merkuri Terhadap Kesehatan Manusia

Menurut Palar (1994) masuknya merkuri kedalam tubuh manusia terutama melalui makanan yang dimakannya karena hampir 90 persen dari logam merkuri masuk ke tubuh lewat bahan makanan. Sisanya akan masuk secara difusi atau perembesan lewat jaringan dan melalui peristiwa pernafasan. Bahan makanan yang menjadi sumber utama pemasukan merkuri ke dalam tubuh manusia antara lain adalah ikan, crustacea dan kerang dimana sekitar 70 – 90% merkuri yang dideteksi dalam tubuh ikan adalah dalam bentuk metil merkuri (Departemen Kesehatan RI, 2001) . Sumber lain berasal dari burung dan mamalia pemakan ikan, burung, dan makanan lain yang mengandung merkuri.

Kasus Minamata menjadi terkenal di seluruh dunia setelah diketahui adanya keracunan merkuri dan merupakan salah satu kasus lingkungan terbesar. Kasus keracunan merkuri sulfat yang digunakan sebagai katalis dalam industri vinil khlorida dibuang ke dasar laut di Teluk Minamata, selanjutnya diubah oleh mikroorganisme anaerobik menjadi  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  atau  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$  yang bersifat sangat volatil dan dilepaskan dari lumpur/pasir pada dasar laut ke air disekitarnya.  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$  merupakan komponen yang stabil di dalam larutan alkali , tetapi pada kondisi asam akan berubah menjadi  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ . Ion tersebut bersifat larut di dalam air dan mengumpul di dalam organisme hidup – *di tenunan lemak* – yang selanjutnya dapat terikat pada grup sulfur pada molekul di dalam enzim dan dinding sel sehingga merusak sistem enzim dan membran dinding sel (Sunu, 2001).

Selain mengonsumsi ikan/kerang atau hewan lain yang tercemar merkuri, sumber pemajanan merkuri pada manusia adalah cat yang mengandung merkuri dan penggunaan merkuri dalam beberapa jenis obat, produk rumah tangga seperti pasta gigi, sabun, shampo, produk kosmetika dan lain-lain (Departemen Kesehatan RI, 2001; Anonymous 2000)

Walaupun mekanisme keracunan merkuri di dalam tubuh belum diketahui dengan jelas, namun menurut Fardiaz (1992) beberapa hal mengenai daya racun merkuri yaitu :

1. Semua komponen merkuri dalam jumlah cukup beracun terhadap tubuh.
2. Masing-masing komponen merkuri mempunyai perbedaan karakteristik dalam daya racunnya, distribusi, akumulasi atau pengumpulan dan waktu retensinya dalam tubuh.
3. Transformasi biologi dapat terjadi di dalam lingkungan atau di dalam tubuh dimana komponen merkuri diubah dari satu bentuk menjadi bentuk lainnya.
4. Pengaruh merkuri di dalam tubuh diduga karena dapat menghambat kerja enzim dan menyebabkan kerusakan sel disebabkan kemampuan merkuri untuk terikat dengan grup yang mengandung sulfur di dalam molekul yang terdapat enzim dan dinding sel. Keadaan ini mengakibatkan penghambatan aktivitas enzim dan reaksi kimia yang dikatalis oleh enzim tersebut dalam tubuh. Sifat-sifat membran dari dinding sel akan rusak karena pengikatan dengan merkuri sehingga aktivitas sel yang normal akan terganggu
5. Kerusakan tubuh yang disebabkan merkuri biasanya bersifat permanen dan belum dapat disembuhkan

Efek toksisitas merkuri terutama pada Sistem Saraf Pusat (SSP) dan ginjal dimana merkuri terakumulasi. Organ utama yang terkena pada paparan khronis elemen merkuri dan organo merkuri adalah Susunan Saraf Pusat (Departemen Kesehatan RI, 2001; Adams dan Motarjemi, 2004). Menurut Darmono (2001) gejala yang timbul adalah sebagai berikut

- a. Gangguan saraf sensoris, kepekaan menurun, sulit menggerakkan jari tangan dan kaki, penglihatan menyempit, daya pendengaran menurun serta rasa nyeri pada lengan dan paha
- b. Gangguan saraf motorik : lemah, sulit berdiri, mudah jatuh, tremor, gerakan lambat, sulit bicara
- c. Gangguan lain : gangguan mental, sakit kepala dan hipersalivasi

Garam merkuri anorganik antara lain merkuri klorida yang divalen, bila termakan menyebabkan kejang perut dan diare berdarah dan nekrosis pada saluran cerna, yang kemudian diikuti dengan kerusakan ginjal. berupa nephrotik syndrome, tubular nekrosis dan kegagalan ginjal. (Lu, 1991). Pada keracunan akut elemen merkuri terhisap mempunyai efek terhadap system pernafasan, sedangkan garam merkuri yang tertelan mempunyai efek terhadap sistem saluran pencernaan. Sistem kardiovaskuler merupakan efek sekunder. Mekanisme yang tepat mengenai semua bentuk merkuri tidak jelas.

Syamsudin (2001) menerangkan bahwa daerah otak yang sangat peka terhadap efek toksik metil merkuri adalah *korteks cerebri* (terutama *korteks visual*) dan lapisan *granular cerebellum*. Selain itu pada ibu hamil dapat

menyebabkan efek pada janin yang dikandungnya yaitu berupa kemunduran mental dan gangguan neuromuscular walaupun ibunya tidak menunjukkan gejala (*asimtomatik*) karena otak janin lebih sensitif terhadap merkuri dibandingkan orang dewasa (Best, 2002).

Dengan adanya potensi bahaya logam merkuri tersebut, maka selain upaya untuk mengeliminasi sumber pencemaran merkuri maka diperlukan pula usaha untuk dapat mengurangi pemaparan logam merkuri pada produk makanan yang telah terpapar khususnya ikan.

### 2.3. Penurunan Kadar Merkuri Ikan Melalui Pengolahan

#### 2.3.1. Penggunaan Asam Cuka Pada Ikan

Asam cuka (asam asetat) sering digunakan sebagai bumbu pada ikan. Asam cuka ini adalah salah satu jenis asam yang tergolong dalam asam lemah yang mempunyai sifat bila dilarutkan dalam air akan terionisasi tidak sempurna, artinya tidak semua molekul asam lemah terionisasi sehingga daya hantar listriknya juga sangat lemah mempunyai nilai antara 0 dan 1 (lebih mendekati nilai 0). Reaksi ionisasi pada asam lemah ini digambarkan dengan 2 arah panah sebagai berikut (reaksi bolak balik).



Asam asetat (asam cuka) yang beredar di pasaran pada umumnya memiliki kadar sekitar 25 persen. Konsentrasi asam asetat 5 persen dalam makanan dapat dipergunakan sebagai pengawet karena dapat berfungsi

sebagai penurun pH dan pada konsentrasi 4 persen dapat berfungsi menghambat pertumbuhan jamur. Pada ikan umumnya pemakaian asam asetat pada kadar 0,3 – 2 persen atau lebih hingga 6 persen pada daerah-daerah tertentu yang menyukai rasa ikan yang lebih asam (Hadiwiyoto, 1993). Pencukaian atau pengasaman dapat dilakukan untuk ikan-ikan yang utuh maupun ikan-ikan yang telah disiangi. Proses pengasaman ini disebut sebagai proses "*marinaring*". Rasio banyaknya larutan asam cuka dari ikan dapat bervariasi antara 1:1, 1:2 atau 2:1 tergantung dari hasil yang dikehendaki. Selama pencukaian akan terjadi pengembangan yang disebabkan karena perubahan sifat pada protein. Protein ikan akan mengalami koagulasi dan asam cuka mengadakan penetrasi ke dalam jaringan daging ikan menyebabkan daging ikan menjadi asam. Selanjutnya menurut Imaduddin dan Keman (2000), asam asetat 25 persen mampu sebagai "*chelating agent*" (mengikat logam). Perendaman ikan bandeng menggunakan asam asetat dengan waktu minimal selama 1 jam mampu menurunkan logam berat Pb didalam ikan secara signifikan yaitu sebesar 44,76 persen. Hal ini disebabkan cuka sebagai bahan kelator dapat mengikat ion logam, sehingga kadar logam dalam ikan dapat menurun.

Umumnya masyarakat di Indonesia mengkonsumsi ikan dalam keadaan telah mengalami proses pengolahan yaitu proses pemasakan dengan cara merebus, mengukus, menggoreng dan membakar dengan ditambah bumbu. Hal ini berbeda dengan kebiasaan makan ikan di Jepang, selain dikonsumsi dengan cara pemasakan (matang), mereka juga mengkonsumsi dalam keadaan mentah. Biasanya sebelum dimakan mentah terlebih dahulu diberi cuka. Penambahan

asam pada pengolahan ikan menurut Gaman dan Sherrington (1994) adalah untuk menghambat aktivitas bakteri dan menunda kerusakan pangan. Selain itu asam cuka juga telah umum/lazim digunakan untuk menghilangkan rasa amis/anyir pada ikan. Namun demikian pengaruhnya terhadap penurunan kadar merkuri belum diketahui.

### 2.3.2. Cara Pengolahan Makanan (ikan)

Cara pengolahan bahan makanan yang masih mentah menjadi matang dan siap untuk dikonsumsi adalah dengan menggunakan suhu tinggi / pemanasan atau biasa dikenal dengan memasak. Terkait dengan definisi diatas disebutkan bahwa istilah memasak berarti menerapkan panas (suhu tinggi) atau api pada bahan makanan dengan tujuan untuk membuat makanan lebih mudah dicerna, aman untuk dimakan dan merubah serta meningkatkan penampilan makanan tersebut (Sihite, 2000). Selanjutnya menurut Sihite (2000) cara memasak dapat dibedakan:

1. Cara memasak basah (*moist heat cooking*) yaitu antara lain merebus, mengukus.

Merebus ialah memasak makanan didalam air yang mendidih yang banyaknya (volume) lebih banyak dari pada makanan yang dimasak sehingga makanan terendam seluruhnya didalam air yang sedang digunakan untuk memasak. Selama proses memasak timbul gelembung-gelembung air dari dasar permukaan yang akan mencapai titik didih yaitu  $100^{\circ}\text{C}$

Mengukus adalah memasak dengan mempergunakan uap air panas (*steam*).



2. Cara memasak kering (*dry heat cooking*) antara lain: menggoreng, membakar.

Menggoreng adalah memasak makanan dengan menggunakan minyak panas. Fungsi minyak disini adalah sebagai medium untuk menghantarkan panas, menambah rasa gurih, menambah nilai gizi dan kalori dalam bahan makanan. Dalam pengolahan makanan dibedakan antara menggunakan minyak banyak dan minyak sedikit. Menggoreng dengan minyak banyak dimana makanan dapat seluruhnya tenggelam didalam minyak disebut "*deep frying*". Sedang menggoreng dengan minyak sedikit dimana makanan tidak terendam dalam minyak disebut "*pan frying*". Minyak yang digunakan untuk menggoreng dapat berasal dari minyak nabati maupun minyak hewani.

Membakar adalah memasak makanan dengan radiasi yang tinggi dan panas langsung. Sumber panas biasanya berada dibawah makanan yang sedang dimasak tanpa medium air atau minyak

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya bahwa menurut Sudarmaji (2003) cara memasak yaitu dengan merebus, mengukus ataupun menggoreng dapat menurunkan kadar logam berat karena suhu bisa mempengaruhi penurunan kadar logam berat dengan cara penguraian. Selain itu pada suhu tinggi logam merkuri mudah menguap (Siswanto, 1994). Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Sudarmadji dkk (1999) didapatkan bahwa kupang (sejenis kerang di Pantai Kenjeran mengalami



penurunan kadar logam berat hingga 29,7 persen setelah mengalami proses pemasakan.

Dari hasil survai pendahuluan (*preliminary survey*) penulis ditemukan bahwa pada ikan keting (*Osteogneiosus militaris*) yang mempunyai kadar logam merkuri 0,0412 ppm seberat 1 kg, dibersihkan kemudian dipotong-potong, ada yang diberi cuka 25 persen sebanyak 5 ml selama 1 jam dan ada yang tanpa diberi cuka kemudian diolah dengan cara dikukus, direbus digoreng dengan waktu 15 menit (lamanya rata-rata proses pemasakan ikan) terdapat penurunan kadar merkuri sebagai berikut :

Tabel 2.1. Penurunan kandungan merkuri pada ikan keting karena perlakuan pengolahan

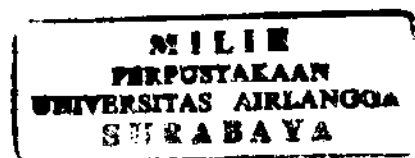
No.	Metoda	Penurunan Kadar Merkuri		
		Sebelum (Ppm)	Sesudah (Ppm)	%
1.	Direbus dengan diberi cuka dahulu	0,0412	0,0124	69,90
2.	Direbus tanpa diberi cuka	0,0412	0,011	73,30
3.	Dikukus dengan diberi cuka dahulu	0,0412	0,0097	76,50
4.	Dikukus tanpa diberi cuka	0,0412	0,0104	74,70
5.	Digoreng dengan diberi cuka dahulu	0,0412	0,0058	85,92
6.	Digoreng tanpa diberi cuka	0,0412	0,0021	94,90
	Rata-rata	0,0412	0,00856	79,20

Keadaan ini sesuai pula menurut Rizal (2003), yang mengamati penurunan kadar merkuri (Hg) pada beberapa ikan sungai rata-rata 74,57 persen setelah ikan tersebut dimasak. Hal ini sesuai pula dengan pernyataan Batan (1996) didalam Yudhastuti dkk (1998) bahwa suhu, tekanan dan cara memasak dapat bertindak sebagai katalisator penurunan kadar logam berat



# **BAB III**

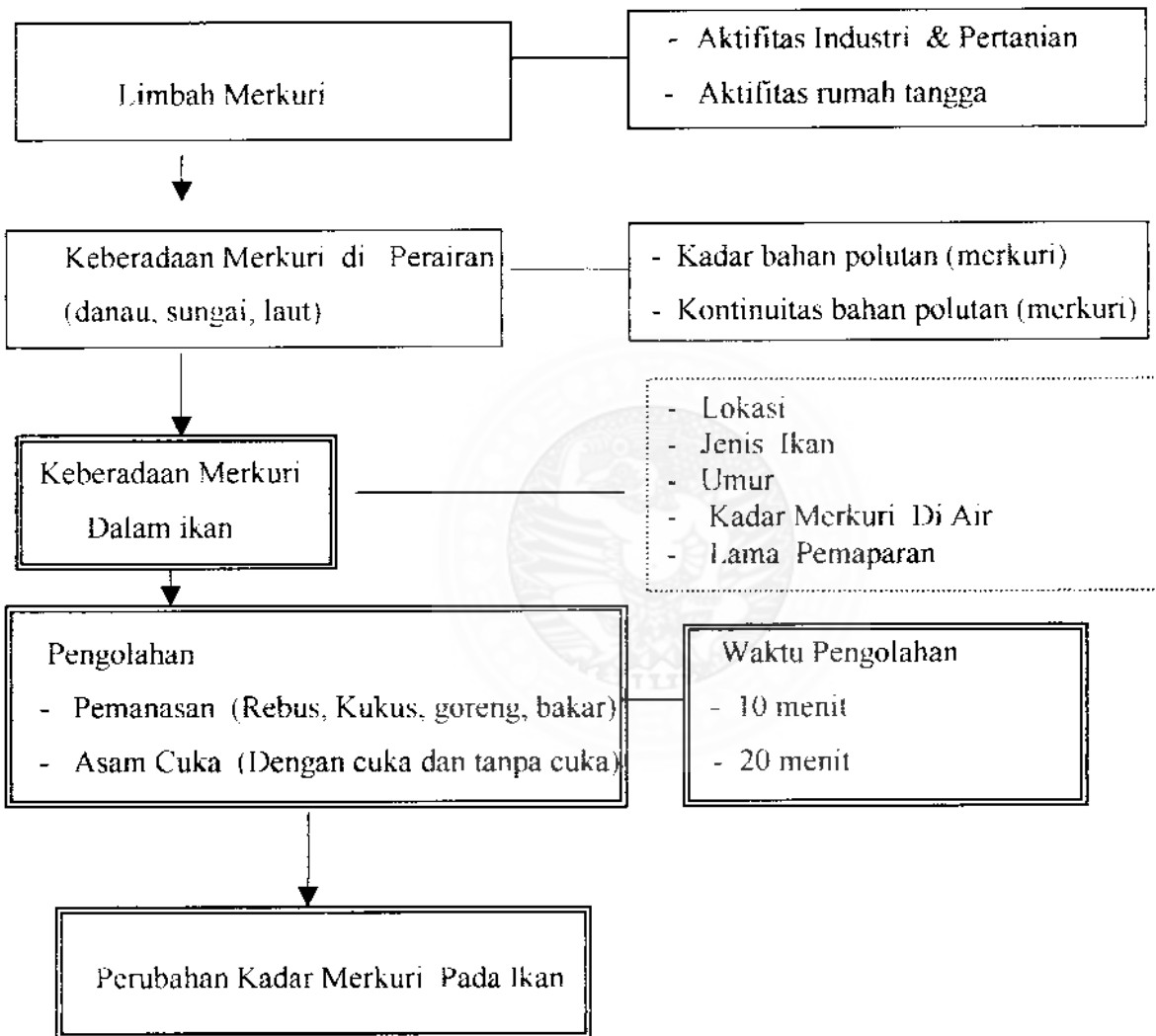
## **KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN**



