



LAPORAN PENELITIAN
DIPA UNIVERSITAS AIRLANGGA
TAHUN ANGGARAN 2007

**KADAR LOGAM BERAT CADMIUM, PROTEIN DAN
ORGANOLEPTIK PADA DAGING BIVALVIA DAN
EFEKTIVITAS PERENDAMAN LARUTAN ASAM CUKA**

Peneliti:

Retno Adriyani, ST.,M.Kes.
Trias Mahmudiono, SKM

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

Dibiayai oleh Dana DIPA Universitas Airlangga Tahun 2007
Surat Keputusan Rektor Universitas Airlangga
Nomor 1885/J03/PG/2007
Tanggal 3 Maret 2007
Nomor Kontrak 359/J03.2/PG/2007
Tanggal 2 April 2007
Nomor Urut: 22

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

November, 2007

BIVALVIA
CADMIUM ALLOYS



KKC
KK
LP 30/09
Adr
K

**LAPORAN PENELITIAN DIPA UNIVERSITAS AIRLANGGA
TAHUN 2007**

**KADAR LOGAM BERAT CADMIUM, PROTEIN DAN ORGANOLEPTIK
PADA DAGING BIVALVIA
DAN EFEKTIVITAS PERENDAMAN LARUTAN ASAM CUKA**

Oleh

Retno Adriyani, ST, M.Kes.
Trias Mahmudiono, SKM

**MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

Dibiayai oleh
DIPA Universitas Airlangga
Nomor S.K. Rektor : 1885/JO3/PG/2007
Tanggal 3 Maret 2007

**Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Airlangga
2007**

IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

- 1. Judul Penelitian** : Kadar Logam Berat Cadmium, Protein dan Organoleptik pada Daging Bivalvia dan Efektivitas Perendaman Larutan Asam Cuka
- a. Macam Penelitian : Fundamental Terapan Pengembangan
- b. Kategori Penelitian : I / II / III
- 2. Kepala Proyek Penelitian**
- a. Nama Lengkap : Retno Adriyani, ST. M.Kes
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. Pangkat/Golongan/NIP : Penata Muda/III-b/132305116
- d. Jabatan Sekarang : Dosen
- e. Fakultas/Puslit : Fakultas Kesehatan Masyarakat
- f. Universitas : Universitas Airlangga
- g. Bidang ilmu yang Diteliti: Kesehatan Lingkungan
- 3. Jumlah Tim Peneliti** : 1 orang
- 4. Lokasi Penelitian** : Surabaya
- 5. Kerjasama dengan Instansi lain**
- a. Nama Instansi : -
- b. Alamat : -
- 6. Jangka Waktu Penelitian** : 5 bulan
- 7. Biaya yang Diperlukan** : Rp. 10.000.000,-
(Sepuluh Juta Rupiah)
- 8. Seminar Hasil Penelitian**
- a. Dilaksanakan Tanggal :
- b. Hasil Penelitian : Baik Sekali Baik
 Sedang Kurang

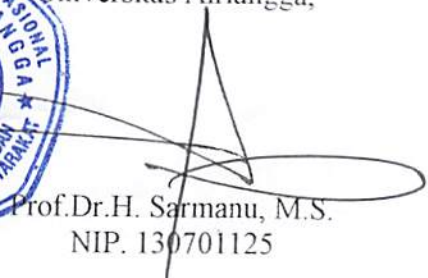
Surabaya, Desember 2007

Mengetahui/ Mengesahkan :

a.n. Rektor

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Universitas Airlangga,




Prof. Dr. H. Sarmanu, M.S.
NIP. 130701125

RINGKASAN

**KADAR LOGAM BERAT CADMIUM, PROTEIN DAN ORGANOLEPTIK
PADA DAGING BIVALVIA
DAN EFEKTIVITAS PERENDAMAN LARUTAN ASAM CUKA**

Retno Adriyani ⁽¹⁾ dan Trias Mahmudiono⁽²⁾, 2007, 38

Bagian Kesehatan Lingkungan⁽¹⁾, Bagian Gizi Masyarakat⁽²⁾
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga
Jl. Mulyorejo – Kampus C Unair, Surabaya, 60115
Telp. 031-5964905

Logam berat Cd di air kebanyakan dijumpai dalam bentuk ion. Cadmium dalam air laut berbentuk senyawa klorida ($CdCl_2$), sedangkan dalam air tawar berbentuk karbonat ($CdCO_3$). Pada air payau, biasanya pada daerah muara dan pantai, kedua senyawa tersebut jumlahnya berimbang. Logam berat berbahaya terakumulasi oleh biota laut diserap melalui insang dan saluran pencernaan. Logam berat Cd dapat tertimbun dalam jaringan dan berikatan dengan protein dimana disebut dengan *metalotionein* (MTN) yang bersifat agak permanen dan mempunyai waktu paruh yang cukup lama (Darmono, 1995).

Kerang-kerangan (*Bivalvia*) merupakan salah satu bahan makanan sumber protein hewani. Disisi lain kerang-kerangan merupakan suatu jenis biota laut yang sering dijadikan sebagai biomonitoring tingkat polusi logam berat di suatu perairan terutama daerah pantai, karena tingkat mobilitasnya yang rendah.

Pelakuan perendaman daging *Bivalvia* dengan menggunakan larutan asam cuka dapat dijadikan alternatif penurunan kandungan logam berat Cd pada daging *Bivalvia* yang telah tercemar Cd dari perairan tempat hidupnya. Sehingga kandungan logam berat Cd tersebut relatif akan lebih rendah bila kerang-kerangan tersebut dikonsumsi oleh masyarakat. Didalam tubuh biota laut, Cd berikatan dengan senyawa protein, sehingga apabila dilakukan peredaman dengan larutan asam cuka dikhawatirkan kandungan nilai gizi terutama proteinnya akan ikut mengalami penurunan, begitu juga nilai organoleptik bahan makanan tersebut.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kandungan logam berat Cd, kandungan protein dan organoleptik daging *Bivalvia* dan penurunannya setelah perendaman dalam larutan asam cuka 25 % dan 12,5 % selama 1 dan 2 jam dengan metode pembalikan daging *Bivalvia* setiap 30 menit. Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium eksperimental dengan rancangan *pre test dan post test design* dan bila ditinjau dari waktu penelitian merupakan penelitian *cross*

sectional. Penelitian dilaksanakan bulan April – Desember 2007. Dipilih jenis kerang batik (*Paphia undulata* (Born, 1778)), dan kerang darah (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758)), karena jenis tersebut banyak ditemui di pasaran dan banyak dikonsumsi masyarakat Surabaya dan sekitarnya. Kandungan logam berat Cd dianalisis menggunakan AAS dengan metode destruksi, kuantitas protein didekati melalui penentuan nitrogen total (N) dengan metode destruksi menurut Kyedahl. Pemeriksaan organoleptik dilakukan dengan pemeriksaan menggunakan modalitas indra penglihatan, penciuman dan peraba.

Hasil pemeriksaan kadar logam berat Cd pada kerang darah rata-rata sebesar $1,42 \pm 0,02$ mg/kg, sedangkan untuk kerang batik, rata-rata sebesar $0,71 \pm 0,19$ mg/kg. Jika dikaitkan dengan ketentuan Pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No: kep 17/Men/2004 tentang Sistem Sanitasi Keckerangan Indonesia yang menetapkan kandungan maksimum Cd dalam kerang yang dikonsumsi sebesar 1 mg/kg berat bersih, maka kadar Cd dalam sampel kerang darah sedikit melebihi ketentuan yang ditetapkan. Hasil pemeriksaan protein dalam 100 gram kerang darah rata-rata sebesar $12,55 \pm 0,43$ g%, sedangkan pada kerang batik rata-rata sebesar $12,64 \pm 0,44$ g%. Keadaan organoleptik kerang berbau amis, teksturnya lunak namun kenyal, untuk daging kerang darah berwarna merah kecoklatan dan kerang batik berwarna putih kecoklatan.

Hasil pengukuran kadar logam berat Cd dalam kerang darah setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar $1,12 \pm 0,13$ mg/kg dan setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $0,88 \pm 0,07$ mg/kg. Pada kerang batik kadar protein setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar $12,19 \pm 0,45$ g% dan setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $12,19 \pm 0,61$ g%. Untuk kondisi organoleptiknya juga mengalami perubahan, yaitu berbau asam cuka, lebih keras dan kenyal serta warna kerang relatif agak pucat.

Larutan asam cuka dengan konsentrasi 25% dan lama perendaman 2 jam efektif untuk menurunkan kadar logam berat dalam kerang batik maupun kerang darah, dengan kandungan protein yang tidak berbeda.

Disarankan perlunya dilakukan kajian lebih lanjut mengenai kadar logam berat lainnya seperti merkuri (Hg), timah hitam (Pb), dan tembaga (Cu) dalam jenis biota laut lainnya. Untuk mengetahui kemampuan larutan asam cuka sebagai *chelating agent* sebaiknya dilakukan perlakuan perendaman kerang dalam air

SUMMARY

CADMIUM CONCENTRATION, PROTEIN AND ORGANOLEPTIC OF BIVALVES AND THE EFFECTIVITY OF VINEGAR SOAKING

(Retno Adriyani ⁽¹⁾ dan Trias Mahmudiono⁽²⁾)

Environmental Health Department⁽¹⁾, Community Nutrition Departement⁽²⁾
Faculty of Public Health, Airlangga University
Jl. Mulyorejo – Kampus C Unair, Surabaya, 60115
031-5964905

Cadmium in water usually found at ionic state. Cadmium in sea water is in the form as chloride compound (CdCl_2), while in freshwater is in the form of carbonic (CdCO_3). In salty water like estuary or coastal area, both of those compounds has balance in quantity. Dangerous heavy metals are absorbed by sea biotas through their gills and gut. Cadmium can be accumulated in tissue and bounded slightly permanent with long period of half time, more accurately reflect the magnitude of environmental contamination. Cadmium bounded slightly permanent to protein which is so called *metaloionein* (MTN) (Darmono, 1995).