**BAB 3**

**KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN**

**3.1. Kerangka Konseptual**



———— Diteliti  
 - - - - - Tidak diteliti

Gambar 3.1. Kerangka Konseptual Penelitian

Dari kerangka konseptual tersebut dapat diuraikan bahwa limbah Hg (merkuri) yang disebabkan oleh aktifitas industri, pertanian dan rumah tangga akan berakibat timbulnya pencemaran limbah merkuri di perairan. Tingkat pencemaran yang ada di perairan baik di danau, sungai dan laut ditentukan oleh besarnya jumlah/kadar logam berat merkuri serta kontinuitas pembuangan limbah ke perairan. Pencemaran perairan oleh logam merkuri akan menyebabkan ikan dan biota air terkontaminasi logam merkuri, yang mana tingkat keberadaan merkuri pada tubuh ikan/biota air lainnya ditentukan oleh konsentrasi/kadar merkuri di perairan, jenis/spesies hewan/biota air, lamanya tingkat pemaparan, lokasi perairan, umur/ukuran ikan. Selanjutnya untuk ikan yang telah terkontaminasi/tercemar logam merkuri dilakukan upaya pengolahan untuk mengurangi kadar Hg dalam ikan agar mencapai level aman untuk dikonsumsi manusia. Dari sifat-sifat Hg yang berupa cairan pada suhu kamar dan mudah menguap bila dipanaskan, maka untuk mengurangi kadar merkuri pada ikan dilakukan pengolahan melalui pemasakan yang pada prinsipnya adalah pengolahan dengan peningkatan suhu pemanasan. Diharapkan dengan pemanasan ini maka kadar merkuri yang ada dalam tubuh ikan akan menguap, sehingga kadar dalam tubuh ikan akan menurun. Sebelum dilakukan pemasakan, juga dilakukan pemberian cuka dimana cuka diharapkan sebagai kelator (*chelating agent*) untuk mengikat logam merkuri. Penggunaan asam cuka selain dimaksudkan sebagai kelator juga karena selama ini asam cuka telah umum digunakan sebagai bahan tambahan makanan yang berfungsi sebagai penyedap rasa dan pengawet. Secara

kimiawi asam cuka ini juga merupakan asam lemah sehingga tidak berbahaya bagi kesehatan manusia).

Lamanya waktu pengolahan/pemanasan juga diharapkan berpengaruh terhadap penurunan kadar merkuri pada ikan, sehingga kadar ikan pada merkuri dapat semakin kecil. Pada percobaan pendahuluan waktu yang digunakan adalah 15 menit (berdasarkan lamanya waktu rata-rata untuk memasak ikan) dan pada penelitian ini selanjutnya digunakan waktu yang lebih singkat yaitu 10 menit dan waktu yang lebih lama yaitu 20 menit dengan asumsi bahwa waktu 10 menit sudah ikan sudah cukup matang dan waktu 20 menit ikan sudah benar-benar matang

### **3.2. Hipotesis Penelitian**

Hipotesis yang dapat dikemukakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengolahan dengan pemanasan (direbus, dikukus, digoreng, dan dibakar) berpengaruh terhadap penurunan kadar logam merkuri pada ikan keting
2. Pemberian cuka berpengaruh terhadap penurunan kandungan merkuri dalam ikan keting
3. Waktu/lamanya pengolahan berpengaruh terhadap penurunan kandungan merkuri dalam ikan keting.



## **BAB IV**

# **METODE PENELITIAN**

## **BAB 4**

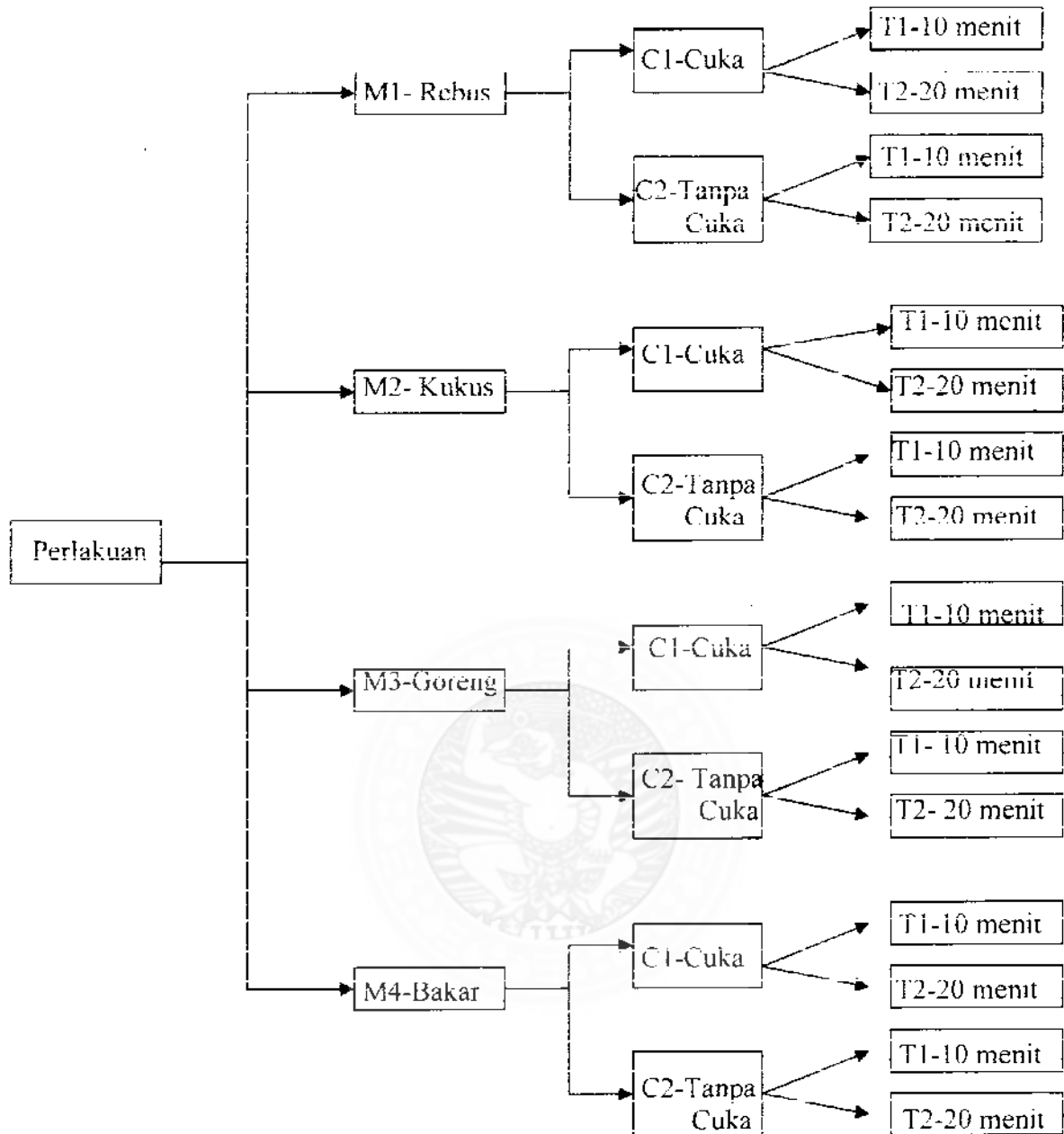
### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1. Rancangan Penelitian**

1. Jenis penelitian adalah eksperimental di laboratorium dengan menggunakan rancang bangun desain faktorial
2. Perlakuan yang diberikan adalah
  - 1). Metoda Pengolahan ikan dengan cara pemanasan : (M),  
Metoda pemanasan ini terdiri dari :
    - a. (M1) direbus,
    - b. (M2) dikukus,
    - c. (M3) digoreng
    - d. (M4) dibakar
  - 2). Pemberian cuka (C)  
Pemberian cuka terdiri dari
    - a. (C1) dengan cuka,
    - b. (C2) tanpa cuka
  - 3). Lamanya waktu pengolahan (T.)  
Terdiri dari :
    - a. (T1) waktu 10 menit,
    - b. (T2) waktu 20 menit

Sehingga bagan kombinasi perlakuan dapat digambarkan sebagai berikut :





Gambar 4.1. Bagan kombinasi perlakuan

Dengan demikian pola kombinasi perlakuan dapat disajikan dalam Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hubungan kandungan merkuri pada ikan dengan perlakuan pengolahan

Waktu Perlakuan		10 menit T1	20 menit T2	Jumlah Perlakuan
M1- Rebus	C1- Cuka +	$M_1C_1T_1$	$M_1C_1T_2$	2
	C2- Cuka -	$M_1C_2T_1$	$M_1C_2T_2$	2
M2- Kukus	C1- Cuka +	$M_2C_1T_1$	$M_2C_1T_2$	2
	C2- Cuka -	$M_2C_2T_1$	$M_2C_2T_2$	2
M3- Goreng	C1- Cuka +	$M_3C_1T_1$	$M_3C_1T_2$	2
	C2- Cuka -	$M_3C_2T_1$	$M_3C_2T_2$	2
M4- Bakar	C1- Cuka +	$M_4C_1T_1$	$M_4C_1T_2$	2
	C2- Cuka -	$M_4C_2T_1$	$M_4C_2T_2$	2
Jumlah		8	8	16

Selanjutnya pola eksperimen adalah sebagaimana tersaji pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Pola eksperimen antara perlakuan dan ulangan/replikasi

Ulangan/Replikasi Perlakuan	1	2	Jumlah
$M_1C_1T_1$	$M_1C_1T_1.1$	$M_1C_1T_1.2$	2
$M_1C_1T_2$	$M_1C_1T_2.1$	$M_1C_1T_2.2$	2
$M_1C_2T_1$	$M_1C_2T_1.1$	$M_1C_2T_1.2$	2
$M_1C_2T_2$	$M_1C_2T_2.1$	$M_1C_2T_2.2$	2
$M_2C_1T_1$	$M_2C_1T_1.1$	$M_2C_1T_1.2$	2
$M_2C_1T_2$	$M_2C_1T_2.1$	$M_2C_1T_2.2$	2
$M_2C_2T_1$	$M_2C_2T_1.1$	$M_2C_2T_1.2$	2
$M_2C_2T_2$	$M_2C_2T_2.1$	$M_2C_2T_2.2$	2
$M_3C_1T_1$	$M_3C_1T_1.1$	$M_3C_1T_1.2$	2
$M_3C_1T_2$	$M_3C_1T_2.1$	$M_3C_1T_2.2$	2
$M_3C_2T_1$	$M_3C_2T_1.1$	$M_3C_2T_1.2$	2
$M_3C_2T_2$	$M_3C_2T_2.1$	$M_3C_2T_2.2$	2
$M_4C_1T_1$	$M_4C_1T_1.1$	$M_4C_1T_1.2$	2
$M_4C_1T_2$	$M_4C_1T_2.1$	$M_4C_1T_2.2$	2
$M_4C_2T_1$	$M_4C_2T_1.1$	$M_4C_2T_1.2$	2
$M_4C_2T_2$	$M_4C_2T_2.1$	$M_4C_2T_2.2$	2
Jumlah	16	16	32

## 4.2. Populasi, Sampel dan Besar Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah ikan keting yang berasal dari Kota Surabaya yang mengandung merkuri (ikan terlebih dahulu diperiksa di laboratorium untuk melihat besarnya kandungan merkuri).. Selanjutnya ikan yang telah diketahui kandungan merkurnya dilakukan treatment/periakuan.

Guna memperkecil bias/variasi dilakukan ulangan. Banyaknya ulangan dicari dengan menggunakan rumus :  $(t-1)(r-1) = 15$  (Baihaki dan Sudrajat, 1977)

dimana :  $t$  = jumlah periakuan,  $r$  = jumlah ulangan

$$(16-1)(r-1) = \longrightarrow r = 2 \text{ (2 kali ulangan)}$$

Dengan demikian ikan yang diambil sejumlah 32 ekor dengan berat rata-rata 250 gram yang kemudian diberi periakuan dengan masing-masing periakuan sebanyak 16 perlakuan dan diulang dua kali.

## 4.3. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

### a. Variabel Penelitian

#### 1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah periakuan yang diberikan yaitu :

- 1) Metoda Pengolahan dengan pemanasan : (1) direbus, (2) dikukus, (3) digoreng dan (4) dibakar
- 2) Pemberian cuka : (5) dengan cuka (6) tanpa cuka
- 3). Lamanya waktu pemasakan/pengolahan (7) 10 menit , (8) 20 menit

Skala data variabel bebas : nominal

## 2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah, selisih penurunan kadar merkuri pada ikan keting sebelum dan sesudah perlakuan dan persentase penurunan kandungan merkuri ikan keting setelah diberi perlakuan. Skala data rasio

### b. Definisi Operasional

- (1) Merebus : ialah memasak makanan didalam air yang mendidih yang banyaknya (volume) lebih banyak dari pada makanan yang dimasak sehingga makanan terendam seluruhnya didalam air yang sedang digunakan untuk memasak. Selama proses memasak timbul gelembung-gelembung air dari dasar permukaan yang akan mencapai titik didih yaitu  $100^{\circ}\text{C}$
- (2) Mengukus : Mengukus adalah memasak dengan mempergunakan uap air panas (steam) yang mendidih pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$
- (3) Menggoreng adalah memasak makanan dengan menggunakan minyak panas. Dalam penelitian ini teknik menggoreng yang digunakan adalah menggoreng dengan minyak sedikit dimana makanan tidak terendam dalam minyak disebut "*pan frying*". Minyak yang digunakan untuk menggoreng berasal dari minyak nabati yang beredar di pasaran. Suhu pada proses penggorengan biasanya antara  $160 - 190^{\circ}\text{C}$
- (4) Membakar adalah memasak makanan dengan radiasi yang tinggi dan panas langsung. Sumber panas biasanya berada dibawah makanan yang sedang dimasak tanpa medium air atau minyak dengan panas pada suhu mulai  $70 - 85^{\circ}\text{C}$

- (5) Pemberian Cuka : ikan sebelum diberi perlakuan dengan metoda pemanasan (rebus, kukus, goreng dan bakar) diberi cuka/direndam dalam cuka yang mempunyai konsentrasi 25 persen sebanyak 100 ml terendam, selama satu jam) yang banyak dijumpai di pasaran sebagai cuka dapur
- (6) Tanpa cuka, ikan tidak direndam dulu dalam cuka sebelum diberi perlakuan direbus, kukus, goreng atau dibakar
- (7) Lamanya waktu pemanasan 10 menit dan 20 menit : adalah waktu lamanya untuk mengolah ikan keting dalam proses pemanasan (rebus, kukus, goreng, bakar)
- (8) Kadar Merkuri pada ikan adalah besarnya kandungan logam merkuri pada ikan keting yang dinyatakan dalam mg/kg atau ppm). Skala data rasio
- (9) Penurunan kadar merkuri pada ikan adalah besarnya penurunan kandungan merkuri setelah dilakukan pengolahan yaitu selisih antara kadar merkuri sebelum dilakukan pengolahan dengan kadar merkuri setelah dilakukan pengolahan. Besarnya penurunan kadar merkuri yang dianalisis dinyatakan dalam ppm dan dalam persen (%), skala data rasio

#### 4.4. Bahan dan instrumen penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan yang telah diperiksa yang mengandung merkuri dalam tubuhnya. Selain itu digunakan asam cuka dapur dengan kadar 25%, alat-alat untuk memasak, air dan minyak goreng. Untuk memeriksa kandungan merkuri pada tubuh ikan digunakan alat

penganalisis spektrofotometer model serapan atom (AAS). Metoda yang digunakan adalah dengan metoda digesti basah.

Peralatan laboratorium yang diperlukan antara lain :

- 1) Timbangan analitik
- 2) Oven
- 3) Pejarut
- 4) Cangkir porselen
- 5) Erlenmeyer 50 ml
- 6) Labu digestion 250 ml
- 7) Gelas ukur 50 ml dan 100 ml
- 8) Pipet pastur
- 9) Pipet volumetrik
- 10) Spektrofotometer
- 11) Hidride Vapour Generator (HVG)
- 12) Waterbath
- 13) Termometer

Bahan reagensia

- 1) Asam sulfat pekat
- 2) Kalium permanganat
- 3) Hidroksi amonium hidroksida
- 4) Peroksida
- 5) Aquadest dan aquabidest

#### 4.5. Prosedur Penelitian

a. Pengambilan sampel ikan keting

Penelitian didahului dengan mencari sample ikan keting yang mengandung merkuri dan sampel ikan diperoleh dari nelayan di kota Surabaya. Ikan tersebut dibersihkan dan dipotong kepalanya, diambil dagingnya saja

b. Pemeriksaan kadar merkuri sebelum perlakuan/pengolahan

Ikan keting yang sudah dibersihkan dan dipotong kepalanya diperiksa/dianalisa kandungan merkurnya di laboratorium dan dicatat dalam lembaran pengumpulan data (data sheet)

b. Perlakuan

Ikan keting yang telah diperiksa kandungan merkurnya, tanpa diberi garam/bumbu-bumbu (untuk menghindari pengaruh faktor lain) diolah sesuai perlakuan yang diberikan yaitu :

1. Pengolahan ikan dengan cara direbus dengan diberi cuka
2. Pengolahan ikan dengan cara direbus tanpa diberi cuka
3. Pengolahan ikan dengan cara dikukus dengan diberi cuka
4. Pengolahan ikan dengan cara dikukus tanpa diberi cuka
5. Pengolahan ikan dengan cara di goreng dengan diberi cuka
6. Pengolahan ikan dengan cara digoreng tanpa diberi cuka
7. Pengolahan ikan dengan cara di bakar dengan diberi cuka
8. Pengolahan ikan dengan cara dibakar tanpa diberi cuka

c. Waktu (lamanya) pengolahan ikan keting dengan metode pemanasan/pemasakan yaitu rebus, kukus, goreng dan bakar masing-masing

adalah 10 menit dan 20 menit. Setelah waktu tercapai, ikan keting diangkat dan diberi label sesuai perlakuan yang diberikan

d. Pemeriksaan kandungan merkuri setelah dilakukan pengolahan

Ikan keting yang telah diolah tersebut kemudian diperiksa lagi kandungan merkurnya di laboratorium . dan dicatat dalam lembaran data (data sheet)

e. Prosedur pemeriksaan/analisa merkuri pada ikan adalah sebagai berikut

(1) Timbang 5 gram sampel ikan keting dan masukkan dalam *labu digestion*. Tambahkan 15 ml aquadest, 10 ml  $H_2O_2$  30% dan 30 ml  $H_2SO_4$ .

(2) Biarkan campuran larutan sampel ini selama 30 menit

(3) Panaskan sampel pada suhu  $(95 - 100)^{\circ}C$

(4) Setelah itu dinginkan sampel pada suhu  $40^{\circ}C$ , kemudian tambahkan 1 gram  $KMnO_4$

(5) Kemudian pemanasan dilanjutkan pada suhu  $(95-100)^{\circ}C$

(6) Setelah itu sampel didinginkan pada suhu  $40^{\circ}C$

(7) Penambahan  $KMnO_4$  lagi hingga warna tidak hilang

(8) Dinginkan sampel sampai suhu  $40^{\circ}C$ , dan tambahkan hidroksi ammonium hidrokloride sampai warna  $KMnO_4$  hilang

(9) Saring kedalam labu ukur 100 ml tambah dengan aquabidest hingga volume 50 ml

(10) Hubungkan ke alat Hidride Vapour Generator (HVG)

(11) Baca dengan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

f. Analisis data dengan program komputer



Data kandungan merkuri pada ikan keting yang telah diperoleh dari analisa laboratorium kemudian dianalisa dengan program komputer

#### 4.6. Lokasi dan Waktu Penelitian

- a) Lokasi penelitian adalah di kota Surabaya . Sampel ikan diperoleh dari nelayan yang berdomisili di kota Surabaya. Untuk perlakuan pengolahan dan analisa laboratorium kadar merkuri pada ikan dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mutu hasil Perikanan Surabaya.
- b) Waktu penelitian adalah dari bulan Pebruari sampai Juli 2004.

#### 4.7. Tehnik Analisis Data

Analisis statistik yang digunakan pada hasil pengukuran kadar merkuri adalah analisis varians dengan *Three - Way Analysis of Variant* dengan program komputer.



# **BAB V**

## **ANALISIS HASIL PENELITIAN**

## BAB 5

### ANALISIS HASIL PENELITIAN

#### 5.1. Data Penelitian

##### a. Deskripsi obyek penelitian

Ikan keting yang digunakan dalam penelitian ini termasuk golongan Pisces kelas Osteichthyes, Sub Kelas Actinopterygii, Ordo Cypriniformes, Sub Ordo Siluroidea, Famili Ariidae, Genus *Osteogeneiosus*, Spesies *Osteogeneiosus militaris*.

Ikan keting yang dijadikan obyek/sampel penelitian tersebut diperoleh dengan cara membeli dari nelayan di Pantai Kenjeran Kecamatan Bulak Kota Surabaya. Jumlah ikan yang dibeli sebanyak 32 ekor yang mempunyai ukuran berat rata-rata sebesar 250 gram. Data ukuran panjang, lebar dan berat ikan keting yang digunakan untuk sampel penelitian dapat terlihat pada Lampiran 3.

##### b. Data penelitian

Data hasil penelitian adalah berupa kandungan merkuri pada ikan keting sebelum adanya perlakuan dan setelah adanya perlakuan. Data yang dianalisis adalah kandungan merkuri sebelum perlakuan, data kandungan merkuri setelah penelitian, selisih data sebelum dan sesudah perlakuan dan persentase penurunan kandungan merkuri setelah mengalami perlakuan.

Hasil analisis kandungan merkuri pada ikan keting sebelum dilakukan pengolahan adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 5.1. dibawah ini.

Tabel 5.1. Kadar Merkuri pada ikan keting sebelum dilakukan perlakuan pengolahan

Waktu Perlakuan			Kandungan Merkuri sebelum perlakuan (ppm)			
			Replikasi I	Replikasi II	Rata-rata	Standar Deviasi
Rebus	Cuka -	10 menit	0,143	0,117	0,130	0,018
		20 menit	0,134	0,134	0,134	0,0000
	Cuka +	10 menit	0,117	0,120	0,118	0,002
		20 menit	0,289	0,201	0,245	0,062
Kukus	Cuka +	10 menit	0,203	0,224	0,213	0,015
		20 menit	0,101	0,217	0,159	0,082
	Cuka -	10 menit	0,134	0,151	0,143	0,012
		20 menit	0,301	0,312	0,307	0,077
Goreng	Cuka+	10 menit	0,164	0,312	0,238	0,105
		20 menit	0,217	0,346	0,282	0,091
	Cuka -	10 menit	0,254	0,164	0,209	0,064
		20 menit	0,346	0,302	0,324	0,031
Bakar	Cuka +	10 menit	0,134	0,254	0,194	0,085
		20 menit	0,224	0,280	0,252	0,039
	Cuka -	10 menit	0,158	0,112	0,135	0,033
		20 menit	0,178	0,144	0,161	0,024
Rata-rata			0,193	0,209	0,202	0,076

Dari data tersebut maka terlihat bahwa kandungan merkuri pada ikan keting sebelum dilakukan perlakuan sangat bervariasi, yang terendah adalah 0,101 ppm dan tertinggi 0,346 ppm. Dari hasil pengolahan data (Lampiran 2)

diperoleh nilai rata-rata kandungan merkuri rata-rata sebelum diberi perlakuan adalah sebesar 0,202 ppm dan standar deviasi 0,076 ppm

Selanjutnya setelah dilakukan perlakuan pengolahan maka kandungan merkuri pada ikan keting adalah sebagaimana tersaji dalam Tabel 5.2. dibawah ini

Tabel 5.2 Kadar Merkuri pada ikan keting sesudah dilakukan perlakuan pengolahan

Waktu Perlakuan			Kandungan Merkuri setelah perlakuan (ppm)			
			Replikasi I	Replikasi II	Rata-rata	Standar deviasi
Rebus	Cuka +	10 menit	0,042	0,040	0,041	0,004
		20 menit	0,042	0,030	0,036	0,008
	Cuka -	10 menit	0,021	0,060	0,041	0,028
		20 menit	0,003	0,003	0,003	0,000
Kukus	Cuka +	10 menit	0,032	0,020	0,026	0,008
		20 menit	0,002	0,009	0,006	0,005
	Cuka -	10 menit	0,014	0,061	0,037	0,032
		20 menit	0,004	0,014	0,009	0,007
Goreng	Cuka +	10 menit	0,014	0,020	0,017	0,004
		20 menit	0,020	0,012	0,016	0,006
	Cuka -	10 menit	0,003	0,011	0,007	0,006
		20 menit	0,009	0,013	0,011	0,003
Bakar	Cuka +	10 menit	0,010	0,032	0,021	0,016
		20 menit	0,035	0,020	0,028	0,011
	Cuka -	10 menit	0,008	0,040	0,024	0,023
		20 menit	0,005	0,002	0,004	0,002
Rata-rata			0,016	0,024	0,020	0,016

Setelah dilakukan perlakuan pengolahan, kandungan merkuri pada ikan keting mengalami penurunan yang cukup besar. Setelah dilakukan perlakuan pengolahan maka kadar merkuri pada ikan keting bervariasi dari yang terendah sebesar 0,02 ppm dan tertinggi 0,061 ppm dengan rata-rata 0,020 ppm dan standar deviasi 0,016 ppm.

Adapun selisih penurunan kandungan merkuri pada ikan keting sebelum dan sesudah perlakuan adalah sebagaimana tersaji pada Tabel 5.3. berikut ini :

Tabel 5.3. Selisih Kadar Merkuri pada ikan keting sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan pengolahan

Waktu Perlakuan			Selisih penurunan kandungan merkuri (ppm)			
			Replikasi I	Replikasi II	Rata-rata	Standar Deviasi
Rebus	Cuka +	10 menit	0,101	0,077	0,089	0,022
		20 menit	0,092	0,104	0,098	0,008
	Cuka -	10 menit	0,096	0,060	0,078	0,025
		20 menit	0,286	0,198	0,242	0,062
Kukus	Cuka +	10 menit	0,171	0,204	0,187	0,023
		20 menit	0,099	0,208	0,154	0,077
	Cuka -	10 menit	0,120	0,090	0,105	0,021
		20 menit	0,297	0,298	0,297	0,071
Goreng	Cuka+	10 menit	0,150	0,292	0,221	0,100
		20 menit	0,197	0,334	0,266	0,097
	Cuka -	10 menit	0,251	0,153	0,202	0,069
		20 menit	0,337	0,289	0,313	0,034
Bakar	Cuka +	10 menit	0,124	0,222	0,173	0,069
		20 menit	0,189	0,260	0,224	0,050
	Cuka -	10 menit	0,150	0,072	0,111	0,055
		20 menit	0,173	0,142	0,157	0,043
Rata-rata			0,157	0,207	0,181	0,084

Dari data tersebut maka terlihat bahwa selisih kandungan merkuri pada ikan keting sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan bervariasi dari yang terendah 0,060 ppm dan yang tertinggi 0,337 ppm, dengan rata-rata 0,181 ppm dan standar deviasi 0,084 ppm

Selanjutnya besarnya persentase penurunan kandungan merkuri setelah dilakukan perlakuan pengolahan adalah sebagai berikut pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Persentase Penurunan Kadar Merkuri Ikan Keting Setelah Perlakuan pengolahan

Waktu Perlakuan			Persentase penurunan kandungan merkuri (%)					
			Replikasi I	Replikasi II	Rata-rata	Standar Deviasi		
Rebus	Cuka +	10 menit	70,6	65,8	68,2	3,39		
		20 menit	68,7	77,6	73,2	6,29		
	Cuka -	10 menit	82,1	50,0	66,1	22,69		
		20 menit	98,9	98,5	98,7	0,28		
Kukus	Cuka +	10 menit	84,2	91,1	87,7	4,88		
		20 menit	98,0	95,8	96,9	1,56		
	Cuka -	10 menit	89,5	59,6	74,5	21,14		
		20 menit	97,3	95,5	96,4	1,27		
Goreng	Cuka +	10 menit	91,5	93,4	92,5	1,34		
		20 menit	90,8	96,5	93,6	4,03		
	Cuka -	10 menit	98,8	93,3	96,1	3,89		
		20 menit	97,3	95,7	96,5	1,13		
Bakar	Cuka +	10 menit	89,6	87,4	88,5	1,56		
		20 menit	84,4	92,9	88,7	6,01		
	Cuka -	10 menit	94,9	64,3	79,6	21,64		
		20 menit	97,9	98,6	98,3	0,50		
Rata-rata								
			89,6	84,8	87,2	13,16		

Dari tabel tersebut terlihat bahwa persentase penurunan kadar merkuri setelah dilakukan perlakuan bervariasi dari yang terendah sebesar 50 persen dan yang tertinggi 98,9 persen, dengan rata-rata penurunan sebesar 87,2 persen dan standar deviasi 13,16 persen.

Besarnya persentase penurunan kadar merkuri dari tiap perlakuan dapat disajikan pada Tabel 5.5, berikut ini :

Tabel 5.5. Penurunan kadar merkuri ikan keting berdasarkan macam pemanasan, pemberian cuka dan waktu pemanasan

Waktu Perlakuan		Penurunan kadar merkuri			
		10 menit		20 menit	
		Rata-rata (ppm)	Rata-rata (%)	Rata-rata (ppm)	Rata-rata (%)
Rebus	Cuka +	0,089	68,2	0,098	73,2
	Cuka -	0,078	66,1	0,242	98,7
Kukus	Cuka +	0,187	87,7	0,154	96,9
	Cuka -	0,105	74,5	0,297	96,4
	Cuka +	0,221	92,5	0,266	93,6
Goreng	Cuka -	0,202	96,1	0,313	96,1
Bakar	Cuka +	0,173	88,5	0,224	88,7
	Cuka -	0,111	79,6	0,157	98,3
Rata-rata		0,145	81,6	0,217	92,7
Rata-rata Total					87,2

Persentase penurunan kandungan merkuri dan selisih antara sebelum dan sesudah perlakuan selanjutnya dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis varian tiga arah (*Three - Way Analysis of Variant*).