Bivalves are animals protein source. In other hand, Bivalves are widely used as bioindicators of heavy metals pollution in coastal areas because they are known to concentrate heavy metal included Cd, due to its low mobility.

Soaking Bivalves in vinegar solution could be alternatively used to decrease cadmium level in Bivalves that had been already polluted by its environment. Here after, Bivalves with low level of cadmium could be gained and safely consumed. In sea biota, cadmium is bounded into protein compound. That is why it is worried if the protein level is also lowered as well as its organoleptic value together along with the descent of cadmium level.

This research was conducted to investigate heavy metal cadmium level, protein and organoleptic value in Bivalves. Moreover, this research was trying to find out whether there had been decline from each of them after vinegar's soaking. Vinegars used for this research were vinegar 25% and 12.5% with period of 1 and 2 hours. Soaked Bivalves must be turned up and down every 30 minutes. This research was an experimental laboratory work with pre and post test design. And referred to its research period, this research was a cross sectional research. It was started in May 2007 and ended in December 2007. *Kerang batik* (*Paphia undulata* (Born, 1778)) and *kerang darah* (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758)) were used as

sample because they had been mostly consumed by people around Surabaya. Heavy metal cadmium were analysed by AAS with destruction method while protein quantity was done through determination of total nitrogen (N) with destruction method of Kjeldahl. Organoleptic examination was made by sensoric modality of eyes, nose, and skin.

Examination result of heavy metal cadmium in *Anadara granosa* was in average of $1,42 \pm 0,02$ mg/kg and $0,71 \pm 0,19$ mg/kg in *Paphia undulata*. If related with Ministry of Sea and Fisheries Sentence No: kep 17/Men/2004 about Indonesia Bivalvia Sanitation System, it had been explained that maximum cut off of cadmium level in Bivalvia to be consumed was 1 mg/kg; so this research was clearly found out that Bivalvia cadmium had already passed over its limit. Protein examination result in 100 gram of *Anadara granosa* was $12,55 \pm 0,43$ g% while in *Paphia undulata* was about $12,64 \pm 0,44$ g%. Bivalvia organoleptic smells putrid with soft texture but rubbery. *Anadara granosa* colored red-brownish while *Paphia undulata* colored white-brownish.

After two hours vinegar's soaking, cadmium examination result in *Anadara granosa* was falling into $1,12 \pm 0,13$ mg/kg with 12,5% vinegar solution and even decreased until $0,88 \pm 0,07$ mg/kg with 25% vinegar's soaking. In *Paphia undulata*, protein concentration after a soaking process with vinegar 12,5% was $12,19 \pm 0,45$ g% and $12,19 \pm 0,61$ g% with vinegar 25%. Its organoleptic condition was also changed into vinegar's aroma, harder and rubberer while the color was relatively paler. 25% vinegar solution with 2 hours soaking process was effective to reduce heavy metal concentration both in *Paphia undulata* and *Anadara granosa* with undifferentiated protein content.

It is advised to hold continuous research to investigate more about other heavy metals concentration such as mercury (Hg), lead (Pb) and copper (Cu) in some other sea biotas. To know vinegar's potential as chelating agent, it is also advised to soak Bivalves with clean water as control. Moreover, protein contents in Bivalves should be more analysed by more specific method because protein examination with Kjeldahl destruction method is determined through Bivalves total nitrogen approach (N). Sanitation and hygiene were very important while cooking Bivalves to get safe and nutritious food because such shellfish are usually live at muddy area which of course consists of many pollutants. Efforts on hygiene that can be done are: 1) wash shellfish cleanly, 2) soak with vinegar solution or other kind of acidic solution, 3) then finally steam it well.

Bagian Kesehatan Lingkungan. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas
Airlangga. Dibiayai oleh DIPA Universitas Airlangga, Nomor S.K. Rektor :
1885/JO3/PG/2007, Tanggal 3 Maret 2007

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT, sebab hanya dengan rahmat dan perkenan-Nya laporan penelitian dengan judul KADAR LOGAM BERAT CADMIUM, PROTEIN DAN ORGANOLEPTIK PADA DAGING BIVALVIA DAN EFEKTIVITAS PERENDAMAN LARUTAN ASAM CUKA ini dapat kami selesaikan.

Untuk itu kami sampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Airlangga yang mendanai penelitian ini melalui dana DIPA Universitas Airlangga yang dialokasikan untuk penelitian untuk dosen tahun 2007. Disamping itu juga terima kasih kepada Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Airlangga serta Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga atas kesempatan yang diberikan untuk dapat melatih kemampuan kami sebagai peneliti. Tak lupa ucapan terima kasih kami sampaikan pula kepada pihak – pihak lain yang telah membantu proses penelitian ini.

Kami menyadari bahwa apa yang tertulis dalam laporan ini masih banyak kekurangannya. Untuk itu kritik dan saran guna penyempurnaan laporan ini sangat kami harapkan.

Mudah-mudahan hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan, masyarakat dan juga bagi peneliti lain di masa mendatang

Surabaya, Desember 2007

DAFTAR ISI

	halaman
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL DAN GAMBAR	xii
I. PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1. Bivalvia	3
II.1.1. Kerang Darah	4
II.1.2. Kerang Batik	5
II.2. Cadmium	6
II.2.1. Cd dalam Lingkungan Perairan	6
II.2.2. Dampak Cd pada Kesehatan Manusia	7
II.3. Protein	8
II.3.1. Metallothionein	9
II.4. Organoleptik	10
II.5. Pengolahan Bahan Makanan	11
II.5.1. Pengolahan Thermal	12
II.5.2. Pengolahan Kimiawi	13
III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	15
III.1. Tujuan Penelitian	15
III.2. Manfaat Penelitian	15
IV. METODE PENELITIAN	16
IV.1. Jenis Penelitian	16
IV.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	16
IV.3. Populasi dan Sampel Penelitian	16
IV.4. Variabel dan Definisi Operasional Penelitian	16
IV.5. Kerangka Operasional	18

	halaman
IV.6. Cara Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian dan Prosedur Penelitian	18
IV.7. Pengolahan dan Analisis Data	20
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
V.1. Kadar Cadmium dalam Kerang	22
V.2. Kandungan Protein dalam Kerang	23
V.3. Keadaan Organoleptik Kerang	23
V.4. Perendaman Kerang dalam Larutan Asam Cuka	25
V.4.1. Kadar Cadmium dalam Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 12,5%	25
V.4.2. Kandungan Protein dalam Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 12,5%	27
V.4.3. Keadaan Organoleptik Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 12,5%	28
V.4.4. Kadar Cadmium dalam Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 25%	29
V.4.5. Kandungan Protein dalam Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 25%	31
V.4.6. Keadaan Organoleptik Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 25%	32
V.4.7. Efektivitas Larutan Asam Cuka	33
V. KESIMPULAN DAN SARAN	35
VI.1. Kesimpulan	35
VI.2. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kerang-kerangan (*Bivalvia*) merupakan salah satu bahan makanan sumber protein hewani. Kandungan zat gizi dalam 100 gram kerang meliputi energi 59 kal, protein 8 g%, lemak 1,1 g%, karbon 3,6 g%, Ca 133 mg%, P 170 mg%, Fe 3,1 mg%, vitamin A 300 SI, dan vitamin B 0,01 mg% (Sediaoetama, 1999). Di Jawa Timur, khususnya di Surabaya dan Sidoarjo, kerang banyak dijadikan sebagai lauk pauk yang disajikan dalam berbagai sajian atau menu. Sate kerang merupakan salah satu menu makanan yang disenangi dan menjadi makanan khas. Selain menjadi lauk dengan berbagai variasi cara pengolahan, kerang juga dijadikan pula sebagai kudapan.

Menurut ilmu taksonomi, kerang-kerangan merupakan invertebrata yang termasuk dalam *Molusca*, kelas *Lamellibranchiata* atau *Pelecypoda* atau *Bivalvia*. Sebagai biota laut yang sering dijumpai di daerah pantai, kerang-kerangan merupakan hewan yang mobilitasnya rendah. Kerang-kerangan merupakan suatu jenis biota laut yang sering dijadikan sebagai biomonitoring tingkat polusi logam berat di suatu perairan terutama daerah pantai. Peningkatan kadar logam berat dalam air laut akan diikuti dengan peningkatan kadar logam berat dalam biota laut, dan melalui rantai makanan akan dapat menimbulkan keracunan kronis, bahkan bersifat karsinogenik pada manusia pengonsumsi hasil laut (Keman, 1998). Dibandingkan dengan ikan dan udang-udangan (*crustaceae*), *bivalvia* memiliki kemampuan yang sangat rendah untuk dapat melakukan metabolisme terhadap *Persistens Organic Pollutans* (POPs) (Philips, 1990 dalam Otchere, 2003). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Cadmium (Cd) dalam ikan dan jenis moluska yang diperoleh dari Pantai Kenjeran Surabaya telah melebihi ambang batas (Moesriati, 1995; Sulistyorini dkk, 2000; Sari dkk., 2005). Batas kandungan logam berat Cd yang dianjurkan oleh ILO/WHO dalam hewan laut dalam hal ini kerang-kerangan yang dikonsumsi oleh manusia adalah sebesar 0,1 ppm.

Logam berat Cd di air kebanyakan dijumpai dalam bentuk ion. Cadmium dalam air laut berbentuk senyawa klorida ($CdCl_2$), sedangkan dalam air tawar berbentuk karbonat ($CdCO_3$). Pada air payau, biasanya pada daerah muara dan



pantai, kedua senyawa tersebut jumlahnya berimbang. Logam berbahaya diserap oleh biota laut diserap melalui insang dan saluran pencernaan. Pada biota yang tahan pada air yang tercemar, maka logam itu dapat tertimbun dalam jaringannya, dan berikatan dengan protein dimana disebut dengan *metallothionein* (MTN) yang bersifat agak permanen dan mempunyai waktu paruh yang cukup lama (Darmono, 1995).