## 5.2. Analisis dan Hasil Penelitian

### 5.2.1. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Merkuri Pada Ikan Keting

Dari hasil uji statistik analisis varians tiga arah (*Three-way analysis of Variant*) dengan  $F_{0,05}$  secara umum dari 16 perlakuan pengolahan terhadap penurunan kadar merkuri pada ikan keting menunjukkan perbedaan hasil yang nyata, dimana dari Tabel 5.6. nilai  $p = 0,036$ . Rata-rata penurunan kandungan mrkuri pada ikan keting setelah perlakuan pengolahan menurun sebesar 87,2 persen dengan kisaran cukup besar antara 50 hingga 98,9 persen dan selisih penurunannya antara 0,60 – 0,337 ppm dengan rata-rata 0,181 ppm. Rata-rata penurunan yang tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan direbus dengan waktu 20 menit tanpa perendaman/pemberian cuka terlebih dahulu yaitu yang semula kadarnya 0,201 - 0,289 ppm menjadi 0,003 ppm atau penurunan rata-rata 98,7 persen dengan selisih antara 0,92 – 337 ppm dan rata-rata 0,217 ppm. Sedangkan rata-rata penurunan terendah adalah pada kombinasi perlakuan direbus selama 10 menit tanpa perendaman/pemberian cuka terlebih dahulu yaitu dari kadar 0,117 – 0,120 ppm menjadi 0,021 – 0,060 ppm atau menurun rata-rata sebesar 66,05 persen dan selisih antara sebelum dan sesudah perlakuan adalah 0,060 - 0,096 ppm atau rata-rata sebesar 0,078 ppm.

Hasil analisis sidik ragam tiga arah (*three way analysis of variance*) persentase penurunan dari semua perlakuan dapat disajikan pada tabel 5.6. dibawah ini :

Tabel 5.6. Analisis Sidik Ragam Perlakuan Pengolahan Terhadap Persentase Penurunan Kandungan Merkuri Ikan Keting

Sumber Keragaman	Derajat bebas (db)	F rasio	p
Perlakuan	15	2,55	0,036*
- Metoda	3	4,71	0,015*
- Cuka	1	0,35	0,555
- Waktu	1	9,96	0,006*
- Interaksi			
Metoda * Cuka	3	1,18	0,347
Metoda * Waktu	3	1,27	0,320
Cuka * waktu	1	4,26	0,056
Metoda *Cuka* Waktu	3	0,72	0,555
Error (Galat)	16		
Total	31		

\* Berbeda nyata,  $p < 0,05$

Sedangkan analisis sidik ragam tiga arah (*three way analysis of variant*) dari selisih kadar merkuri sebelum dan sesudah perlakuan semua dapat disajikan pada tabel 5.6 . dibawah ini :

Tabel 5.7. Analisis Sidik Ragam Terhadap Selisih (penurunan) Kadar Merkuri Ikan Keting Sebelum dan Sesudah Perlakuan Pengolahan

Sumber Keragaman	Derajat bebas (db)	F rasio	p
Perlakuan	15	3,67	0,007*
- Metoda	3	7,05	0,003*
- Cuka	1	0,27	0,608
- Waktu	1	13,25	0,002*
- Interaksi			
Metoda * Cuka	3	2,27	0,120
Metoda * Waktu	3	0,27	0,843
Cuka * waktu	1	7,26	0,016*
Metoda *Cuka* Waktu	3	1,87	0,183
Error (Galat)	16		
Total	31		

\* Berbeda nyata,  $p < 0,05$

### 5.2.2. Pengaruh metoda pengolahan dengan pemanasan (rebus, kukus, goreng dan bakar) terhadap penurunan kandungan merkuri.

Dari hasil analisis sidik ragam pada tabel 5.6. terlihat bahwa perlakuan dengan menggunakan metoda pengolahan/pemanasan yaitu direbus, dikukus, di goreng dan dibakar menunjukkan perbedaan yang nyata karena F rasio berada pada level  $p = 0,015$  (lebih kecil dari 0,05) Penurunan kadar merkuri tertinggi diperoleh dari metoda goreng yaitu sebesar 94,66 persen, diikuti oleh metoda kukus sebesar dengan 88,87 persen, bakar 88,75 persen yang secara statistik ketiganya tidak berbeda dan yang terendah adalah perebusan (76,52 persen) yang berbeda nyata dari ketiga perlakuan pengolahan lainnya

Dari tabel dua arah antara rata-rata sebelum dan sesudah perlakuan terlihat penurunan sebagai berikut dalam Tabel 5.8.

Tabel : 5.8. Penurunan Kadar Merkuri sebelum dan sesudah perlakuan dengan metoda pengolahan

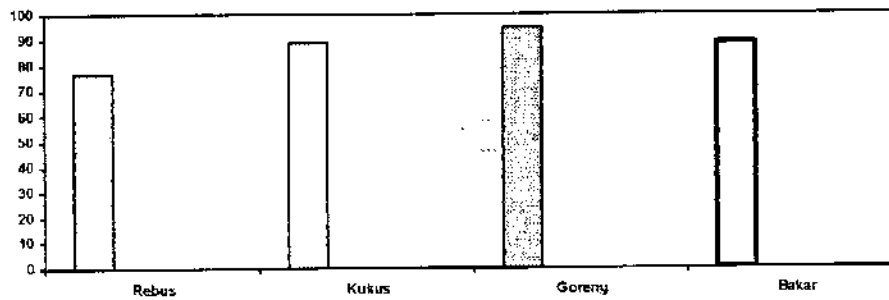
Perlakuan	Kadar merkuri sebelum pengolahan	Kadar merkuri setelah pengolahan (ppm)	Penurunan (%)
Rebus : Kisaran Rata-rata Standar Deviasi	0,117 – 0,289 0,157 0,059	0,003 – 0,060 0,030 0,02	50,0 - 98,9 76,52 16, 11
Kukus Kisaran Rata-rata Standar Deviasi	0,101 – 0,301 0,205) 0,075	0,002 – 0,061 (0,019) 0,019	59,60 – 98,0 88,87 12,71
Goreng Kisaran Rata-rata Standar Deviasi	0,164 – 0,346 0,264) 0,075	0,003 - 0,020 0,012 0,014	90,8 - 98,6 94,66 2,85
Bakar Kisaran Rata-rata Standar Deviasi	0,112 – 0,280 0,182) 0,064	0,002 - 0,061 0,020 0,016	64,3 - 98,60 88,75 11,05

Selanjutnya beda antara perlakuan dari metoda goreng, kukus, bakar dianalisis dengan uji beda nyata terkecil (*Least Significant Different*, - LSD ) sebagaimana disajikan pada Tabel 5.9. dibawah ini

Tabel 5.9. Analisis Beda Nyata Terkecil Dari Perlakuan Metoda Pengolahan

Perlakuan	Rebus	Kukus	Goreng	Bakar
Rebus	-	p = 0,024*	p = 0,002*	p = 0,026*
Kukus	p = 0,024*	-	p = 0,262	p = 0,980
Goreng	p = 0,002*	p = 0,262	-	p = 0,252
Bakar	p = 0,026*	p = 0,980	p = 0,252	-

Dari analisis beda nyata terkecil (*Least Significant Different* - LSD ) ke empat perlakuan pengolahan tersebut terlihat bahwa metoda rebus berbeda nyata dengan ketiga perlakuan lainnya yaitu dikukus, digoreng dan dibakar, terlihat dari F rasio sebesar  $p = 0,024$  (kukus),  $p = 0,002$  (goreng) dan  $p = 0,026$  yang ketiganya lebih kecil dari 0.05. Meskipun dari kombinasi perlakuan direbus selama 20 menit tanpa cuka memberikan persentase penurunan yang tertinggi, tapi secara rata-rata penurunan dengan metoda rebus memberikan penurunan kadar merkuri yang lebih rendah dari ketiga metoda lainnya. Beda rata-rata penurunan kandungan merkuri yang diolah dengan metoda direbus dengan yang digoreng adalah - 18,14 persen, dengan yang dikukus adalah - 12,35 persen dan dengan yang dibakar - 12,25 persen. Sedangkan antara ketiga perlakuan goreng, kukus dan dibakar meskipun terdapat perbedaan penurunan kandungan merkuri, tapi perbedaannya tidak nyata. Bila digambarkan dengan grafik maka, persentase penurunan kandungan merkuri pada ikan keting dari masing-masing perlakuan dengan metode pengolahan adalah sebagai berikut :



Gambar 5.1. Persentase penurunan kadar merkuri dari tiap metoda pengolahan

### 5.2.3. Pengaruh pemberian cuka terhadap penurunan kandungan merkuri.

Besarnya penurunan kandungan merkuri karena perlakuan pemberian cuka (pemberian/perendaman dengan cuka 25 persen selama 1 jam dan tanpa pemberian/perendaman dengan cuka dapat disajikan pada tabel di bawah ini 5.10. di bawah ini :

Tabel 5.10. Penurunan Kadar Merkuri Pada Ikan Keting Sebelum dan Sesudah perlakuan pengolahan dengan pemberian cuka

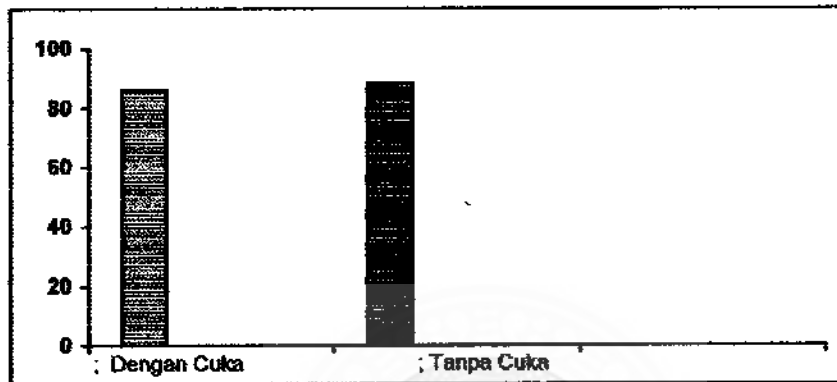
Perlakuan	Kisaran kadar merkuri sebelum perlakuan (ppm)	Kisaran kadar merkuri setelah perlakuan (ppm)	Penurunan (%)
Pemberian Cuka			
Kisaran	0,101 – 0,312	0,003 – 0,060	65,80 – 98,0
Rata-rata	0,200	0,024	86,14
Standar Deviasi	0,073	0,012	10,22
Tanpa Cuka			
Kisaran	0,117 – 0,346	0,002 – 0,061	50 – 98,90
Rata-rata	0,203	0,017	88,26
Standar Deviasi	0,083	0,019	5,85

Dari hasil analisis sidik ragam pada tabel 5.6. terlihat bahwa perlakuan dengan menggunakan cuka yaitu dengan pemberian cuka dan tanpa pemberian



cuka tidak menunjukkan perbedaan yang nyata karena F rasio berada pada level  $p= 0,555$  lebih besar dari 0.05 .yaitu masing-masing rata-rata sebesar 86,14 persen dan 88,26 persen,

Bila digambarkan dengan grafik maka, persentase penurunan kandungan merkuri pada ikan keting dari masing-masing perlakuan pemberian cuka adalah sebagai berikut



Gambar 5.2. Persentase penurunan kadar merkuri pada ikan keting dari pemberian cuka dan tanpa cuka

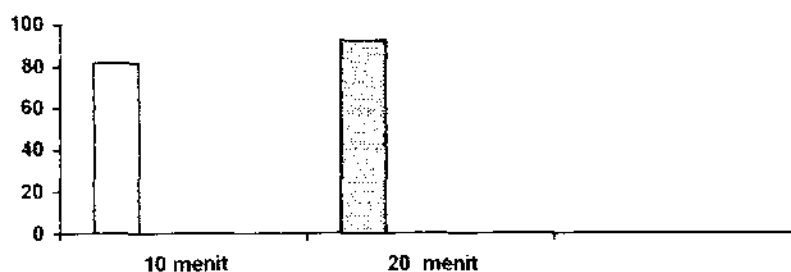
#### 5.2.4. Pengaruh waktu pengolahan terhadap penurunan kandungan merkuri.

Besarnya penurunan kandungan merkuri karena perlakuan lamanya waktu pengolahan (10 menit dan 20 menit) dapat disajikan pada Tabel 5.11 . berikut ini :

Tabel 5.11. Penurunan Kadar Merkuri sebelum dan sesudah pengolahan selama 10 menit dan 20 menit

Perlakuan	Kisaran kadar merkuri sebelum perlakuan (ppm)	Kisaran kadar merkuri rata-rata setelah perlakuan (ppm)	Penurunan (%)
10 menit			
Kisaran	0,112 – 0,312	0,003 – 0,061	50 – 98,80
Rata-rata	0,173	0,026	81,6
Standar Deviasi	0,059	0,017	14,73
20 menit			
Kisaran	0,101 – 0,346	0,002 – 0,042	68,70 – 98,90
Rata-rata	0,231	0,014	92,7
Standar Deviasi	0,083	0,012	8,65

Dari hasil analisis sidik ragam pada tabel 5.6. terlihat bahwa perlakuan dengan waktu 10 menit dan 20 menit menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini terlihat karena F rasio berada pada level  $p = 0,006$  lebih kecil dari 0,05. Penurunan kadar merkuri pada pengolahan selama 20 menit lebih tinggi yaitu sebesar 92,7 persen dibandingkan dengan lama pengolahan 10 menit yaitu sebesar 81,6 persen. Bila digambarkan dengan grafik maka, persentase penurunan kandungan merkuri pada ikan keting dari masing-masing perlakuan lama pengolahan adalah sebagai berikut :



Gambar 5.3. Persentase penurunan kadar merkuri dari perlakuan lama pengolahan

### 5.2.5. Pengaruh interaksi antara metoda pengolahan, pemberian cuka dan lamanya pengolahan terhadap penurunan kandungan merkuri pada ikan keting

Dari hasil analisis sidik ragam pada tabel 5.6. terlihat bahwa pengaruh interaksi antara metoda pengolahan, pemberian cuka dan lamanya pengolahan terhadap persentase penurunan kandungan merkuri tidak berbeda nyata, baik untuk interaksi antara metoda pengolahan dan pemberian cuka, interaksi antara metoda pengolahan dan lamanya pengolahan, interaksi pemberian cuka dan waktu pengolahan serta interaksi antara metoda pengolahan, pemberian cuka dan lamanya waktu pengolahan. Hal ini terlihat dari F rasio interaksi antara metoda pengolahan dan pemberian cuka, interaksi antara metoda pengolahan dan lamanya pengolahan, interaksi pemberian cuka dan waktu pengolahan serta interaksi antara metoda pengolahan, pemberian cuka dan lamanya waktu pengolahan yang lebih besar 0,05. Begitu pula halnya dengan nilai selisih sebelum dan sesudah perlakuan secara umum tidak berbeda nyata, terlihat dari interaksi metoda pengolahan, cuka dan waktu F rasio berada pada  $p = 0,183$  yang lebih besar dari 0,05. Pada analisis terhadap selisih penurunan kandungan merkuri ikan keting terlihat adanya interaksi antara cuka dan waktu dengan nilai  $p = 0,016$  yang lebih kecil dari 0,05. Dari harga rata-rata perlakuan interaksi pemberian cuka dan lamanya waktu pengolahan terhadap selisih penurunan kadar merkuri pada ikan keting, diperoleh nilai tertinggi pada



perlakuan tanpa cuka dengan waktu 20 menit yaitu dengan rata-rata selisih penurunan sebesar 0,196 ppm. Dengan demikian maka perlakuan tanpa cuka dan waktu yang lebih lama (20 menit) memberikan selisih penurunan kandungan merkuri pada ikan keting yang lebih besar dibandingkan waktu yang lebih pendek (10 menit), meskipun dilihat dari persentase penurunannya tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (tidak ada interaksi)





## **BAB VI**

### **PEMBAHASAN**

**BAB 6****PEMBAHASAN**

Kandungan logam merkuri pada ikan keting sebelum dilakukan perlakuan adalah sebesar 0,101 ppm – 0,346 ppm dan rata-rata sebesar 0,201 ppm. Dari data tersebut terlihat bahwa ikan keting yang terdapat di Pantai Kenjeran Surabaya telah terkontaminasi logam berat merkuri melebihi ambang batas yang dianjurkan oleh WHO yaitu sebesar 0,05 ppm (Sudarmadji dkk, 2001). Perlakuan dengan metoda pemanasan/pemasakan yaitu rebus, kukus, goreng dan bakar dengan waktu selama 10 menit dan 20 menit mampu menurunkan kadar merkuri didalamnya secara signifikan yaitu menjadi rata-rata sebesar 0,020 ppm yang berada dibawah ambang batas anjuran WHO. Rata-rata persentase penurunan kadar merkuri setelah dilakukan perlakuan adalah sebesar 87,2 persen. Metoda pengolahan dengan digoreng, dikukus dan dibakar merupakan metoda yang dapat menurunkan kadar merkuri pada ikan keting yang cukup tinggi yaitu masing-masing sebesar 94,66 persen, 88,87 persen, 88,75 (ketiganya tidak berbeda nyata) dan terendah dengan metoda direbus sebesar 76,52 persen yang berbeda nyata dengan ketiga perlakuan pengolahan tersebut diatas. Keadaan ini sejalan/relevan dengan yang dinyatakan oleh Batan (1996) di dalam Yudhastuti dkk (1998) bahwa suhu, tekanan dan cara memasak dapat bertindak sebagai katalisator penurunan kadar logam berat serta Rizal (2003) yang mengamati penurunan kadar merkuri (Hg) pada beberapa jenis ikan sungai sebesar 74,57 persen setelah ikan tersebut dimasak.