Secara tradisional, untuk mengolah bahan makanan dari laut untuk dikonsumsi masyarakat melakukan upaya untuk mengurangi bau amis yang ditimbulkan, yaitu dengan perendaman dengan larutan asam lemah. Larutan asam lemah yang sering digunakan adalah larutan lemon ataupun larutan asam cuka 25% yang banyak beredar di pasaran. Larutan asam cuka memiliki kemampuan mengikat logam (*chelating agent*) sehingga dapat menurunkan kadar logam. Perendaman daging kerang bulu (*Anadara indica*) dalam larutan asam cuka 25% dan 12,5% dengan waktu 1 dan 2 jam menunjukkan penurunan logam berat Cd berturut-turut sebesar 63,20%, 77,72%, 51,44% dan 65,93% (Sari dkk, 2005).

1.2. Perumusan Masalah

Perlakuan perendaman daging Bivalvia dengan menggunakan larutan asam cuka dapat dijadikan alternatif penurunan kandungan logam berat Cd pada daging Bivalvia yang telah tercemar Cd dari perairan tempat hidupnya. Sehingga kandungan logam berat Cd tersebut relatif akan lebih rendah bila kerang-kerang tersebut dikonsumsi oleh masyarakat. Didalam tubuh biota laut Cd berikatan dengan senyawa protein, sehingga apabila dilakukan peredaman dengan larutan asam cuka dikhawatirkan kandungan nilai gizi terutama proteinnya akan ikut mengalami penurunan, begitu juga nilai organoleptik bahan makanan tersebut, apakah masih dapat menghasilkan cita rasa yang diinginkan masih menjadi pertanyaan.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan tersebut di atas, maka dapat dirumuskan masalahnya adalah sebagai berikut :

Bagaimanakah kandungan logam berat Cadmium, kandungan protein dan organoleptik daging Bivalvia dan penurunannya setelah perendaman dalam larutan asam cuka ?

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Bivalvia

Bivalvia atau *Lamellibranchiata* atau *Pelecypoda* termasuk dalam filum *mollusca*. Hewan bivalvia mempunyai bentuk simetri bilateral. Bivalvia memiliki ciri-ciri berkaki pipih, memiliki cangkang berjumlah dua (sepasang) ada di bagian anterior dan umbo (bagian yang membesar atau menonjol) terdapat bagian posterior (punggung). Cangkang tersusun dari zat kapur (kalsium karbonat) terdiri dari tiga lapisan, yaitu : Periostrakum (luar), Prismatic (tengah, tebal) dan nakreas (dalam, disebut pula sebagai lapisan mutiara). Cangkang ini dibuat oleh sebuah lipatan dinding tubuh yang khusus yang disebut mantel. Cara gerak bivalvia dengan menjulurkan satu kaki tebal yang berotot di antara kedua cangkangnya. Sebagian besar bivalvia makan dengan cara menjaring partikel-partikel makanan dari air yang dihisapnya di bawah mantel (Kimbal, 1999). Contoh dari Bivalvia adalah kerang-kerangan, misalnya *Mytilus viridis* (kerang hijau), *Anadara indica* (kerang bulu), *Anadara granosa* (kerang darah), *Asaphis derlorata* (remis), *Meleagrina margaritivera* (kerang mutiara), dan sebagainya.

Jenis kerang-kerangan merupakan indikator yang baik dalam memonitor suatu pencemaran lingkungan perairan oleh logam. Hal ini disebabkan oleh sifatnya yang menetap dalam suatu habitat tertentu (Darmono, 1995). Pada kerang *Saccostrea echinata* mengadsorpsi Hg lebih besar daripada Cd, dan Cd lebih besar daripada Pb pada temperatur 20°C. Insang dari hewan tersebut mengakumulasi paling besar daripada jaringan lainnya. Absorpsi tersebut paling efisien terjadi pada temperatur 30°C bila dibanding pada temperatur 20°C. (Denton dan Burdon, 1981 dalam Darmono, 1995).

Di sisi lain, kerang-kerangan merupakan salah satu bahan makanan sumber protein hewani. Jenis kerang-kerangan yang sering dikonsumsi masyarakat antara lain adalah *Mytilus viridis* (kerang hijau), *Anadara indica* (kerang bulu), *Anadara granosa* (kerang darah), dan *Asaphis derlorata* (remis). Kandungan zat gizi dalam 100 gram kerang meliputi energi 59 kal, protein 8 g%, lemak 1,1 g%, karbon 3,6 g%, Ca 133 mg%, P 170 mg%, Fe 3,1 mg%, vitamin A 300 SI, dan vitamin B 0,01 mg% (Sediaoetama, 1999). Di Jawa Timur, khususnya di Surabaya dan Sidoarjo, sate kerang merupakan salah satu menu makanan yang disenangi

dan menjadi makanan khas. Selain menjadi lauk dengan berbagai variasi cara pengolahan, sate kerang tak jarang dijadikan sebagai kudapan pelengkap (Andoko, 2005).

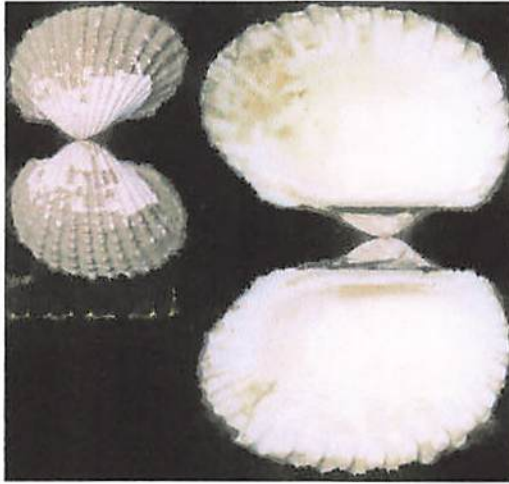
Selain menjadi indikator pencemaran logam berat di perairan dan bahan makanan, ada pula jenis kerang yang dapat menghasilkan mutiara, tetapi adapula yang dapat menimbulkan kerusakan pada dermaga dan kapal kayu (Kimbali, 1999).

II.1.1. Kerang Darah

Kerang darah (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758)) hampir terdapat di seluruh pantai Indonesia. Hidup di dasar laut dengan kedalaman 4 hingga 20 m, pada daerah litoral pasir berlumpur yang relatif tenang, dengan kadar salinitas rendah (Kuang et al., 1995 dalam FAO, 2007; Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan, 2007). Kerang darah dapat beradaptasi pada salinitas 14 – 300 dengan optimum temperatur 20 - 30°C (Tran Hoang Phuc Fisheries Review No-6/1997, dalam FAO, 2007).

Kerang darah termasuk dalam kelas Bivalva, famili Arcidae, genus *Anadara*. Bentuknya bulat kipas, agak lonjong. Kerang darah memiliki sepasang cangkang yang sama bentuk dan besarnya, tebal dan kuat (Poutiers, 1998 dalam FAO, 2007). Mempunyai garis palial pada cangkang sebelah dalam yang lengkap dan garis palial bagian luar beralur. Ukuran panjang kerang darah bervariasi hingga 9 cm, tetapi pada umumnya kerang darah dewasa berukuran panjang 4 - 6 cm. Warna cangkang bagian luar putih dan agak kuning kecoklatan di bagian bawah periostrakum. Warna cangkang bagian dalam putih mengkilat dan terkadang ada yang berwarna kuning pada bagian dekat umbo dan bagian dagingnya merah (Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan, 2007) (Gambar 2.1).

Makanan kerang darah berada di sekitar tempat hidupnya, yaitu berupa detritus organik yang ditemukan pada intestinal kerang, fitoplankton dan alga satu sel. Masa reproduksi kerang darah sekitar bulan Agustus hingga Februari dan dewasa pada umur 1 hingga 2 tahun. Satu kerang darah betina dapat memproduksi sebanyak 518.400 – 2.313.000 telur. (Tran Hoang Phuc Fisheries Review No-6/1997 dalam FAO, 2007).



Gambar 2.1. Cangkang kerang darah (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758))

Pigmen kerang darah yang berwarna merah adalah haemoglobine yang mirip dengan haemoglobine yang terdapat pada manusia. Apabila sebelum dikonsumsi proses pengolahan kerang ini kurang higienis, dapat menyebabkan wabah penyakit berupa kolera, hepatitis A dan disentri. Tak jarang pada cangkang kerang darah ditemukan sejenis kepiting kecil (Singapore Science Centre, 2007).

II.1.2. Kerang Batik

Kerang batik (*Paphia undulata* (Born, 1778)) termasuk kelas Bivalva, famili Veneridae, genus Paphia. Bentuknya agak lonjong. Kerang batik memiliki sepasang cangkang yang sama bentuk dan besarnya, tipis dan kuat. Cangkang bagian luar halus, berwarna dasar putih hingga ke kuningan dan memiliki motif coklat, sehingga banyak disebut sebagai kerang batik. Cangkang bagian dalam berwarna putih mengkilap. Ukuran panjang kerang batik bervariasi 4 - 6 cm (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Cangkang kerang batik (*Paphia undulata* (Born, 1778))

II.2. Cadmium

Berdasarkan pada sifat fisiknya Cd merupakan logam yang lunak, *ductile*, berwarna putih seperti perak. Logam ini akan cepat mengalami kerusakan bila berada di udara yang lembab, yaitu kilapnya akan menghilang. Begitu pula bila terkena uap ammonia dan sulfur hidroksida. Berdasarkan sifat kimianya, logam Cd dalam persenyawaan yang dibentuknya pada umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1+ (Palar, 1994).

II.2.1. Cd dalam Lingkungan Perairan

Logam berat Cd dalam air biasanya dijumpai dalam bentuk ion. Cadmium dalam air laut berbentuk senyawa klorida (CdCl_2), sedangkan dalam air tawar berbentuk karbonat (CdCO_3). Pada air payau, biasanya pada daerah muara dan pantai, kedua senyawa tersebut jumlahnya berimbang (Darmono, 1995). Kadmium (Cd) dan persenyawaannya dapat ditemukan di daerah penimbunan sampah dan aliran air hujan, selain dalam air buangan.

Dalam badan air, kelarutan Cd dalam konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan. Dalam tubuh biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan dengan adanya proses biomagnifikasi disamping itu juga akan terjadi bioakumulasi dikarenakan sistem rantai makanan (Palar, 1994).

Biota air golongan udang-udangan dapat mengalami kematian dalam rentang waktu 1-21 hari bila udang-udangan ini hidup dalam badan air yang mengandung Cd dengan rentang konsentrasi 0,005-0,15 ppm, untuk biota yang tergolong serangga dapat mengalami kematian dalam rentang waktu 1-28 hari dengan rentang konsentrasi Cd dalam air 0,003-18 ppm, sedangkan untuk biota yang tergolong *oligochaeta* dapat mengalami kematian dalam rentang waktu 1-4 hari dengan rentang konsentrasi Cd dalam air 0,0028-4,6 ppm (Palar, 1994).

Selain dapat mengakibatkan beberapa jenis biota perairan mati, Cd juga mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup, mulai dari golongan tumbuhan, hewan dan manusia. Kadmium masuk ke dalam tubuh bersama makanan ataupun minuman yang dikonsumsi, ataupun melalui udara. Dalam tubuh biota air jumlah Cd yang terakumulasi dalam tubuh akan terus mengalami peningkatan dengan adanya proses biomagnifikasi di badan perairan. Selain itu, tingkatan biota dalam sistem rantai makanan turut menentukan jumlah

Cd yang terakumulasi, dimana pada biota yang lebih tinggi stratanya akan ditemukan akumulasi Cd yang lebih banyak (Palar, 1994).

Pada biota yang tahan terhadap Cd, logam ini diserap oleh biota laut diserap melalui insang dan saluran pencernaan. Pada biota yang tahan pada air yang tercemar, maka logam itu dapat tertimbun dalam jaringannya, dan berikatan dengan protein dimana disebut dengan *metalotionein* (MTN) yang bersifat agak permanen dan mempunyai waktu paruh yang cukup lama (Darmono, 1995). Begitu pula yang terjadi pada kerang-kerangan. Pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No: kep 17/Men/2004 tentang Sistem Sanitasi Kekerangan Indonesia menetapkan kandungan maksimum Cd dalam kerang yang dikonsumsi adalah sebesar 1 mg/kg berat bersih. Ketentuan ini lebih longgar bila dibandingkan dengan anjuran ILO/WHO yaitu sebesar 0,1 ppm (ILO/WHO, 1992).

II.2.2. Dampak Cd pada Kesehatan Manusia

Kadmium diduga merupakan salah satu penyebab dari timbulnya kanker pada manusia (zat karsinogen). Pada suatu studi klinis yang dilakukan pada pekerja industri peleburan Cd, 4 orang meninggal karena kanker prostat dari 92 orang pekerja. Pekerja pada pabrik baterai Cd-Alkalin 8 orang dari 74 pekerja meninggal karena kanker, 3 orang meninggal karena kanker prostat, 1 orang meninggal karena kanker paru-paru dan lainnya meninggal karena carcinomatis (Palar, 1994). Menurut *the International Agency for Research on Cancer* (IARC) Kadmium termasuk dalam kategori kelompok 2A yaitu agens yang memiliki kemungkinan karsinogenik bagi manusia. Kategori ini dipakai jika bukti-bukti penelitian menunjukkan karsinogenitas suatu zat pada manusia terbatas dan terdapat bukti karsinogenitas yang meyakinkan pada penelitian dengan hewan percobaan (WHO, 2000).

Selain pada kelompok masyarakat pekerja di industri, kelompok masyarakat umum dapat pula mengalami keracunan Cd. Asupan Cd pada manusia umumnya berasal dari makanan yang dimakan sehari-hari, rokok pada perokok, air minum yang mengandung kadmium dan kadmium yang merupakan polutan di udara (Suzuki, *et.al*, 1988).

Kadmium (Cd) dalam tubuh manusia berakumulasi di ginjal dan memiliki masa paruh biologis yang sangat lama, yaitu antara 20-30 tahun (Malaka, 1996). Menentukan pengaruh toksik Cd pada manusia dapat dilakukan dengan menganalisis kadar Cd pada feces ataupun urine. Ginjal merupakan organ target Cd

pada hewan mamalia dan manusia. Banyaknya jumlah Cd yang terakumulasi pada ginjal adalah sesuai dengan umur dan atau jumlah asupan Cd harian. Kerusakan yang terjadi pada sistem ginjal, dapat dideteksi dari kandungan protein yang terdapat dalam urine. Proteinuria (protein dalam urine) dapat hanya ditemukan pada orang-orang yang terpapar Cd dalam selang waktu 20-30 tahun. Sehingga keadaan ini dapat digunakan sebagai indikator dari keracunan Cd secara kronis (Suzuki, *et.al*, 1988 dan Palar, 1994).

Keracunan yang disebabkan oleh Cd dapat bersifat akut maupun kronis. Keracunan Cd yang bersifat akut biasanya ditemui pada pekerja industri yang menggunakan logam berat Cd dalam proses industrinya. Paparan uap logam Cd akan menimbulkan rasa sakit dan panas pada bagian dada, dapat menimbulkan penyakit paru-paru akut, dan pada konsentrasi 2500-2900 mg/m³ dengan paparan selama 24 jam dapat menimbulkan kematian (Palar 1994). Daya racun yang dimiliki Cd juga mempengaruhi sistem reproduksi dan organ-organnya. Uap logam kadmium dapat menyebabkan impotensi pada pekerja laki-laki yang menghirupnya karena pada konsentrasi tertentu Cd dapat mematikan sel sperma. Impotensi yang ditimbulkan oleh keracunan Cd dapat dibuktikan dengan rendahnya kadar testosteron dalam darah (Lavino *et.al*. dalam Palar, 1994).

Keracunan yang bersifat kronis disebabkan oleh paparan Cd dengan konsentrasi kecil dalam waktu yang lama. Konsentrasi Cd yang kecil dapat ditolerir oleh tubuh, dan ikut mengalami proses fisiologis yang terjadi dalam tubuh. Sistem-sistem tubuh yang dapat dirusak oleh keracunan kronis logam berat Cd adalah pada sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan), sistem sirkulasi darah dan jantung, merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Palar, 1994). Kumpulan gejala keracunan kronis logam berat Cd dikenal dengan nama penyakit Itai-itai (artinya aduh-aduh) yang menggambarkan rasa nyeri di daerah persendian karena terjadi proses *osteomalacia*. Penyakit ini diidentifikasi pertama kali tahun 1960 di Toyama, Jepang (Sari dkk., 2005).

II.3. Protein

Protein merupakan zat gizi yang sangat penting. Dalam sel protein terdapat sebagai protein struktural maupun sebagai protein metabolik. Protein struktural merupakan bagian integral dari struktur sel, tidak dapat diekstraksi tanpa menyebabkan disintegrasi sel. Protein metabolik turut serta dalam reaksi

biokimiawi dan mengalami perubahan bahkan mungkin destruksi atau sintesa protein baru. Protein metabolik dapat diekstraksi tanpa merusak integritas struktur sel.

Molekul protein mengandung unsur C,H,O dan N yang merupakan unsur khusus yang tidak terdapat dalam molekul karbohidrat dan lemak. Penentuan protein dalam bahan makanan secara kuantitas ditentukan melalui penentuan nitrogen total (N), dengan metoda destruksi menurut KYELDAHL. Protein dalam bahan makanan didestruksi secara oksidatif dengan H₂SO₄ pekat, sambil dipanaskan. Protein didestruksi menjadi CO₂, H₂O, dan (NH₄)₂SO₄. Ammonia dilepaskan dengan menambahkan KOH atau NaOH dan NH₃ yang dilepas didistilasi dengan uap panas, ditangkap ke dalam asam borat dan dititrasi dengan HCl dari buret. Dari jumlah HCl yang diperlukan dan titer HCl tersebut, dapat dihitung nitogen total yang dihasilkan pada destruksi protein tersebut. Karena kadar N rata-rata dalam protein adalah 16%, maka protein yang menghasilkan a gram N adalah $100/16 \times a$ gram atau $6,25 \times a$ gram. Faktor 6,25 disebut faktor konversi nitrogen menjadi protein (Sediaoetama, 1996).

II.3.1. Metallothionein

Metallothionein (MTN) merupakan protein pada jaringan makhluk hidup yang berfungsi dan berperan dalam proses pengikatan logam (*metal-binding protein*) (Noël-Lambot *dkk.* 1978; Langston & Zhou 1986; Bebianno *dkk.* 1993 dalam Lasut, 2002). Metallothionein terdiri dari protein atau polipeptida yang mempunyai massa molekul yang kecil, sifat utamanya mengandung 26-33% *cysteine* serta tidak mempunyai asam amino aromatik atau histidin Frankenne *dkk.* 1980; Engel & Brouwer 1984; Bayne *dkk.* 1985; Rand & Petrocelli 1985; Fowier *dkk.* 1987; Le Gal 1988; Manahan 1991, 1992; Roesijadi 1992; Carpene 1993 dalam Lasut, 2002). Sebagai konsekuensi dari banyaknya kandungan asam amino *cysteine* maka metallothionein mengandung kelompok *thiol* (sulfhidril, -SH) dalam jumlah yang besar. Kelompok ini mengikat logam berat sangat kuat, khususnya merkuri (Hg), kadmium (Cd), perak (Ag), dan seng (Zn). Residu sulfhidril dari *cysteine* mampu mengikat logam, di mana 1 atom logam (misalnya: Cd, Zn atau Hg) untuk 3 residu sulfhidril, atau 1 atom logam 2 residu sulfhidril (Noël-Lambot & Bouquegneau 1977; Noël-Lambot *dkk.* 1978; Edwards & Hassall 1980; Le Gal 1988; Engel & Brouwer 1989; Bebianno & Langston 1992a & b; Manahan 1991; 1992; Lacaze 1993 dalam Lasut, 2002).