Metoda pengolahan dengan digoreng memberikan persentase penurunan kadar merkuri paling tinggi dimungkinkan karena cara ini adalah dengan menggunakan pemanasan paling tinggi yaitu antara  $160^{\circ}$  -  $190^{\circ}$  C dibandingkan dengan metoda lainnya yaitu kukus, rebus dan bakar dan menggunakan medium minyak/lemak untuk memasak. Metoda kukus menggunakan medium uap air yang mendidih pada suhu  $100^{\circ}$  C. Metoda rebus menggunakan air yang mendidih pada suhu  $100^{\circ}$  C, sedangkan metoda bakar adalah dengan radiasi dari sumber panas secara langsung. Merkuri merupakan logam yang mudah menguap (Sunu, 2001), begitu pula senyawa ion metil merkuri sangat mudah larut dalam air dan sangat mudah menguap ke udara (Palar, 1994). Faktor-faktor fisika seperti cahaya dan panas akan menyebabkan ion metil merkuri terurai kembali menjadi metana ( $\text{CH}_4$ ), etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) dan logam  $\text{HgO}$  (Palar, 1994). Dengan melihat sifat-sifat merkuri yang demikian maka metoda goreng yang menggunakan panas yang paling tinggi secara rata-rata memberikan efek penurunan kadar merkuri pada ikan yang paling tinggi dibandingkan metoda lainnya. Metoda rebus memberikan efek penurunan terendah dimungkinkan karena merkuri yang ada dalam tubuh ikan yang menguap karena adanya efek pemanasan air sebagian lagi masuk ke air dan karena dalam metoda perebusan ikan berada dalam medium air. Karena merkuri juga mudah larut dalam air maka merkuri ini sebagian dapat masuk lagi ke tubuh ikan sehingga metoda rebus memberikan efek penurunan yang terendah. Metoda kukus adalah metoda yang memberikan efek penurunan tertinggi kedua setelah metoda goreng. Merkuri yang terlepas dari tubuh ikan karena pemanasan oleh uap air tidak dapat masuk lagi ke tubuh ikan karena ikan tidak berada dalam medium air sehingga penurunan kadar merkuri masih cukup tinggi

dibandingkan dengan direbus. Sedangkan untuk metoda bakar, meskipun suhu pemanasan tidak setinggi di rebus namun ia mendapat efek radiasi langsung dari sumber panas dan memungkinkan merkuri yang ada dalam tubuh ikan lepas ke udara langsung.

Pemberian cuka tidak memberikan efek penurunan kadar merkuri yang berbeda nyata dengan yang tanpa cuka. Hal ini terlihat dari hasil penurunan kadar merkuri pada ikan keting rata-rata dengan perlakuan pemberian cuka sebesar 86,14 persen yang justru lebih rendah dari hasil penurunan rata-rata kadar merkuri pada ikan keting tanpa pemberian cuka yang sebesar 88,26 persen, meskipun tidak berbeda nyata. Sebagaimana menurut Imaduddin dan Keman (2000), dimana cuka mampu berperan sebagai "*chelating agent*" (mengikat logam) pada logam Pb sehingga perendaman ikan dengan cuka minimal selama satu jam dapat menurunkan kadar logam Pb secara signifikan sebesar 44,76 persen dibandingkan tanpa perendaman dengan cuka, maka dalam penelitian ini hal tersebut tidak terjadi pada logam merkuri. Dengan demikian cuka dalam penelitian ini tidak dapat berperan sebagai "*chelating agent*" untuk logam merkuri yang terkandung dalam daging ikan keting. Pemberian cuka tidak memberikan dampak penurunan kandungan merkuri pada ikan keting yang lebih besar dibandingkan tanpa pemberian cuka.

Selanjutnya waktu perlakuan 10 menit dan 20 menit menunjukkan hasil yang berbeda nyata (signifikan). Pengolahan dengan metode goreng, kukus, rebus dan bakar selama 20 menit memberikan penurunan kadar merkuri pada ikan keting yang

lebih tinggi dari pada waktu 10 menit. Penurunan kadar merkuri dengan perlakuan selama 20 menit memberikan kadar penurunan merkuri pada ikan keting rata-rata sebesar 92,7 persen, lebih tinggi dibandingkan dengan penurunan kadar merkuri pada ikan keting dengan waktu perlakuan selama 10 menit sebesar 81,6 persen. Hal ini dimungkinkan karena semakin lama diolah dengan metoda pemanasan goreng, kukus, rebus dan bakar maka semakin banyak merkuri yang menguap dan hilang dari tubuh ikan serta lepas ke udara.

Logam merkuri merupakan logam yang sangat toksik terhadap mahluk hidup termasuk manusia. Salah satu jalan/cara masuknya merkuri ke tubuh manusia adalah karena mengkonsumsi ikan yang mengandung merkuri. Dengan makin berkembangnya industri modern yang menghasilkan sejumlah besar produk kimia dan hasil sampingannya maka kondisi ini dapat mengkontaminasi lingkungan dan rantai makanan yang pada akhirnya akan mengkontaminasi bahan makanan seperti ikan dan lain-lainnya sehingga dapat meracuni manusia yang memakannya. Dari hasil penelitian ini telah membuktikan bahwa ikan keting kandungan merkurnya rata-rata sebesar 0,201 ppm. telah melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh WHO yaitu sebesar 0,05 ppm. Meskipun kandungan merkuri pada ikan keting ini masih termasuk lebih kecil dari pada kandungan ikan pada waktu terjadi kasus Minamata di Jepang, namun hal ini perlu diwaspadai karena logam ini bersifat bio akumulatif dan biomagnifikasi dalam tubuh mahluk hidup dan semakin tinggi level dalam rantai makanan maka akan semakin tinggi kadar merkuri dalam tubuh. Dikhawatirkan apabila mengkonsumsi secara terus menerus dan dalam waktu lama,

para konsumen ikan dapat menanggung dampak kesehatan yang merugikan akibat tercemar logam merkuri dalam tubuhnya. Efek merkuri dalam tubuh manusia menyebabkan gangguan saraf sensoris, kepekaan menurun, sulit menggerakkan jari tangan dan kaki, penglihatan menyempit, daya pendengaran menurun serta rasa nyeri pada lengan dan paha, gangguan saraf motorik : lemah, sulit berdiri, mudah jatuh, tremor, gerakan lambat, sulit bicara dan gangguan lain : gangguan mental, sakit kepala dan hipersalivasi dan yang fatal dapat menyebabkan kematian (Darmono, 2001). Mukono (2002) menyatakan pula bahwa paparan merkuri dapat menyebabkan berat badan bayi yang lahir rendah, meningkatkan angka kematian bayi serta efek teratogenik berupa kerusakan khromosom.

Dalam kondisi saat ini dengan semakin berkembangnya industri dan peningkatan jumlah penduduk yang makin besar, maka pencemaran lingkungan khususnya pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang sulit dihindari dan diatasi. Pengelolaan dan pengendalian pencemaran tidak dapat lepas dari aspek sosial politik dan ekonomi secara keseluruhan. Penindakan terhadap industri yang melakukan pelanggaran terhadap ketentuan pokok undang-undang pencemaran lingkungan tidak dapat dilakukan dengan mudah karena menyangkut masalah ketenagakerjaan, penanaman modal dan investasi, serta masalah politik dan sosial ekonomi lainnya. Apalagi masalah pencemaran bukan hanya disebabkan oleh industri saja tapi juga dapat disebabkan oleh perilaku masyarakat itu sendiri dan kondisi sosial ekonominya yang justru lebih sulit untuk mengatasi dan merubahnya dari yang tidak peduli akan lingkungan menjadi masyarakat yang peduli lingkungan.

Meskipun dalam kondisi perairan yang tercemar oleh logam berat, sangat tidak mungkin bagi kita melarang nelayan untuk menangkap ikan dari perairan yang tercemar tersebut serta mencegah menjualnya kepada masyarakat konsumen ikan laut. Dirasakan sulit pula untuk mencegah pedagang menjual ikan yang tercemar logam kepada masyarakat atau melarang masyarakat mengkonsumsi ikan yang mengandung logam berat, karena umumnya belum seluruh lapisan masyarakat mengetahui akan bahaya mengkonsumsi ikan yang mengandung logam berat. Sejauh ini tindakan yang dapat dilakukan hanyalah berusaha untuk menurunkan kandungan logam berat dalam air limbah maupun buangan industri melalui penetapan standard kualitas air limbah dan emisi udara buangan industri atau penetapan baku mutu lingkungan. Namun demikian upaya ini belum cukup efektif untuk memberikan perlindungan terhadap konsumen makanan laut, karena adanya proses bioakumulasi dan biokonsentrasi yang terjadi dalam biota laut termasuk didalamnya juga dalam ikan keting yang merupakan salah satu jenis ikan yang tahan hidup pada perairan tercemar, merupakan hasil perikanan dari wilayah Pantai Kenjeran Surabaya yang harganya cukup murah sehingga banyak dikonsumsi masyarakat. Di samping adanya bahaya kontaminasi logam berat tersebut sebenarnya mengkonsumsi ikan laut merupakan salah satu upaya pemenuhan kebutuhan akan gizi yang berasal dari protein hewani selain dari daging unggas dan temak. Dengan demikian perlu dilakukan upaya bagaimana cara yang sederhana dan mudah oleh masyarakat umum menurunkan kandungan logam berat yang ada dalam ikan khususnya kandungan logam berat merkuri hingga mencapai level aman untuk dikonsumsi. Cara pengolahan dengan metoda



pemanasan/pemasakan yang sederhana seperti menggoreng, mengukus, membakar dan merebus dapat memberikan hasil penurunan kadar merkuri dalam daging ikan yang cukup besar. Pengolahan ikan dengan cara/metode goreng memberikan hasil penurunan kandungan merkuri yang cukup besar, diikuti oleh cara kukus, bakar dan rebus. Selanjutnya lama waktu pengolahan juga memberikan hasil yang cukup signifikan terhadap penurunan kandungan merkuri. Waktu 10 menit dipandang cukup matang dan menghasilkan penurunan kandungan merkuri yang cukup besar yaitu 81,6 persen dan waktu 20 menit menghasilkan penurunan kandungan merkuri sebesar 92,7 persen dan kondisi makanan masih layak dimakan. Dengan demikian semakin lama waktu pengolahan maka penurunan kandungan merkuri makin besar. Namun perlu diperhatikan juga agar waktu lamanya pengolahan ini tidak sampai membuat bahan makanan dari ikan tersebut menjadi tidak layak dimakan disebabkan bahan makanan tersebut menjadi hangus atau hancur karena pengolahan tersebut dan kandungan gizinya menjadi hilang. Sebagaimana yang dijelaskan oleh Sihite (2000) bahwa pengolahan dengan panas yang terlalu lama (*overcooking*) dapat mengakibatkan bahan makanan kehilangan beberapa zat gizi seperti protein, vitamin A dan C, yodium dan lain-lain serta kerusakan tekstur dan bentuk rusak, kehilangan rasa, aroma dan warna



## **BAB VII**

# **KESIMPULAN DAN SARAN**

## BAB 7

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metoda pengolahan dengan pemanasan (direbus, dikukus, digoreng dan dibakar) berpengaruh terhadap penurunan kadar (kandungan) merkuri pada ikan keting. Pengolahan dengan pemanasan dapat menurunkan kadar merkuri secara nyata .
2. Pemberian cuka tidak berpengaruh terhadap penurunan kadar merkuri pada ikan keting
3. Lamanya waktu pengolahan berpengaruh terhadap penurunan kadar merkuri pada ikan keting. Makin lama waktu pengolahan, penurunan kadar merkuri makin besar.
4. Kadar merkuri pada ikan keting setelah perlakuan pengolahan menurun sebesar rata-rata 87,2 persen. Metoda pengolahan dengan digoreng , kukus dan bakar memberikan penurunan kadar merkuri pada ikan keting yang tidak berbeda nyata, sedangkan perlakuan dengan metoda rebus memberikan penurunan kadar merkuri yang lebih kecil dan berbeda nyata dari ketiga tersebut (goreng, kukus dan bakar). Metoda goreng dapat menurunkan kadar merkuri pada ikan keting rata-rata sebesar 94,66 persen, kukus sebesar 88,87 persen, dibakar sebesar 88,75 dan terakhir dengan direbus sebesar

76,52 persen. Rata-rata penurunan kadar merkuri pada ikan keting dengan perlakuan pemberian cuka sebesar 86,14 persen, tidak berbeda nyata dengan penurunan rata-rata kadar merkuri pada ikan keting tanpa cuka sebesar 88,26 persen. Pengolahan dengan metode goreng, kukus, rebus dan bakar selama 20 menit memberikan penurunan kadar merkuri pada ikan keting yang lebih tinggi dari pada waktu 10 menit yaitu sebesar 92,7 persen dibandingkan dengan penurunan kadar merkuri pada ikan keting dengan waktu perlakuan selama 10 menit sebesar 81,6 persen.

## 7.2. Saran

Dari hasil analisis penelitian, pembahasan dan kesimpulan diatas, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kepada masyarakat perlu dianjurkan untuk melakukan pengolahan dengan metoda pemanasan bila diduga ikan yang dikonsumsi berasal dari perairan yang mengandung logam berat merkuri khususnya dengan digoreng, dikukus, dibakar atau direbus dan tidak mengkonsumsi dalam bentuk segar (belum dimasak) untuk menghindari kemungkinan masuknya logam berat merkuri ke tubuh manusia.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai pengaruh metoda pemanasan terhadap penurunan kandungan merkuri pada berbagai jenis ikan yang mengandung kadar logam berat merkuri yang lebih tinggi
3. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai pengaruh pengolahan dengan pemanasan terhadap kandungan logam berat merkuri pada ikan dan

hubungannya dengan kandungan gizi seperti protein, vitamin dan yodium dan dengan menggunakan berbagai bumbu dalam proses memasak.

4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh metoda pengolahan dengan pemanasan terhadap kandungan logam berat berbahaya lainnya selain merkuri pada berbagai jenis ikan yang dikonsumsi oleh manusia.





## DAFTAR PUSTAKA

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adams, M dan Motarjemi. Y. 2004. *Dasar-dasar Keamanan Makanan Untuk Petugas Kesehatan*. WHO. Edisi Bahasa Indonesia. Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta
- Amsyari, Fuad . 1996. *Membangun Lingkungan Sehat*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Anonymous, 2000. *Total Mercury in Household Products Estimation of Domestic Sources of Mercury Association of Metropolitan Sewerage Agencies August 2000*. <<http://www.hgtech.com/data/other/Hg%20house.htm>>. Diakses 12 Maret 2004.
- Anonymous, 2002 *Sources of Hazardous Chemicals in Human And Environmental Health*. Home Page/New @ IPCS/Other IPCS Publication. <<http://www.msn.com/waterpollution.mercury>>. Diakses 12 December 2002.
- Baihaki A. dan Sudradjat, M. . 1977. *Perancangan dan Analisa Percobaan*. Bagian Statistika Fakultas Pertanian Universitas Universitas Padjadjaran
- Balai Teknik Kesehatan Lingkungan . 1998. *Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri, Kuprum dan Timbal Pada Ikan dan Kerang Serta Pengaruhnya terhadap Kesehatan*. Surabaya
- Best, Ben 2002. *Is Mercury in Fish. A Health Hazard*. <<http://www.msn.com/waterpollution.mercury>>. Diakses 12 December 2002. >
- Connel, D. W. and Miller, G. J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran* Edisi Bahasa Indonesia dari buku *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. Penerbit UI Press Jakarta.
- Departemen Kesehatan RI. 2001. *Bahan-Bahan Berbahaya dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Manusia. Sebagai Referensi Dalam Melaksanakan ADKL*. Direktorat Jenderal PPMPL Jakarta.
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Mahluk Hidup* . Penerbit Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta
- Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta

- Djuhanda, Tatang. *Dunia Ikan*. 1981. Penerbit Armico. Bandung.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Polusi Udara (PAU)* – Penerbit Kanisius Yogyakarta
- Gaman, P.M dan K.B. Sherington. 1994. *Ilmu Pangan. Pengantar Ilmu Pangan dan Nutrisi dan Mikrobiologi*. Penerbit Universitas Gajah mada . Yogyakarta.
- Hadjiwijoto, Suwedo. 1993. *Tehnologi Pengolahan Hasil Perikanan*. Fakultas Tehnologi Pertanian Universitas Gajahmada. Yogyakarta..
- Imaduddin, Saiful dan Keman, Soedjadi. 2000. *Kemampuan Asam Asetat Menurunkan Kandungan Plumbum (Pb) Dalam Daging Ikan Bandeng*. Forum Ilmu Kesehatan Masyarakat. Th. XIX no. 18 hal. 33 – 39.
- Irawan, Agus. HSR. 1997. *Pengawetan Ikan dan Hasil Perikanan* . Penerbit CV Aneka . Solo.
- Irianto, Hari Eko dan Purnomo Achmad 2000. *Keamanan Konsumsi Produk Perikanan*. Warta Penelitian Perikanan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.
- Junianto, 2003. *tehnik Penanganan Ikan* . Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta
- Palar, Heryando 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit PT Rineka Cipta . Jakarta .
- Lu, Frank. C. 1991. *Basic Toxicology. Fundamentals, Target Organs and Risk Assesment*. Hemisphere Publishing Corporation.
- Mukono, J. 2000. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Airlangga University Press. Surabaya
- Mukono, J. 2002. *Epidemiologi Lingkungan (Environmental Epidemiology)*. Airlangga University Press. Surabaya
- Rizal , Ayonni. 2003. *Kadar Merkuri Rambut Kepala dan Faktor-faktor yang Mempengaruhinya pada Penduduk Kelurahan Tangkiling Kecamatan Bukit Batu Kotamadia Palangkaraya. Thesis*. Universitas Gajahmada Yogyakarta.
- Saanin, Hasanuddin. 1984. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan*. Jilid 1. Penerbit Bina Cipta .
- Sari, Fitri Indah. 2000. *Penurunan Kandungan Cadmium Pada Kerang Bulu (Anadara indica) dengan perendaman dalam Larutan Asam Cuka (Asam Asetat)*. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Airlangga.





- Sanusi Harpasis. S. 1980. *Sifat-sifat Sifat-sifat logam Berat Merkuri di Lingkungan Perairan Tropis*. Pusat Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan. Fakultas Perikanan. IPB Bogor
- Sihite, Richard. 2000. *Food Product (Dasar-dasar tata Boga)*. Penerbit SIC Surabaya.
- Siswanto, 1994. *Toksikologi Industri. Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Jawa Timur*. Departemen Tenaga Kerja. Surabaya
- Sjamsudin, Udin. 1995. *Logam Berat dan Antagonis. Farmakologi dan Terapi. Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia*. Jakarta.
- Soeparmo, 1985. *Dampak Pembangunan Terhadap Flora dan Fauna*. Diklat Kursus Amdal UNAIR-KLII, Surabaya.
- Sudarisman, T. dan Elvina A.R. 1996. *Petunjuk Memilih Produk Ikan dan Daging*. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sudarmadji, Azizah R. Yudhastuti, R. 1999. *Laporan Penelitian Pengaruh Logam Berat Pb dalam Kupang Terhadap Kesehatan Nelayan di Pantai Kenjeran Surabaya*. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga Surabaya ,
- Sudarmadji, R. Azizah, Ririh Yudhastuti . 2001. *Kadar Mercury (Hg) dalam Kupang dan Hubungannya Dengan Kadar Mercury (Hg) Dalam Darah Konsumen Pengonsumsi Kupang Di Pantai Kenjeran Surabaya. Laporan Penelitian Dosen Muda*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Sudarmadji , 2003. *Konsumsi Ikan Laut, Kadar Merkuri dalam Rambut, dan Kesehatan Nelayan di pantai Kenjeran Surabaya*. Tesis. Universitas Gajahmada Yogyakarta..
- Sunu, Pramudya 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Penerbit PT Gramedia Widia Sarana Indonesia, Jakarta.
- Supriharjono, D. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gajahmada Press. Yogyakarta.
- Tresnalarawati, ETTY. 1993. *Kandungan Logam Berat Hg, As dan Pb pada kerang Anadara granosa, Air dan Lumpur sebagai indicator Pencemaran pada Muara Banjir Kanal Barat Semarang serta Pantai Bungo. Demak. Jateng*. Tesis. Fakultas Pasca Sarjana. UGM Yogyakarta.

- Wardhana, Wisnu Arya. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Penerbit Andi Yogyakarta
- Yudhastuti, R. Sulistyorini, L. Purnomo, W. 1998. *Laporan Penelitian Pengaruh Logam Berat Merkuri (Hg) pada Ikan Mujair dan Kesehatan Masyarakat Pemakan Ikan Mujair di Kota Madya Surabaya*. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga Surabaya.
- Yudhastuti, Ririh dan Keman, Soedjajadi. 2003. *Sebab-sebab Terjadinya Keracunan Makanan dan Minuman Jajanan*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga Surabaya.





# LAMPIRAN

Lampiran I.

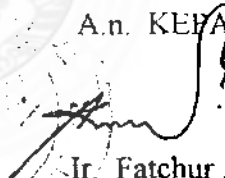
HASIL PEMERIKSAAN KEMIA

Nomor : 5232/056 / III/2004  
Asal : Surabaya  
Jenis Bahan : Ikan Keting  
Pengirim : Sri Redjeki

No.	Kode Sampel	Diterima Tanggal	Kadar Hg (ppm)
1	A1	6 Maret 2004	0,0412

Surabaya, 9 Maret 2004

A.n. KEPALA

  
Ir. Fatchur Rozak  
Ka Sie Pengujian Mutu

Lampiran 1. HASIL PEMERIKSAAN KIMIA  
(Lanjutan)

Nomor : 523 2 / 081 / III/2004  
Asal : Surabaya  
Jenis Bahan : Ikan Keting  
Pengirim : Sri Redjeki

No.	Kode Sampel	Diterima Tanggal	Kadar Hg (ppm)
1.	B1	10 Maret 2004	0,0124
2.	B2	- sda -	0,0110
3.	B3	- sda -	0,0097
4.	B4	- sda -	0,0104
5.	B5	- sda -	0,0058
6.	B6	- sda -	0,0021
7.	B7	- sda -	0,0000

Surabaya, 13 Maret 2004

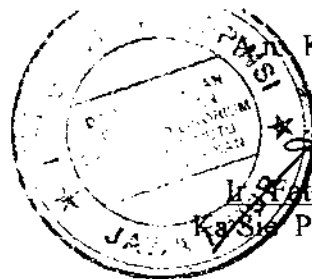
KEPALA  
DINAS PERIKANAN DAN KELAUTAN  
SURABAYA  
K. Fatchur Rozak  
Ka Sic Pengujian Mutu

Lampiran 1. HASIL PEMERIKSAAN KIMIA  
 (lanjutan)

Nomor : 523.2.1414a.1 VI/2004  
 Asal : Surabaya  
 Jenis Bahan : Ikan Keting Segar  
 Pengirim : Sri Redjeki

No.	Kode Sampel	Diterima Tanggal	Kadar Hg (ppm)
1	Aw1.1	6 Mei 2004	0,143
2	Aw2.1	- sda -	0,134
3	Bw1.1	- sda -	0,117
4	Bw2.1	- sda -	0,289
5	Cw1.1	- sda -	0,203
6	Cw2.1	- sda -	0,101
7	Dw1.1	- sda -	0,134
8	Dw2.1	- sda -	0,301
9	Ew1.1	- sda -	0,164
10	Ew2.1	- sda -	0,217
11	Fw1.1	- sda -	0,254
12	Fw2.1	- sda -	0,346
13	Gw1.1	- sda -	0,134
14	Gw2.1	- sda -	0,224
15	Hw1.1	- sda -	0,158
16	Hw2.1	- sda -	0,178

Surabaya, 14 Mei 2004

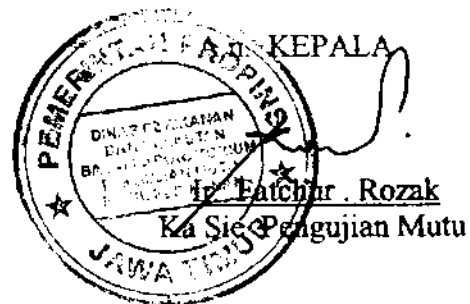

 KEPALA  
*[Signature]*  
 Ir. Saichur. Rozak  
 Kepala Balai Pengujian Mutu

Lampiran 1. HASIL PEMERIKSAAN KIMIA  
 (lanjutan)

Nomor : 583-2/14/401 VI/2004  
 Asal : Surabaya  
 Jenis Bahan : Ikan Keting Segar  
 Pengirim : Sri Redjeki

No.	Kode Sampel	Diterima Tanggal	Kadar Hg (ppm)
17	Aw1.2	6 Mei 2004	0,117
18	Aw2.2	- sda -	0,134
19	Bw1.2	- sda -	0,120
20	Bw2.2	- sda -	0,201
21	Cw1.2	- sda -	0,224
22	Cw2.2	- sda -	0,217
23	Dw1.2	- sda -	0,151
24	Dw2.2	- sda -	0,312
25	Ew1.2	- sda -	0,312
26	Ew2.2	- sda -	0,346
27	Fw1.2	- sda -	0,164
28	Fw2.2	- sda -	0,302
29	Gw1.2	- sda -	0,254
30	Gw2.2	- sda -	0,280
31	Hw1.2	- sda -	0,112
32	Hw2.2	- sda -	0,144

Surabaya, 14 Mei 2004



**PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR**  
**DINAS PERIKANAN DAN KELAUTAN**  
**BALAI LABORATORIUM PENGUJIAN MUTU HASIL PERIKANAN**  
PROVINCIAL LABORATORY FOR FISH INSPECTION AND QUALITY CONTROL IN SURABAYA, EAST JAVA, INDONESIA  
Jl. Pahlawan II No. 58 (1), Telp. (031) 8274697 - 8274693 - 8274694 Fax No. (031) 8282115  
SURABAYA - INDONESIA

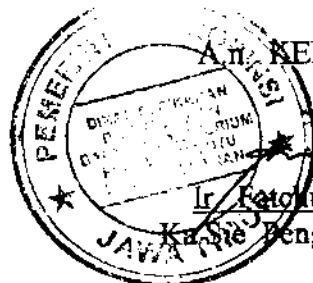
Lampiran 1  
(lanjutan)

HASIL PEMERIKSAAN KIMIA

Nomor : 523.2/830/VI/2004  
 Asal : Surabaya  
 Jenis Bahan : Ikan Keting Olahan  
 Pengirim : Sri Redjeki

No.	Kode Sampel	Diterima Tanggal	Kadar Hg (ppm)
1	Aw.1.1	17 Mei 2004	0,042
2	Aw.2.1	- sda -	0,042
3	Bw.1.1.	- sda -	0,021
4	Bw.2.1	- sda -	0,003
5	Cw.1.1	- sda -	0,032
6	Cw.2.1	- sda -	0,002
7	Dw.1.1.	- sda -	0,014
8	Dw.2.1	- sda -	0,004
9	Ew.1.1	- sda -	0,014
10	Ew.2.1	- sda -	0,020
11	Fw.1.1	- sda -	0,003
12	Fw.2.1	- sda -	0,009
13	Gw.1.1	- sda -	0,010
14	Gw.2.1	- sda -	0,035
15	Hw.1.1	- sda -	0,008
16	Hw.2.1	- sda -	0,005

Surabaya, 14 Juni 2004


  
 A.n. KEPALA  
 Ir. Fatchur. Rozak  
 Kepala Pengujian Mutu



PEMERINTAH PROPINSI JAWA TIMUR  
DINAS PERIKANAN DAN KEHIDUPAN

SALAH LABORATORIUM PENCUKAN MUTU HASIL PERIKANAN  
PROVINSI LABORATORY FOR FISH INSPECTION AND QUALITY CONTROL IN SURABAYA, EAST JAVA, INDONESIA  
Jl. PAGESANGAN II No. 58 B. Telp. (031) 9274892 - 9274893 - 9274684 Fax No. (031) 9290115  
SURABAYA - INDONESIA

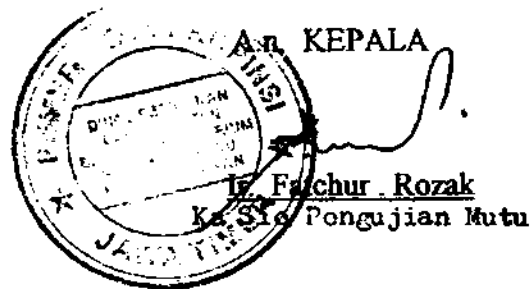
Lampiran 1. HASIL PEMERIKSAAN KIMIA  
(lanjutan)

Nomor : 523.2/830/VI/2004  
Asal : Surabaya  
Jenis Bahan : Ikan Keting Olahan  
Pengirim : Sri Redjeki

No.	Kode Sampel	Diterima Tanggal	Kadar Hg (ppm)
17	Aw1.2	17 Mei 2004	0,040
18	Aw2.2	- sda -	0,030
19	Bw1.2	- sda -	0,060
20	Bw2.2	- sda -	0,003
21	Cw1.2	- sda -	0,020
22	Cw2.2	- sda -	0,009
23	Dw1.2	- sda -	0,061
24	Dw2.2	- sda -	0,014
25	Ew1.2	- sda -	0,020
26	Ew2.2	- sda -	0,012
27	Fw1.2	- sda -	0,011
28	Fw2.2	- sda -	0,013
29	Gw1.2	- sda -	0,032
30	Gw2.2	- sda -	0,020
31	Hw1.2	- sda -	0,040
32	Hw2.2	- sda -	0,002

Surabaya, 14 Juni 2004

KEPALA  
I. Fachur Rozak  
Kepala Pengujian Mutu



## Lampiran 2. Hasil Analisa Statistik

### Means

#### SEBELUM SESUDAH TURUN SELISIH \* METODE

METODE		SEBELUM	SESUDAH	TURUN	SELISIH
rebus	Mean	,15688	3,013E-02	76,5250	,12587
	N	8	8	8	8
	Std. Deviation	5,998E-02	2,010E-02	16,6077	7,69E-02
	Minimum	,117	,003	50,00	,060
	Maximum	,289	,060	98,90	,286
kukus	Mean	,20538	1,950E-02	88,8750	,18588
	N	8	8	8	8
	Std. Deviation	7,554E-02	1,926E-02	12,7072	8,20E-02
	Minimum	,101	,002	59,60	,090
	Maximum	,312	,061	98,00	,298
goreng	Mean	,26313	1,275E-02	94,6625	,25038
	N	8	8	8	8
	Std. Deviation	7,512E-02	5,600E-03	2,8510	7,57E-02
	Minimum	,164	,003	90,80	,150
	Maximum	,346	,020	98,80	,337
bakar	Mean	,18550	1,900E-02	88,7500	,16650
	N	8	8	8	8
	Std. Deviation	6,059E-02	1,490E-02	11,0522	5,85E-02
	Minimum	,112	,002	64,30	,072
	Maximum	,280	,040	98,60	,260
Total	Mean	,20272	2,034E-02	87,2031	,18216
	N	32	32	32	32
	Std. Deviation	7,594E-02	1,650E-02	13,1637	8,37E-02
	Minimum	,101	,002	50,00	,060
	Maximum	,346	,061	98,90	,337