Berdasarkan fenomena tersebut, biota perairan memiliki peluang untuk mengkonsentrasi unsur logam termasuk juga logam berat yang memiliki sifat toksik dalam tubuhnya. Hal ini termasuk dalam sistem metabolisme tanpa mengeliminasi unsur yang masuk ke dalam sistem tersebut. Hal ini merupakan langkah pertahanan tubuh sementara, dimana kemampuan sistem pengikatan logam-protein ini terbatas (Bebiano & Langston 1992a & b dalam Lasut, 2002). Fungsi fisiologis dari penyekap logam tersebut berhubungan dengan peran protein dalam seluruh proses metabolisme. Metallothionein dapat mengatur formasi logam yang lewat dari sel-sel mukosal ke dalam *circulatory fluid*. Logam biasanya bertindak sebagai kofaktor atau sebagai modulator reaksi-reaksi tertentu. Sel menyimpan cadangan logam tetapi tidak berlebihan atau pada konsentrasi toksik. Logam tersebut selanjutnya dibebaskan perlahan sebagai fungsi keperluan sel (Tabbot & Magee 1978; Bayne *dkk.* 1985; Le Gal 1988; Carpeno 1993 dalam Lasut, 2002). Tetapi tentunya hal ini hanya berlaku bagi logam yang diperlukan oleh sistem metabolisme tubuh, tidak pada logam yang bersifat toksik.

Metallothionein dapat ditemukan di setiap golongan makhluk hidup, misalnya mamalia, ikan, moluska/kerang-kerangan, zooplankton dan fitoplankton dan di berbagai tingkat jaringan atau organ, misalnya hati, ginjal, insang, testis, usus, otot, plasma, eritrosit, sel-sel epitelial dan urine. Konsentrasi metallothionein dalam jaringan (hati, insang, kelenjar pencernaan) meningkat ketika organisme tersebut terkontaminasi unsur logam (Engel & Brouwer 1993; Engel & Brouwer 1991; Noël-Lambot *dkk.* 1978; Le Gal 1988; Bebianno & Langston 1995 dalam Lasut, 2002).

Sehingga bukan tidak mungkin bahwa pengukuran metallothionein (MTN) dapat digunakan untuk mendeteksi pencemaran logam (khususnya logam berat yang sangat berbahaya) di perairan laut, dimana dapat dideteksi secara dini pada tingkat konsentrasi logam yang sangat rendah. Dengan demikian keberadaan logam di perairan laut dapat diketahui secara dini dan akurat (Lasut, 2002).

II.4. Organoleptik

Organoleptik adalah pemeriksaan dan penilaian dengan mempergunakan panca indera, yaitu indera penglihatan, penciuman, perabaan, pendengaran dan pengecap. Yang paling banyak dipergunakan dalam pemeriksaan bahan makanan adalah indera penglihatan dan penciuman; indera perabaan dan pengecap jarang

dipergunakan, sedangkan indera pendengaran praktis tidak pernah dipergunakan (Sediaoetama, 1999).

Evaluasi organoleptik dengan indera penglihatan adalah memeriksa dan menilai berbagai sifat fisik dan kondisi bahan dengan menggunakan indera penglihatan. Warna bentuk, kondisi bersih atau kotor, tercampur dengan bahan asing dan berbagai kelainan fisik bahan makanan diperiksa.

Evaluasi organoleptik dengan indera penciuman dapat menilai perubahan atau bau bahan makanan, misalnya bau apek, karena jamur. Kerusakan bahan makanan karena fermentasi memberikan bau masam, kerusakan karena pembusukan memberikan bau busuk. Kerusakan lemak menyebabkan bau tengik karena oksidasi asam lemak menjadi ikatan epoksi.

Evaluasi organoleptik dengan indera peraba dapat dipergunakan misalnya untuk menilai ada atau tidaknya gumpalan tepung, keras atau masih dapat dihancurkan kembali dengan tekanan jari. Penggumpalan tepung ringan bukan merupakan kerusakan berat, namun bila terjadi penggumpalan yang membatu mungkin dapat terjadi karena reaksi oleh suhu dan mungkin pula terjadi reaksi kimiawi. Untuk biji-bijian yang baik umumnya keras, namun bila ditekan dengan kedua jari melunak dan hancur, hal ini menandakan bahwa biji tersebut mengalami kerusakan.

Evaluasi organoleptik dengan indera pengecapan sangat jarang dipergunakan untuk menilai kondisi bahan makanan secara umum. Sebaiknya indera ini tidak dipergunakan bila ada dugaan bahwa bahan makanan tersebut terkontaminasi oleh bahan berbahaya. Namun demikian untuk mengidentifikasi bahan makanan tertentu yang memiliki rasa khas, indera pengecap akan sangat berguna, misalnya untuk mengenal tepung gula, garam dapur dan sebagainya (Sediaoetama, 1999).

II. 5. Pengolahan Bahan Makanan

Proses pembuatan makanan di dapur rumah tangga, biasanya dilakukan proses pengolahan dengan menggunakan panas (proses pengolahan thermal), bahan kimia (proses pengolahan kimiawi), dan mempergunakan mikroba (fermentasi). Dalam pelaksanaan pengolahan makanan dapat pula dilakukan kombinasi dari proses pengolahan yang disebutkan tersebut (Sediaoetama, 1999).

II.5.1. Pengolahan Thermal

Pengaruh pemanasan terhadap bahan makanan dan zat gizi yang terkandung didalamnya sangat penting. Pemanasan dapat mengubah sifat fisik-kimiawi bahan makanan. Pengaruh pemanasan terhadap bahan makanan antara lain :

a. Pemanasan dapat membunuh mikroba

Pemanasan yang tinggi dan lama dapat membunuh berbagai mikroba yang mungkin memiliki sifat pathogen dan menyebabkan penyakit, terutama penyakit infeksi yang ditularkan melalui makanan dan minuman. Begitu pula pada parasit dan telur atau larvanya yang mungkin mencemari bahan makanan, baik bahan makanan nabati maupun hewani, sehingga pengolahan makanan secara thermal akan meningkatkan keamanan pangan bagi kesehatan konsumen. Ada berbagai jenis parasit yang dalam daur hidupnya melalui berbagai jenis ikan, kerang siput dan binatang ternak. Bahan makanan hewani yang demikian dapat menjadi sumber penularan penyakit bila dimakan mentah atau bila proses pemasakan tidak menggunakan suhu tinggi dan waktu yang kurang lama.

b. Pemanasan dapat meniadakan zat toksik

Pemasakan dengan menggunakan panas dapat pula menetralkan pengaruh beberapa zat toksik yang terdapat secara alamiah dalam berbagai bahan makanan baik nabati maupun hewani.

Dalam daging ikan mentah tertentu terdapat enzim yang merusak thiamin yang disebut thiaminase. Thiaminase bersifat protein yang dapat dirusak (denaturasi) oleh pemanasan sehingga pengaruh fungsionalnya hilang. Pemanasan diatas suhu 70°C akan dapat menyebabkan denaturasi setiap jenis protein. Jadi dengan memanaskan ikan pada suhu tinggi dan waktu yang lama akan berpengaruh, terutama pada thiaminase.

c. Pemanasan dapat merubah zat gizi secara positif

Pengaruh pemanasan memberikan pula perubahan yang menguntungkan (positif) pada karbohidrat dan protein yang terdapat dalam makanan, sehingga meningkatkan nilai gizinya.

Karbohidrat yang dapat dicerna di dalam bahan makanan nabati mempunyai struktur bijih dalam kantung. Dengan pengaruh thermal kantung ini akan mengembang dan pecah, sehingga bijih tepung tersebut terlepas, keluar dan tersedia untuk dipecah dalam proses metabolik oleh enzim-enzim pencernaan, setelah dikonsumsi.

Protein alami yang disebut protein native juga mengalami perubahan oleh pengaruh thermal yang disebut denaturasi. Ikatan kimiawi dalam struktur tersier dan sekunder dari protein molekul terputus, menyebabkan protein tersebut lebih mudah dicerna lebih lanjut oleh enzim hidrolitik dalam proses metabolisme lebih lanjut yang akan terjadi dalam saluran pencernaan manusia.

d. Pemanasan dapat memberikan pengaruh negatif

Disamping beberapa manfaat dari proses pengolahan makanan secara thermal, terdapat pula kerugiannya. Semua bahan organik (hampir semua zat gizi merupakan ikatan organik) dapat terbakar oleh pengaruh panas tinggi menjadi H_2 , CO, CO_2 bahkan menjadi carbon (C) dan berbagai garam sehingga kehilangan sifat biologisnya bagi penggunaan oleh tubuh. Bahkan pemanasan yang tidak begitu tinggipun dapat mengadakan perubahan struktur kimiawi pada berbagai asam amino esensial, sehingga kehilangan fungsinya bagi tubuh manusia.

Proses pemanasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan bahan makanan menjadi hangus, dimana terdapat ikatan polisiklik yang bersifat karsinogenik. Zat toksik ini misalnya terdapat pada asap masakan yang hangus terbakar (*charring*).

Jadi dalam pengolahan makanan menggunakan proses thermal harus dipilih suhu yang cukup tinggi untuk memberikan efek positif, tetapi diperhatikan suhu tersebut jangan terlalu tinggi dan terlalu lama waktunya. Seberapa lama dan tinggi panas tersebut tergantung dari jenis bahan makanannya.

II.5.2. Pengolahan Kimiawi

Secara tidak disadari, para ibu rumah tangga juga mempergunakan pengolahan kimiawi ketika memasak bahan makanan di dapur. Pada pembuatan masakan acar, bahan makanan nabati direndam dalam larutan asam cuka, sehingga terdapat pH yang sangat rendah. Larutan asam cuka bersifat hipertonic, sehingga memberikan pengaruh fisik-kimiawi terhadap bahan makanan yang diacar. Air akan keluar dari sel bahan makanan tersebut, sehingga makanan menjadi layu (lunak). Zat gizi pada umumnya akan menjadi lebih stabil dalam kondisi pH rendah, sehingga pemasakan menjadi acar berpengaruh baik atas kandungan zat gizinya. Tujuan penggunaan asam cuka sebenarnya untuk memberikan daya tahan yang lebih lama pada bahan makanan agar dapat disimpan untuk jangka waktu lebih lama tanpa menjadi rusak atau busuk.

Banyak vitamin yang lebih stabil dalam kondisi pH rendah dibandingkan kondisi alkalis, pH yang rendah dapat pula membunuh sebagian jenis mikroba pathogen.

Sebaliknya terkadang ibu-ibu juga menggunakan penambahan soda kue (sodium bikarbonat), agar masakan menjadi lebih mudah lunak atau empuk. Namun ternyata pada kondisi alkalis ini, banyak zat gizi terutama vitamin yang kurang stabil dan mudah mengalami degradasi kimiawi, sehingga kehilangan aktivitas biologisnya. Juga berbagai asam amino esensial menjadi rusak bila dipanaskan pada suasana alkalis. Jadi merebus makanan dengan tambahan soda kue tidak diajurkan dari sudut preservasi zat gizi makanan.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

III.1. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengetahui kandungan logam berat Cadmium, kandungan protein dan organoleptik daging Bivalvia dan penurunannya setelah perendaman dalam larutan asam cuka 25 % dan 12,5 % selama 1 dan 2 jam dengan metode pembalikan daging Bivalvia setiap 15 menit. Bivalvia yang diteliti adalah jenis kerang darah kerang darah (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758)) dan kerang batik (*Paphia undulata* (Born, 1778)).

Tujuan Khusus

1. Mengukur kadar logam berat Cd, kandungan protein dan organoleptik daging Bivalvia (kerang darah dan kerang batik) sebelum perendaman larutan asam cuka.
2. Mengukur kadar logam berat Cd, kandungan protein dan organoleptik daging Bivalvia (kerang darah dan kerang batik) sesudah perendaman larutan asam cuka.
3. Menganalisis efektivitas perendaman larutan asam cuka baik dari segi keamanan bahan makanan khususnya dari kadar Cd, kandungan protein serta organoleptik daging Bivalvia (kerang darah dan kerang batik).

III.2. MANFAAT PENELITIAN

1. Sebagai pengembangan teknologi tepat guna yang mudah diterapkan bagi masyarakat agar dapat meminimalisasi masuknya logam berat Cd dalam tubuh melalui intake makanan dari kerang.
2. Sebagai masukan bagi masyarakat mengenai kandungan gizi kerang, baik secara organoleptik ataupun kandungan proteinnya setelah mengalami perlakuan perendaman larutan asam cuka.

BAB IV

METODE PENELITIAN

IV. 1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium eksperimental dengan rancangan *pre test dari post test design* dan bila ditinjau dari waktu penelitian merupakan penelitian *cross sectional*.

IV.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Bagian Kesehatan Lingkungan FKM Unair. Pemeriksaan laboratorium dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya.

Waktu penelitian dilaksanakan sejak bulan April – Desember 2007. Waktu pengumpulan data dilakukan pada bulan Oktober - Nopember 2007.

IV.3. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian ini adalah bivalvia yang dijual di Surabaya dari pasar tradisional di daerah Pantai Kenjeran dengan asumsi bahwa bivalvia tersebut diperoleh dari daerah pantai di Surabaya dan sekitarnya (Sidoarjo dan Gresik). Penentuan besar sampel dilakukan secara acak dengan asumsi semua jenis Bivalvia yang dijual tersebut adalah homogen tercemar logam berat Cadmium. Jenis bivalvia yang banyak ditemui adalah jenis kerang darah (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758)) dan kerang batik (*Paphia undulata* (Born, 1778)). Pada penelitian ini untuk masing-masing jenis dibutuhkan 2 kg kerang yang telah dibersihkan dari cangkangnya.

IV.4. Variabel dan Definisi Operasional Penelitian

Variabel yang diteliti dalam penelitian ini adalah :

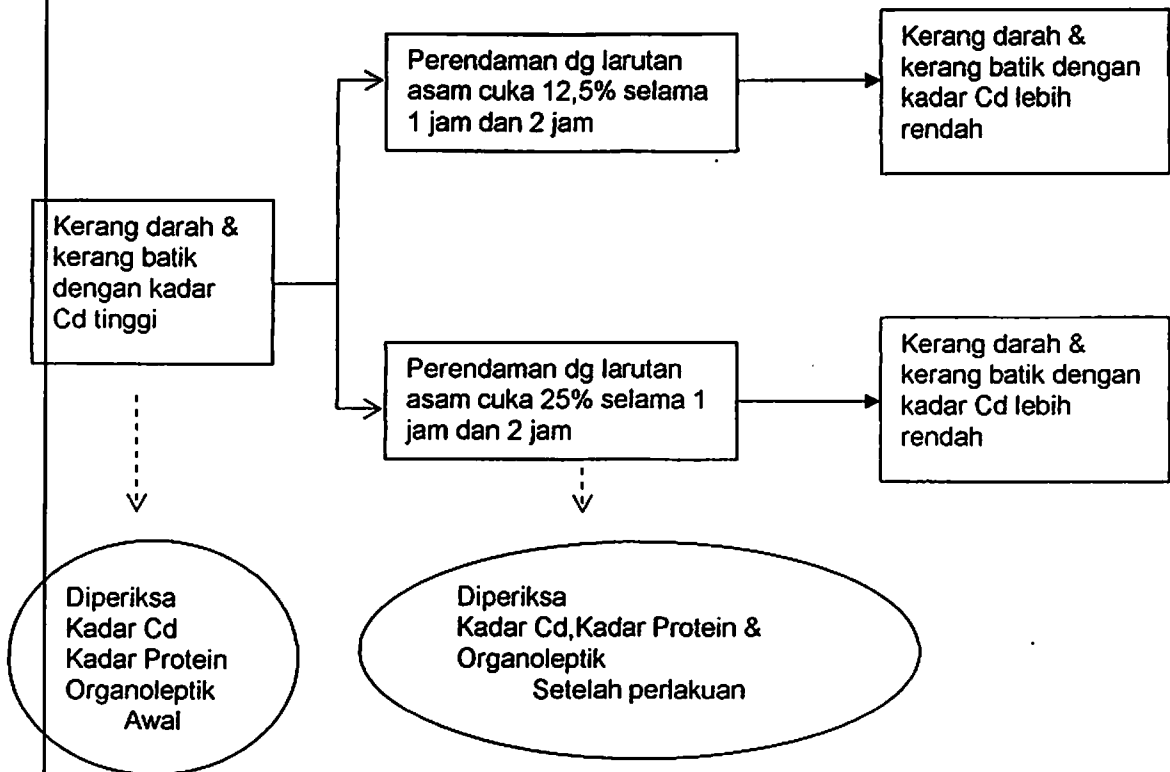
- a. Variabel bebas : konsentrasi larutan asam cuka dan lama perendaman
- b. Variabel tergantung : kadar Cd dalam kerang, kadar protein dalam kerang dan keadaan organoleptik kerang.

Definisi operasional berikut cara pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Variabel dan Definisi Operasional Penelitian

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat dan cara pengukuran	Skala data
1	Kadar Cd dalam kerang	Kadar Cadmiun dalam kerang, yang menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi Cd dalam kerang.	AAS dengan metode destruksi	rasio
2	Kandungan protein dalam kerang	Kandungan protein dalam kerang, yang menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi protein (N total) dalam kerang.	Spektrofotometri dengan metode Kjeldahl	rasio
3	Keadaan organoleptik daging kerang	Penjumlahan dari penilaian organoleptik daging kerang dengan modalitas indera penglihatan, peraba dan penciuman.	Nilai skala 0-4 0-1 = tidak ada perubahan keadaan organoleptik kerang 2-4 = ada perubahan keadaan organoleptik kerang	nominal
a	Penglihatan	Penilaian organoleptik menggunakan indera penglihatan dengan parameter warna	Warna daging cerah = 0 Warna daging pucat = 1	
b	Peraba	Penilaian organoleptik menggunakan indera peraba dengan parameter tekstur	Daging lunak = 0 Daging keras = 1	
c	Penciuman	Penilaian organoleptik menggunakan indera penciuman dengan parameter bau	Daging berbau amis = 0 Daging tidak berbau = 1 Daging berbau asam cuka = 2	
4	Konsentrasi asam cuka	Konsentrasi larutan asam cuka yang digunakan untuk merendam kerang yang digunakan dalam penelitian, yaitu : 12,5 % dan 25 %	Gelas ukur	nominal
5	Lama perendaman	Waktu yang digunakan untuk merendam daging kerang dengan larutan asam cuka yang digunakan dalam penelitian, yaitu : 1 jam dan 2 jam	Jam digital	nominal
6	Efektivitas perendaman	Kombinasi perlakuan yang memiliki hasil penurunan kadar Cd dalam kerang ≤ 1 mg/kg berat bersih dan kandungan proteinnya tidak berbeda secara signifikan.	Pengukuran kadar Cd dalam kerang dan analisis statistik multivariate	nominal

IV.5. Kerangka Operasional



Gambar 4.1. Kerangka Operasional Penelitian

IV.6. Cara Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian dan Prosedur Penelitian

Data primer meliputi kadar cadmium, protein dan kondisi organoleptik kerang sebelum dilakukan perendaman larutan asam cuka dan setelah dilakukan perendaman dengan larutan asam cuka. Kadar cadmium dan protein kerang diperiksa di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya. Keadaan organoleptik kerang sebelum dan sesudah perendaman dengan larutan asam cuka dinilai oleh peneliti di Laboratorium Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Unair. Selain itu juga dilakukan pengukuran panjang kerang dengan menggunakan penggaris.