**SEBELUM SESUDAH TURUN SELISIH \* CUKA**

CUKA		SEBELUM	SESUDAH	TURUN	SELISIH
diberi cuka	Mean	.20025	2,375E-02	86,1438	,17606
	N	16	16	16	16
	Std. Deviation	7,267E-02	1,265E-02	10,2222	7,68E-02
	Minimum	,101	,002	65,80	,070
	Maximum	,346	,042	98,00	,334
tanpa cuka	Mean	,20519	1,694E-02	88,2625	,18825
	N	16	16	16	16
	Std. Deviation	8,138E-02	1,944E-02	15,8503	9,22E-02
	Minimum	,112	,002	50,00	,060
	Maximum	,346	,061	98,90	,337
Total	Mean	,20272	2,034E-02	87,2031	,18216
	N	32	32	32	32
	Std. Deviation	7,594E-02	1,650E-02	13,1637	8,37E-02
	Minimum	,101	,002	50,00	,060
	Maximum	,346	,061	98,90	,337

**SEBELUM SESUDAH TURUN SELISIH \* WAKTU**

WAKTU		SEBELUM	SESUDAH	TURUN	SELISIH
10 menit	Mean	,17256	2,675E-02	81,6313	,14538
	N	16	16	16	16
	Std. Deviation	5,975E-02	1,791E-02	14,7347	6,81E-02
	Minimum	,112	,003	50,00	,060
	Maximum	,312	,061	98,80	,292
20 menit	Mean	,23288	1,394E-02	92,7750	,21894
	N	16	16	16	16
	Std. Deviation	8,004E-02	1,243E-02	8,6475	8,34E-02
	Minimum	,101	,002	68,70	,092
	Maximum	,346	,042	98,90	,337
Total	Mean	,20272	2,034E-02	87,2031	,18216
	N	32	32	32	32
	Std. Deviation	7,594E-02	1,650E-02	13,1637	8,37E-02
	Minimum	,101	,002	50,00	,060
	Maximum	,346	,061	98,90	,337

## Descriptive Statistics

Dependent Variable: SEBELUM

METODE	CUKA	WAKTU	Mean	Std. Deviation	N	
rebus	diberi cuka	10 menit	,13000	1,8385E-02	2	
		20 menit	,13400	,00000	2	
		Total	,13200	1,0863E-02	4	
	tanpa cuka	10 menit	,11850	2,1213E-03	2	
		20 menit	,24500	6,2225E-02	2	
		Total	,18175	8,1402E-02	4	
	Total	10 menit	,12425	1,2580E-02	4	
		20 menit	,18950	7,3469E-02	4	
		Total	,15688	5,9980E-02	8	
	kukus	diberi cuka	10 menit	,21350	1,4849E-02	2
			20 menit	,15900	8,2024E-02	2
			Total	,18625	5,7500E-02	4
tanpa cuka		10 menit	,14250	1,2021E-02	2	
		20 menit	,30650	7,7782E-03	2	
		Total	,22450	9,5046E-02	4	
Total		10 menit	,17800	4,2450E-02	4	
		20 menit	,23275	9,7544E-02	4	
		Total	,20538	7,5542E-02	8	
goreng		diberi cuka	10 menit	,23800	,10465	2
			20 menit	,28150	9,1217E-02	2
			Total	,25975	8,3994E-02	4
	tanpa cuka	10 menit	,20900	6,3640E-02	2	
		20 menit	,32400	3,1113E-02	2	
		Total	,26650	7,7981E-02	4	
	Total	10 menit	,22350	7,2670E-02	4	
		20 menit	,30275	6,0813E-02	4	
		Total	,26313	7,5118E-02	8	
	bakar	diberi cuka	10 menit	,19400	8,4853E-02	2
			20 menit	,25200	3,9598E-02	2
			Total	,22300	6,3592E-02	4
tanpa cuka		10 menit	,13500	3,2527E-02	2	
		20 menit	,16100	2,4042E-02	2	
		Total	,14800	2,7761E-02	4	
Total		10 menit	,16450	6,2554E-02	4	
		20 menit	,20650	5,8955E-02	4	
		Total	,18550	6,0585E-02	8	
Total		diberi cuka	10 menit	,19388	6,7119E-02	8
			20 menit	,20663	8,1969E-02	8
			Total	,20025	7,2671E-02	16
	tanpa cuka	10 menit	,15125	4,5909E-02	8	
		20 menit	,25913	7,3718E-02	8	
		Total	,20519	8,1381E-02	16	
	Total	10 menit	,17256	5,9753E-02	16	
		20 menit	,23288	8,0041E-02	16	
		Total	,20272	7,5936E-02	32	

## Descriptive Statistics

Dependent Variable: SESUDAH

METODE	CUKA	WAKTU	Mean	Std. Deviation	N	
rebus	diberi cuka	10 menit	4,10E-02	1,4142E-03	2	
		20 menit	3,60E-02	8,4853E-03	2	
		Total	3,85E-02	5,7446E-03	4	
	tanpa cuka	10 menit	4,05E-02	2,7577E-02	2	
		20 menit	3,00E-03	,00000	2	
		Total	2,17E-02	2,6875E-02	4	
	Total	10 menit	4,08E-02	1,5945E-02	4	
		20 menit	1,95E-02	1,9672E-02	4	
		Total	3,01E-02	2,0096E-02	8	
	kukus	diberi cuka	10 menit	2,60E-02	8,4853E-03	2
			20 menit	5,50E-03	4,9497E-03	2
			Total	1,58E-02	1,3124E-02	4
tanpa cuka		10 menit	3,75E-02	3,3234E-02	2	
		20 menit	9,00E-03	7,0711E-03	2	
		Total	2,33E-02	2,5604E-02	4	
Total		10 menit	3,18E-02	2,0887E-02	4	
		20 menit	7,25E-03	5,3774E-03	4	
		Total	1,95E-02	1,9258E-02	8	
goreng		diberi cuka	10 menit	1,70E-02	4,2426E-03	2
			20 menit	1,60E-02	5,6569E-03	2
			Total	1,65E-02	4,1231E-03	4
	tanpa cuka	10 menit	7,00E-03	5,6569E-03	2	
		20 menit	1,10E-02	2,8284E-03	2	
		Total	9,00E-03	4,3205E-03	4	
	Total	10 menit	1,20E-02	7,0711E-03	4	
		20 menit	1,35E-02	4,6547E-03	4	
		Total	1,28E-02	5,5997E-03	8	
	bakar	diberi cuka	10 menit	2,10E-02	1,5556E-02	2
			20 menit	2,75E-02	1,0607E-02	2
			Total	2,43E-02	1,1500E-02	4
tanpa cuka		10 menit	2,40E-02	2,2627E-02	2	
		20 menit	3,50E-03	2,1213E-03	2	
		Total	1,38E-02	1,7671E-02	4	
Total		10 menit	2,25E-02	1,5948E-02	4	
		20 menit	1,55E-02	1,5199E-02	4	
		Total	1,90E-02	1,4900E-02	8	
Total		diberi cuka	10 menit	2,63E-02	1,1925E-02	8
			20 menit	2,13E-02	1,3657E-02	8
			Total	2,37E-02	1,2652E-02	16
	tanpa cuka	10 menit	2,72E-02	2,3335E-02	8	
		20 menit	6,63E-03	4,7491E-03	8	
		Total	1,69E-02	1,9444E-02	16	
	Total	10 menit	2,68E-02	1,7909E-02	16	
		20 menit	1,39E-02	1,2434E-02	16	
		Total	2,03E-02	1,6503E-02	32	

**Descriptive Statistics**

Dependent Variable: SELISIH

METODE	CUKA	WAKTU	Mean	Std. Deviation	N	
rebus	diberi cuka	10 menit	8,55E-02	2,1920E-02	2	
		20 menit	9,80E-02	8,4853E-03	2	
		Total	9,18E-02	1,5370E-02	4	
	tanpa cuka	10 menit	7,80E-02	2,5456E-02	2	
		20 menit	,24200	6,2225E-02	2	
		Total	,16000	,10233	4	
	Total	10 menit	8,18E-02	1,9873E-02	4	
		20 menit	,17000	9,0701E-02	4	
		Total	,12587	7,6942E-02	8	
	kukus	diberi cuka	10 menit	,18750	2,3335E-02	2
			20 menit	,15350	7,7075E-02	2
			Total	,17050	5,0468E-02	4
tanpa cuka		10 menit	,10500	2,1213E-02	2	
		20 menit	,29750	7,0711E-04	2	
		Total	,20125	,11181	4	
Total		10 menit	,14625	5,0983E-02	4	
		20 menit	,22550	9,4299E-02	4	
		Total	,18588	8,1975E-02	8	
goreng		diberi cuka	10 menit	,22100	,10041	2
			20 menit	,26550	9,6874E-02	2
			Total	,24325	8,4551E-02	4
	tanpa cuka	10 menit	,20200	6,9296E-02	2	
		20 menit	,31300	3,3941E-02	2	
		Total	,25750	7,8049E-02	4	
	Total	10 menit	,21150	7,1286E-02	4	
		20 menit	,28925	6,5301E-02	4	
		Total	,25038	7,5714E-02	8	
	bakar	diberi cuka	10 menit	,17300	6,9296E-02	2
			20 menit	,22450	5,0205E-02	2
			Total	,19875	5,7862E-02	4
tanpa cuka		10 menit	,11100	5,5154E-02	2	
		20 menit	,14250	4,3134E-02	2	
		Total	,12675	4,4327E-02	4	
Total		10 menit	,14200	6,2418E-02	4	
		20 menit	,18350	6,0841E-02	4	
		Total	,16275	6,1223E-02	8	
Total		diberi cuka	10 menit	,16675	7,1651E-02	8
			20 menit	,18538	8,5457E-02	8
			Total	,17606	7,6788E-02	16
	tanpa cuka	10 menit	,12400	6,1414E-02	8	
		20 menit	,24875	7,7978E-02	8	
		Total	,18638	9,3529E-02	16	
	Total	10 menit	,14538	6,8142E-02	16	
		20 menit	,21706	8,5537E-02	16	
		Total	,18122	8,4340E-02	32	

## Descriptive Statistics

Dependent Variable: TURUN

METODE	CUKA	WAKTU	Mean	Std. Deviation	N	
rebus	diberi cuka	10 menit	68,2000	3,3941	2	
		20 menit	73,1500	6,2933	2	
		Total	70,6750	5,0209	4	
	tanpa cuka	10 menit	66,0500	22,6981	2	
		20 menit	98,7000	,2828	2	
		Total	82,3750	22,9587	4	
	Total	10 menit	67,1250	13,3085	4	
		20 menit	85,9250	15,1931	4	
		Total	76,5250	16,6077	8	
	kukus	diberi cuka	10 menit	87,6500	4,8790	2
			20 menit	96,9000	1,5556	2
			Total	92,2750	6,1043	4
tanpa cuka		10 menit	74,5500	21,1425	2	
		20 menit	96,4000	1,2728	2	
		Total	85,4750	17,5694	4	
Total		10 menit	81,1000	14,6335	4	
		20 menit	96,6500	1,1958	4	
		Total	88,8750	12,7072	8	
goreng		diberi cuka	10 menit	92,4500	1,3435	2
			20 menit	93,6500	4,0305	2
			Total	93,0500	2,5489	4
	tanpa cuka	10 menit	96,0500	3,8891	2	
		20 menit	96,5000	1,1314	2	
		Total	96,2750	2,3528	4	
	Total	10 menit	94,2500	3,1565	4	
		20 menit	95,0750	2,9239	4	
		Total	94,6625	2,8510	8	
	bakar	diberi cuka	10 menit	88,5000	1,5556	2
			20 menit	88,6500	6,0104	2
			Total	88,5750	3,5855	4
tanpa cuka		10 menit	79,6000	21,6375	2	
		20 menit	98,2500	,4950	2	
		Total	88,9250	16,4949	4	
Total		10 menit	84,0500	13,5377	4	
		20 menit	93,4500	6,5455	4	
		Total	88,7500	11,0522	8	
Total		diberi cuka	10 menit	84,2000	10,3404	8
			20 menit	88,0875	10,4094	8
			Total	86,1438	10,2222	16
	tanpa cuka	10 menit	79,0625	18,5265	8	
		20 menit	97,4625	1,2894	8	
		Total	88,2625	15,8503	16	
	Total	10 menit	81,6313	14,7347	16	
		20 menit	92,7750	8,6475	16	
		Total	87,2031	13,1637	32	

## Means

## Case Processing Summary

	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
SELISIH * METODE	32	100.0%	0	.0%	32	100.0%
SELISIH * CUKA	32	100.0%	0	.0%	32	100.0%
SELISIH * WAKTU	32	100.0%	0	.0%	32	100.0%

## SELISIH \* METODE

## SELISIH

METODE	Mean	N	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Variance
rebus	,12587	8	7,6942E-02	,060	,286	5,920E-03
kukus	,18588	8	8,1975E-02	,090	,298	6,720E-03
goreng	,25038	8	7,5714E-02	,150	,337	5,733E-03
bakar	,16275	8	6,1223E-02	,072	,260	3,748E-03
Total	,18122	32	8,4340E-02	,060	,337	7,113E-03

## SELISIH \* CUKA

## SELISIH

CUKA	Mean	N	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Variance
diben cuka	,17606	16	7,6788E-02	,070	,334	5,896E-03
tanpa cuka	,18638	16	9,3529E-02	,060	,337	8,748E-03
Total	,18122	32	8,4340E-02	,060	,337	7,113E-03

## SELISIH \* WAKTU

## SELISIH

WAKTU	Mean	N	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Variance
10 menit	,14538	16	6,8142E-02	,060	,292	4,643E-03
20 menit	,21706	16	8,5537E-02	,092	,337	7,317E-03
Total	,18122	32	8,4340E-02	,060	,337	7,113E-03



#### 4. METODE \* CUKA

Dependent Variable: SELISIH

METODE	CUKA	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
rebus	diberi cuka	,161 <sup>a</sup>	,008	,143	,179
	tanpa cuka	,180 <sup>a</sup>	,007	,164	,195
kukus	diberi cuka	,186 <sup>a</sup>	,007	,171	,201
	tanpa cuka	,179 <sup>a</sup>	,007	,163	,194
goreng	diberi cuka	,186 <sup>a</sup>	,008	,169	,203
	tanpa cuka	,193 <sup>a</sup>	,008	,176	,211
bakar	diberi cuka	,178 <sup>a</sup>	,007	,162	,193
	tanpa cuka	,187 <sup>a</sup>	,008	,170	,205

a. Evaluated at covariates appeared in the model: SEBELUM = ,20178.

#### 5. METODE \* WAKTU

Dependent Variable: SELISIH

METODE	WAKTU	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
rebus	10 menit	,159 <sup>a</sup>	,009	,140	,177
	20 menit	,182 <sup>a</sup>	,007	,167	,197
kukus	10 menit	,170 <sup>a</sup>	,007	,154	,185
	20 menit	,195 <sup>a</sup>	,007	,179	,211
goreng	10 menit	,190 <sup>a</sup>	,007	,174	,205
	20 menit	,189 <sup>a</sup>	,010	,169	,210
bakar	10 menit	,179 <sup>a</sup>	,008	,163	,195
	20 menit	,186 <sup>a</sup>	,007	,171	,201

a. Evaluated at covariates appeared in the model: SEBELUM = ,20178.

#### 6. CUKA \* WAKTU

Dependent Variable: SELISIH

CUKA	WAKTU	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
diberi cuka	10 menit	,175 <sup>a</sup>	,005	,164	,185
	20 menit	,181 <sup>a</sup>	,005	,170	,191
tanpa cuka	10 menit	,174 <sup>a</sup>	,006	,161	,187
	20 menit	,196 <sup>a</sup>	,006	,183	,209

a. Evaluated at covariates appeared in the model: SEBELUM = ,20178.