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Kerang darah dan Kerang batik dibeli di pasar tradisional di daerah Kenjeran, dicuci bersih dari lumpur yang masih menempel pada cangkang kerang tersebut. Pembelian kerang dilakukan 2 (dua) kali yaitu pada bulan Oktober dan Nopember 2007.

2. Dilakukan perebusan hingga mendidih selama \pm 10 menit dengan tujuan agar cangkang kerang terbuka dan pelepasan daging kerang dari cangkangnya lebih mudah.
3. Dilakukan pengukuran cangkang kerang secara umum dengan menggunakan penggaris.
4. Masing-masing jenis kerang ditimbang 30 gram untuk tiap wadah. Disediakan 10 wadah, karena untuk setiap perlakuan dilakukan 2 (dua) kali pengulangan.
5. Untuk memperoleh larutan asam cuka 12,5% dilakukan pengenceran 2 (dua) kali larutan asam cuka 25%. Cuka yang digunakan adalah cuka masak yang beredar di pasaran (kadar larutan 25%).
6. Kerang dalam wadah 1 dan 2 diperiksa kadar cadmium dan proteinnya di laboratorium dan diperiksa kondisi organoleptiknya (*pre test*).
7. Kerang dalam wadah 3 dan 4 direndam dengan larutan cuka 12,5% selama 1 jam, dimana setiap 15 menit dilakukan pembalikan kerang.
8. Kerang dalam wadah 5 dan 6 direndam dengan larutan cuka 12,5% selama 2 jam, dimana setiap 15 menit dilakukan pembalikan kerang.
9. Kerang dalam wadah 7 dan 8 direndam dengan larutan cuka 25% selama 1 jam, dimana setiap 15 menit dilakukan pembalikan kerang.
10. Kerang dalam wadah 9 dan 10 direndam dengan larutan cuka 25% selama 2 jam, dimana setiap 15 menit dilakukan pembalikan kerang.
11. Kerang dalam wadah 3 hingga 10 diperiksa kadar cadmium dan proteinnya di laboratorium dan diperiksa kondisi organoleptiknya (*post test*).
12. Dilakukan pencatatan data hasil pengukuran.

Cara pengukuran kadar cadmium dalam kerang adalah sebagai berikut :

1. Diambil 5 gr kerang, dihaluskan dengan penggerus, dan dimasukkan ke dalam tabung Nessler.
2. Ditambahkan H_2SO_4 pekat 1 ml dan ditambah campuran HNO_3 pekat : perchlorat pekat (3 : 2) sebanyak 5 ml.
3. Dibiarkan semalam hingga terjadi larutan sempurna.
4. Dilakukan destruksi dalam Oil Bath dengan suhu antara 200 – 400°C.
5. Bahan didestruksi hingga jernih atau sempurna, kemudian didinginkan pada suhu kamar.
6. Ditambahkan aquadest bebas logam berat sampai tanda pada labu ukur.

7. Kemudian baca kadar Cd dengan menggunakan AAS.

8. Perhitungan kadar Cd (X) :

$$\frac{1000}{\text{Berat contoh}} \times \frac{50}{1000} \times \text{pembacaan AAS} = X \text{ mg/kg (ppm)}$$

Cara pengukuran kandungan protein dalam kerang adalah sebagai berikut :

1. Diambil 5 gr kerang, dihaluskan dengan penggerus, dan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl.
2. Dilakukan destruksi dengan penambahan 20 ml H₂SO₄ pekat dan 2 gr katalisator, dipanaskan hingga jernih.
3. Didinginkan dalam suhu kamar, dimasukkan dalam labu ukur 250 ml.
4. Tambahkan aquadest hingga garis batas, kocok agar homogen.
5. Dari labu ukur 250 ml diambil larutan menggunakan pipet sebanyak 2 ml, masukkan dalam tabung Nessler.
6. Larutan dinetralkan dengan NaOH 40%, cek pH larutan dengan kertas pH.
7. Ditambahkan aquadest hingga volume menjadi 50 ml, kocok agar homogen
8. Dari tabung Nessler, diambil larutan menggunakan pipet sebanyak 2 ml, masukkan labu ukur, ditambahkan aquadest hingga volume menjadi 25 ml, kocok agar homogen.
9. Ditambahkan garam Rochelle
10. Ditambahkan reagen Nessler 1,5 ml, kocok pelan agar homogen
11. Ukur kadar NH₄ dengan menggunakan spektrofotometer UV – Vis pada User Program NH₄.
12. Perhitungan kandungan Protein (Y) :

$$\frac{100}{\text{mg berat contoh}} \times \text{Pengenceran} \times \frac{\text{ml akhir}}{1000} \times \frac{\text{BAN}}{\text{BM NH}_4} \times \text{Faktor konversi} = Y\% \text{ Protein}$$

IV.7. Pengolahan Dan Analisis Data

Data yang diperoleh diolah dengan komputer dan dianalisa dengan paket program statistik. Deskripsi masing-masing variabel disajikan dalam bentuk narasi, kemudian untuk dapat memperoleh gambaran yang lebih mendalam untuk masing-masing perlakuan dan jenis kerang untuk tiap variabel penelitian dideskripsikan dalam bentuk tabulasi. Analisis data dilakukan secara kuantitatif untuk membandingkan kondisi kerang sebelum dan sesudah perlakuan. Metode statistik

untuk komparasi tersebut disesuaikan dengan jenis dan distribusi data yang diperoleh. Metode statistik yang digunakan adalah :

1. Uji normalitas (*One Sample Kolmogorof-Smimov test*), digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak normal. Taraf signifikansi (α) yang digunakan sebesar 0,05 (5%).
2. *Independent sample t test*, digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kadar Cd dan kandungan protein dalam kerang antara sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% dan 25%. Taraf signifikansi (α) yang digunakan sebesar 0,05 (5%).
3. *Anova multivariate*, digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan penurunan kadar Cd dan kandungan protein setelah direndam dalam larutan asam cuka konsentrasi 12,5% dan 25% dengan variasi waktu 1 dan 2 jam. Taraf signifikansi (α) yang digunakan sebesar 0,05 (5%).

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1. Kadar Cadmium dalam Kerang

Kerang yang diteliti adalah kerang darah (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758)) dan kerang batik (*Paphia undulata* (Born, 1778)), yang diperoleh dari pasar tradisional yang terletak di daerah Pantai Kenjeran, Surabaya. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa kerang tersebut merupakan hasil tangkapan dari daerah Pantai Kenjeran ataupun daerah pantai lainnya di Surabaya dan sekitarnya (Gresik dan Sidoarjo). Sebagaimana diketahui bahwa ke tiga kota tersebut merupakan kota yang padat penduduk dan industri. Sehingga daerah pantai kota-kota tersebut merupakan muara dari sungai yang juga berfungsi sebagai badan air penerima limbah cair industri maupun domestik yang pada penelitian sebelumnya diidentifikasi telah tercemar logam berat termasuk Cadmium.

Keberadaan kerang di pasar tradisional sangat dipengaruhi oleh musim. Kedua kerang inilah yang paling sering ditemukan dan tentu saja banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Kerang darah merupakan jenis kerang yang digunakan pada masakan "sate kerang" yaitu menu khas daerah pantai di Surabaya dan Sidoarjo yang biasa disajikan bersamaan dengan "lontong kupang".

Hasil pemeriksaan kadar logam berat Cd pada sampel kerang darah memiliki nilai rata-rata sebesar $1,42 \pm 0,02$ mg/kg. Jika dikaitkan dengan ketentuan Pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No: kep 17/Men/2004 tentang Sistem Sanitasi Keekerangan Indonesia yang menetapkan kandungan maksimum Cd dalam kerang yang dikonsumsi, maka kadar Cd dalam sampel kerang darah tersebut telah sedikit melebihi ketentuan yang ditetapkan, yaitu sebesar 1 mg/kg berat bersih. Sedangkan untuk sampel kerang batik, diperoleh hasil kadar logam berat Cd dengan nilai rata-rata sebesar $0,71 \pm 0,19$ mg/kg. Nilai kadar Cd dalam sampel kerang batik masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Menteri Kelautan dan Perikanan bila dikonsumsi. Namun berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini juga mengkonfirmasi pernyataan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa biota pantai di Surabaya terutama di daerah Kenjeran telah terkontaminasi oleh logam berat khususnya Cadmium (Yudhastuti, dkk., 1998; Sulistyorini, dkk., 2000; Sari, dkk., 2005).

Kerang merupakan jenis biota laut yang mobilitasnya rendah yang relatif tahan hidup pada air yang tercemar. Pada biota yang tahan terhadap Cd, logam ini diserap oleh biota laut diserap melalui insang dan saluran pencernaan, tertimbun dalam jaringannya, dan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi (Palar, 1994; Darmono, 1995). Sehingga kerang banyak digunakan sebagai bioindikator polusi logam berat di daerah pantai (Darmono, 1995; Otchere, 2003). Apabila kerang dengan kadar logam Cd tinggi dikonsumsi manusia, maka dalam tubuh manusia akan terjadi proses biomagnifikasi, dan suatu saat dapat mengganggu fungsi organ tubuh manusia, tergantung pada toleransi masing-masing individu.