## 7. METODE \* CUKA \* WAKTU

Dependent Variable: SELISIH

METODE	CUKA	WAKTU	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
rebus	diberi cuka	10 menit	,157 <sup>a</sup>	,011	,133	,180
		20 menit	,165 <sup>a</sup>	,011	,142	,189
	tanpa cuka	10 menit	,160 <sup>a</sup>	,011	,136	,185
		20 menit	,199 <sup>a</sup>	,010	,177	,222
kukus	diberi cuka	10 menit	,176 <sup>a</sup>	,010	,154	,197
		20 menit	,196 <sup>a</sup>	,010	,174	,218
	tanpa cuka	10 menit	,164 <sup>a</sup>	,011	,141	,187
		20 menit	,194 <sup>a</sup>	,012	,168	,220
goreng	diberi cuka	10 menit	,185 <sup>a</sup>	,010	,163	,207
		20 menit	,187 <sup>a</sup>	,011	,162	,211
	tanpa cuka	10 menit	,195 <sup>a</sup>	,010	,173	,216
		20 menit	,192 <sup>a</sup>	,013	,165	,219
bakar	diberi cuka	10 menit	,181 <sup>a</sup>	,010	,159	,202
		20 menit	,175 <sup>a</sup>	,011	,152	,197
	tanpa cuka	10 menit	,177 <sup>a</sup>	,011	,154	,201
		20 menit	,198 <sup>a</sup>	,011	,175	,221

a. Evaluated at covariates appeared in the model: SEBELUM = ,20178.

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: SELISIH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta Squared
Corrected Model	,217 <sup>a</sup>	16	1,359E-02	66,790	,000	,986
Intercept	3,887E-04	1	3,887E-04	1,910	,187	,113
SEBELUM	4,660E-02	1	4,660E-02	229,006	,000	,939
METODE	9,032E-04	3	3,011E-04	1,479	,260	,228
CUKA	4,233E-04	1	4,233E-04	2,080	,170	,122
WAKTU	9,710E-04	1	9,710E-04	4,772	,045	,241
METODE * CUKA	6,993E-04	3	2,331E-04	1,146	,363	,186
METODE * WAKTU	9,503E-04	3	3,168E-04	1,557	,241	,237
CUKA * WAKTU	3,625E-04	1	3,625E-04	1,781	,202	,106
METODE * CUKA * WAKTU	3,723E-04	3	1,241E-04	,610	,619	,109
Error	3,052E-03	15	2,035E-04			
Total	1,271	32				
Corrected Total	,221	31				

a. R Squared = ,986 (Adjusted R Squared = ,971)

## Univariate Analysis of Variance

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SELISIH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,171 <sup>a</sup>	15	1,139E-02	3,670	,007
Intercept	1,051	1	1,051	338,631	,000
METODE	6,567E-02	3	2,189E-02	7,053	,003
CUKA	8,508E-04	1	8,508E-04	,274	,608
WAKTU	4,111E-02	1	4,111E-02	13,248	,002
METODE * CUKA	2,113E-02	3	7,044E-03	2,270	,120
METODE * WAKTU	2,559E-03	3	8,530E-04	,275	,843
CUKA * WAKTU	2,253E-02	1	2,253E-02	7,258	,016
METODE * CUKA * WAKTU	1,701E-02	3	5,671E-03	1,827	,183
Error	4,965E-02	16	3,103E-03		
Total	1,271	32			
Corrected Total	,221	31			

a. R Squared = ,775 (Adjusted R Squared = ,564)

### Post Hoc Tests METODE

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: SELISIH

LSD

(I) METODE	(J) METODE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
rebus	kukus	-6,000E-02*	2,79E-02	,047	-,11905	-9,52515E-04
	goreng	-,12450*	2,79E-02	,000	-,18355	-6,54525E-02
	bakar	-3,687E-02	2,79E-02	,204	-9,59225E-02	2,2172E-02
kukus	rebus	6,0000E-02*	2,79E-02	,047	9,5251E-04	,11905
	goreng	-6,450E-02*	2,79E-02	,034	-,12355	-5,45251E-03
	bakar	2,3125E-02	2,79E-02	,419	-3,59225E-02	8,2172E-02
goreng	rebus	,12450*	2,79E-02	,000	6,5453E-02	,18355
	kukus	6,4500E-02*	2,79E-02	,034	5,4525E-03	,12355
	bakar	8,7625E-02*	2,79E-02	,006	2,8578E-02	,14667
bakar	rebus	3,6875E-02	2,79E-02	,204	-2,21725E-02	9,5922E-02
	kukus	-2,313E-02	2,79E-02	,419	-8,21725E-02	3,5922E-02
	goreng	-8,763E-02*	2,79E-02	,006	-,14667	-2,85775E-02

Based on observed means.

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

## Estimated Marginal Means

### 1. METODE

Dependent Variable: TURUN

METODE	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
rebus	76,525	3,516	69,071	83,979
kukus	88,875	3,516	81,421	96,329
goreng	94,663	3,516	87,208	102,117
bakar	88,750	3,516	81,296	96,204

### 2. CUKA

Dependent Variable: TURUN

CUKA	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
diberi cuka	86,144	2,486	80,873	91,415
tanpa cuka	88,263	2,486	82,991	93,534

### 3. WAKTU

Dependent Variable: TURUN

WAKTU	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
10 menit	81,631	2,486	76,360	86,902
20 menit	92,775	2,486	87,504	98,046

**4. METODE \* CUKA**

Dependent Variable: TURUN

METODE	CUKA	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
rebus	diberi cuka	70,675	4,973	60,133	81,217
	tanpa cuka	82,375	4,973	71,833	92,917
kukus	diberi cuka	92,275	4,973	81,733	102,817
	tanpa cuka	85,475	4,973	74,933	96,017
goreng	diberi cuka	93,050	4,973	82,508	103,592
	tanpa cuka	96,275	4,973	85,733	106,817
bakar	diberi cuka	88,575	4,973	78,033	99,117
	tanpa cuka	88,925	4,973	78,383	99,467

**5. METODE \* WAKTU**

Dependent Variable: TURUN

METODE	WAKTU	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
rebus	10 menit	67,125	4,973	56,583	77,667
	20 menit	85,925	4,973	75,383	96,467
kukus	10 menit	81,100	4,973	70,558	91,642
	20 menit	96,650	4,973	86,108	107,192
goreng	10 menit	94,250	4,973	83,708	104,792
	20 menit	95,075	4,973	84,533	105,617
bakar	10 menit	84,050	4,973	73,508	94,592
	20 menit	93,450	4,973	82,908	103,992

**6. CUKA \* WAKTU**

Dependent Variable: TURUN

CUKA	WAKTU	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
diberi cuka	10 menit	84,200	3,516	76,746	91,654
	20 menit	88,088	3,516	80,633	95,542
tanpa cuka	10 menit	79,063	3,516	71,608	86,517
	20 menit	97,463	3,516	90,008	104,917

### 7. METODEDE \* CUKA \* WAKTU

Dependent Variable: TURUN

METODE	CUKA	WAKTU	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
rebus	diberi cuka	10 menit	68,200	7,033	53,291	83,109
		20 menit	73,150	7,033	58,241	88,059
	tanpa cuka	10 menit	66,050	7,033	51,141	80,959
		20 menit	98,700	7,033	83,791	113,609
kukus	diberi cuka	10 menit	87,650	7,033	72,741	102,559
		20 menit	96,900	7,033	81,991	111,809
	tanpa cuka	10 menit	74,550	7,033	59,641	89,459
		20 menit	96,400	7,033	81,491	111,309
goreng	diberi cuka	10 menit	92,450	7,033	77,541	107,359
		20 menit	93,650	7,033	78,741	108,559
	tanpa cuka	10 menit	96,050	7,033	81,141	110,959
		20 menit	96,500	7,033	81,591	111,409
bakar	diberi cuka	10 menit	88,500	7,033	73,591	103,409
		20 menit	88,650	7,033	73,741	103,559
	tanpa cuka	10 menit	79,600	7,033	64,691	94,509
		20 menit	98,250	7,033	83,341	113,159

## Univariate Analysis of Variance

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TURUN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3825,899 <sup>a</sup>	16	239,119	2,320	,055
Intercept	7188,853	1	7188,853	69,754	,000
SEBELUM	36,774	1	36,774	,357	,559
METODE	644,719	3	214,906	2,085	,145
CUKA	31,207	1	31,207	,303	,590
WAKTU	436,858	1	436,858	4,239	,057
METODE * CUKA	335,423	3	111,808	1,085	,386
METODE * WAKTU	390,802	3	130,267	1,264	,322
CUKA * WAKTU	200,769	1	200,769	1,948	,183
METODE * CUKA * WAKTU	223,279	3	74,426	,722	,554
Error	1545,911	15	103,061		
Total	248712,130	32			
Corrected Total	5371,810	31			

a. R Squared = ,712 (Adjusted R Squared = ,405)

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TURUN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3789,125 <sup>a</sup>	15	252,608	2,554	,036
Intercept	243340,320	1	243340,320	2460,025	,000
METODE	1398,821	3	466,274	4,714	,015
CUKA	35,913	1	35,913	,363	,555
WAKTU	993,465	1	993,465	10,043	,006
METODE * CUKA	351,393	3	117,131	1,184	,347
METODE * WAKTU	375,101	3	125,034	1,264	,320
CUKA * WAKTU	421,225	1	421,225	4,258	,056
METODE * CUKA * WAKTU	213,206	3	71,069	,718	,555
Error	1582,685	16	98,918		
Total	248712,130	32			
Corrected Total	5371,810	31			

a. R Squared = ,705 (Adjusted R Squared = ,429)

**Post Hoc Tests  
METODE****Multiple Comparisons**Dependent Variable: TURUN  
LSD

(i) METODE	(j) METODE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
rebus	kukus	-12,3500*	4,9729	,024	-22,8920	-1,8080
	goreng	-18,1375*	4,9729	,002	-28,6795	-7,5955
	bakar	-12,2250*	4,9729	,026	-22,7670	-1,6830
kukus	rebus	12,3500*	4,9729	,024	1,8080	22,8920
	goreng	-5,7875	4,9729	,262	-16,3295	4,7545
	bakar	,1250	4,9729	,980	-10,4170	10,6670
goreng	rebus	18,1375*	4,9729	,002	7,5955	28,6795
	kukus	5,7875	4,9729	,262	-4,7545	16,3295
	bakar	5,9125	4,9729	,252	-4,6295	16,4545
bakar	rebus	12,2250*	4,9729	,026	1,6830	22,7670
	kukus	-,1250	4,9729	,980	-10,6670	10,4170
	goreng	-5,9125	4,9729	,252	-16,4545	4,6295

Based on observed means.

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.



	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
SEBELUM	32	100,0%	0	,0%	32	100,0%
SESUDAH	32	100,0%	0	,0%	32	100,0%
SELISIH	32	100,0%	0	,0%	32	100,0%
TURUN	32	100,0%	0	,0%	32	100,0%
METODE	32	100,0%	0	,0%	32	100,0%
CUKA	32	100,0%	0	,0%	32	100,0%
WAKTU	32	100,0%	0	,0%	32	100,0%

a. Limited to first 100 cases.

**Case Summaries<sup>a</sup>**

	SEBELUM	SESUDAH	SELISIH	TURUN	METODE	CUKA	WAKTU
1	,143	,042	,101	70,60	rebus	diberi cuka	10 menit
2	,134	,042	,092	68,70	rebus	diberi cuka	20 menit
3	,117	,040	,070	65,80	rebus	diberi cuka	10 menit
4	,134	,030	,104	77,60	rebus	diberi cuka	20 menit
5	,117	,021	,096	82,10	rebus	tanpa cuka	10 menit
6	,289	,003	,286	98,90	rebus	tanpa cuka	20 menit
7	,120	,060	,060	50,00	rebus	tanpa cuka	10 menit
8	,201	,003	,198	98,50	rebus	tanpa cuka	20 menit
9	,203	,032	,171	84,20	kukus	diberi cuka	10 menit
10	,101	,002	,099	98,00	kukus	diberi cuka	20 menit
11	,224	,020	,204	91,10	kukus	diberi cuka	10 menit
12	,217	,009	,208	95,80	kukus	diberi cuka	20 menit
13	,134	,014	,120	89,50	kukus	tanpa cuka	10 menit
14	,301	,004	,297	97,30	kukus	tanpa cuka	20 menit
15	,151	,061	,090	59,60	kukus	tanpa cuka	10 menit
16	,312	,014	,298	95,50	kukus	tanpa cuka	20 menit
17	,164	,014	,150	91,50	goreng	diberi cuka	10 menit
18	,217	,020	,197	90,80	goreng	diberi cuka	20 menit
19	,312	,020	,292	93,40	goreng	diberi cuka	10 menit
20	,346	,012	,334	96,50	goreng	diberi cuka	20 menit

	SEBELUM	SESUDAH	SELISIH	TURUN	METODE	CUKA	WAKTU	
21	,254	,003	,251	98,80	goreng	tanpa cuka	10 menit	
22	,346	,009	,337	97,30	goreng	tanpa cuka	20 menit	
23	,164	,011	,153	93,30	goreng	tanpa cuka	10 menit	
24	,302	,013	,289	95,70	goreng	tanpa cuka	20 menit	
25	,134	,010	,124	89,60	bakar	diberi cuka	10 menit	
26	,224	,035	,189	84,40	bakar	diberi cuka	20 menit	
27	,254	,032	,222	87,40	bakar	diberi cuka	10 menit	
28	,260	,020	,260	92,90	bakar	diberi cuka	20 menit	
29	,158	,008	,150	94,90	bakar	tanpa cuka	10 menit	
30	,178	,005	,173	97,90	bakar	tanpa cuka	20 menit	
31	,112	,040	,072	64,30	bakar	tanpa cuka	10 menit	
32	,144	,002	,142	98,60	bakar	tanpa cuka	20 menit	
Total	N	32	32	32	32	32	32	
	Minimum	,101	,002	,060	50,00	rebus	diberi cuka	10 menit
	Maximum	,346	,061	,337	98,90	bakar	tanpa cuka	20 menit

a. Limited to first 100 cases.

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA

**Lampiran 3. Data Ukuran Panjang, Lebar dan Berat Ikan Keting Obyek Penelitian**

<b>No. Sampel</b>	<b>Panjang (cm)</b>	<b>Lebar (cm)</b>	<b>Berat (gram)</b>
1.	25,0	5 cm	250
2.	24,9	5 cm	240
3.	25,0	5 cm	250
4.	25,0	5 cm	260
5.	24,9	5 cm	250
6.	24,9	5 cm	260
7.	25,0	5 cm	250
8.	25,1	5 cm	260
9.	24,8	5 cm	240
10.	24,9	5 cm	250
11.	25,0	5 cm	250
12.	25,0	5 cm	260
13.	24,9	5 cm	240
14.	25,0	5 cm	250
15.	24,8	5 cm	240
16.	25,1	5 cm	260
17.	24,9	5 cm	240
18.	25,0	5 cm	250
19.	24,8	5 cm	240
20.	25,1	5 cm	260
21.	25,0	5 cm	250
22.	24,9	5 cm	250
23.	25,0	5 cm	240
24.	24,9	5 cm	240
25.	25,0	5 cm	250
26.	25,0	5 cm	260
27.	24,9	5 cm	250
28.	25,0	5 cm	250
29.	24,8	5 cm	240
30.	25,0	5 cm	250
31.	25,0	5 cm	260
32.	24,9	5 cm	250

**Lampiran 4. Foto-foto kegiatan****Ikan Keting dari Kenjeran****Ikan Keting yang telah dibersihkan dan dibelah**



**Ikan Keting Direndam Cuka**



**Ikan Keting direbus**



**Ikan Keting di kukus**



**Ikan Keting Digoreng**



**Ikan Keting Dibakar**



**Ikan kating yang telah direbus dan dikukus**



**Ikan Keting yang telah digoreng**



**Ikan Keting yang telah dibakar**