V.2. Kandungan Protein dalam Kerang

Hasil pemeriksaan protein dalam 100 gram sampel kerang darah memiliki nilai rata-rata sebesar $12,55 \pm 0,43$ g%. Sedangkan pada sampel kerang batik protein yang terkandung dalam 100 gramnya memiliki nilai rata-rata sebesar $12,64 \pm 0,44$ g%. Menurut Sediaoetama (1999) kandungan protein dalam 100 gram kerang sekitar 8 g%. Dari hasil pemeriksaan tersebut tampak bahwa baik pada sampel kerang darah maupun kerang batik yang diteliti merupakan sumber protein hewani yang potensial.

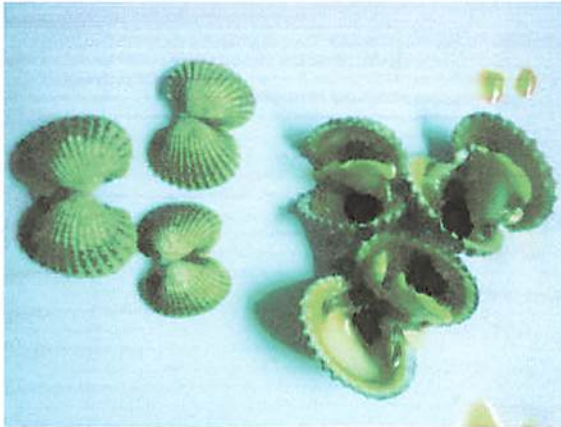
V.3. Keadaan Organoleptik Kerang

Berdasarkan penilaian organoleptik yang dilakukan pada kedua sampel kerang, masing-masing kerang memiliki kondisi yang berbeda. Kerang yang dijual di pasar tradisional yang dijual masih dalam keadaan bercangkang harus dibersihkan dengan baik, karena pada cangkang kerang tersebut masih banyak menempel sedimen atau lumpur. Namun, ada pula penjual kerang di pasar tradisional yang menjual kerang tanpa cangkangnya. Kerang yang dijual tanpa cangkangnya relatif lebih bersih, namun harus tetap dicuci sebelum diolah. Karena bila dalam proses pengolahan kerang ini kurang higienis, dapat menyebabkan wabah penyakit berupa kolera, hepatitis A dan disentri (Singapore Science Centre, 2007).

Seperti namanya, apabila kerang darah (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758)) dicuci, air bekas cuciannya akan berwarna merah seperti darah. Hal ini disebabkan karena pigmen kerang darah yang berwarna merah adalah

haemoglobine yang mirip dengan haemoglobine yang terdapat pada manusia (Singapore Science Centre, 2007).

Warna kerang sangat tergantung pada jenisnya. Cangkang bagian luar kerang darah beralur, berwarna putih kecoklatan dan pada bagian dalam berwarna putih mengkilat. Daging kerang darah berwarna merah. Cangkang kerang darah tebal dan kuat. Ukuran panjang sampel kerang darah berkisar antara 2 – 4,5 cm (Gambar 5.1.).



Gambar 5.1. Sampel Kerang Darah (*Anadara granosa*, (Linnaeus, 1758))

Cangkang bagian luar sampel kerang batik halus, dengan dasar putih ke kuningan dan terdapat motif yang berwarna hijau sebelum dimasak. Apabila cangkang kerang batik ikut dimasak (baik direbus ataupun digoreng) warna motifnya berubah menjadi kecoklatan. Cangkang bagian dalam berwarna putih mengkilat. Daging kerang batik berwarna putih-coklat. Cangkang kerang darah tipis. Ukuran panjang sampel kerang batik berkisar antara 2,5 – 4 cm (Gambar 5.2.).

Bau kerang yang belum diolah amis, ini merupakan bau khas dari bahan makanan yang berasal dari laut. Namun bila dibandingkan antara kerang darah dan kerang batik, bau kerang darah lebih amis bila dibandingkan dengan kerang batik. Dan bila dimasak dengan cara direbus, air kaldu kerang darah lebih mengeluarkan aroma yang gurih dan sedap, bila dibandingkan dengan kerang batik.



Gambar 5.2. Sampel Kerang Batik (*Paphia undulata* (Born, 1778)) Sebelum dan Sesudah Direbus

Daging kerang sebelum diolah teksturnya lunak namun terasa kenyal. Bila dibandingkan, daging kerang darah lebih lunak dan kenyal bila diraba, sedangkan kerang batik dagingnya terasa lunak.

V.4. Perendaman Kerang dalam Larutan Asam Cuka

V.4.1. Kadar Cadmium dalam Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 12,5%

Pada penelitian ini kerang direndam dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam dan 2 jam. Hasil pengukuran rata-rata kadar logam berat Cd pada sampel kerang darah setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar $1,12 \pm 0,13$ mg/kg. Bila dibandingkan dengan ketentuan Pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No: kep 17/Men/2004 tentang Sistem Sanitasi Keekerangan Indonesia yang menetapkan kandungan maksimum Cd dalam kerang yang dikonsumsi, maka kadar Cd dalam sampel kerang darah setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% masih sedikit melebihi 1 mg/kg.

Setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam terdapat penurunan rata-rata kadar logam berat Cd dalam kerang darah sebesar $0,21 \pm 0,14$ mg/kg atau kadar logam berat Cd dalam kerang darah turun hingga 85,05% dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji statistik dengan *independent sample t test* menunjukkan *sig (2-tailed)* lebih kecil dari $\alpha=0,05$, yaitu 0,019, sehingga dengan kadar Cd sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan cuka 12,5% selama 1 jam berbeda secara signifikan. Untuk lama perendaman 2 jam, penurunan rata-rata kadar logam berat Cd dalam kerang darah adalah sebesar

0,38 ± 0,11 mg/kg atau kadar logam berat Cd dalam kerang darah turun hingga 76,69% dari nilai awal. Hasil uji statistik menyatakan bahwa kadar Cd dalam kerang darah sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 2 jam berbeda secara signifikan (*independent sample t test*, $p < 0,05$).

Hasil pengukuran rata-rata kadar logam berat Cd pada sampel kerang batik setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar 0,46 ± 0,13 mg/kg. Setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam terdapat penurunan rata-rata kadar logam berat Cd dalam kerang batik sebesar 0,15 ± 0,13 mg/kg atau kadar logam berat Cd dalam kerang batik turun hingga 78,99% dari nilai awal. Namun, berdasarkan hasil uji statistik menyatakan bahwa kadar Cd dalam kerang batik sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam tidak berbeda (*independent sample t test*, $p > 0,05$). Untuk lama perendaman 2 jam, penurunan rata-rata kadar logam berat Cd dalam kerang batik adalah sebesar 0,34 ± 0,22 mg/kg atau kadar logam berat Cd dalam kerang batik turun hingga 52,20% dari nilai awal. Hasil uji statistik menyatakan bahwa kadar Cd dalam kerang batik sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 2 jam berbeda secara signifikan (*independent sample t test*, $p < 0,05$).

Tabel 5.1. Rata-rata penurunan kadar Cd dalam kerang setelah perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam dan 2 jam

Jenis kerang	Lama perlakuan (jam)	Rata-rata penurunan kadar Cd (mg/kg)
Kerang darah	1	0,21 ± 0,14
	2	0,38 ± 0,11
Kerang batik	1	0,15 ± 0,13
	2	0,34 ± 0,22

Rata-rata penurunan kadar Cd dalam kerang setelah mengalami perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam dan 2 jam ditabelkan pada Tabel 5.1. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa melalui perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% dengan waktu yang berbeda mampu menurunkan kadar Cd dalam kerang, baik pada kerang darah ataupun pada kerang batik. Namun perlu dicermati kembali, kadar Cd dalam kerang darah setelah perendaman dengan larutan cuka 12,5% selama 1 jam masih di atas

ketentuan kandungan maksimum Cd dalam kerang yang dikonsumsi, yaitu sebesar 1 mg/kg berat bersih.

V.4.2. Kandungan Protein dalam Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 12,5%

Hasil pengukuran rata-rata kandungan protein pada sampel kerang darah setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar $11,91 \pm 0,37$ g%. Bila dibandingkan dengan kandungan protein dalam 100 gram kerang menurut Sediaoetama (1999) yaitu sekitar 8 g%, nilai ini jauh di atasnya.

Setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam terdapat penurunan rata-rata kandungan protein kerang darah sebesar $0,83 \pm 0,55$ g% atau kandungan protein kerang darah turun hingga 95,20% dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji statistik menyatakan bahwa kandungan protein dalam kerang darah sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan cuka 12,5% selama 1 jam tidak berbeda (*independent sample t test*, $p > 0,05$). Untuk lama perendaman 2 jam, penurunan rata-rata kandungan protein kerang darah adalah sebesar $0,73 \pm 0,17$ g% atau kandungan protein kerang darah turun hingga 94,63% dari nilai awal. Hasil uji statistik menyatakan bahwa kandungan protein kerang darah sebelum dan sesudah perendaman dalam asam cuka 12,5% selama 2 jam tidak berbeda secara signifikan (*independent sample t test*, $p > 0,05$).

Hasil pengukuran rata-rata kandungan protein pada sampel kerang batik setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar $12,19 \pm 0,61$ g%. Bila dibandingkan dengan kandungan protein dalam 100 gram kerang menurut Sediaoetama (1999) yaitu nilai ini di atas 8 g%.

Setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam terdapat penurunan rata-rata kandungan protein kerang batik sebesar $0,28 \pm 0,79$ g% atau kandungan protein kerang batik turun hingga 73,37% dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji statistik menyatakan bahwa kandungan protein kerang batik sebelum dan sesudah perendaman dalam asam cuka 12,5% selama 1 jam tidak berbeda secara signifikan (*independent sample t test*, $p > 0,05$). Untuk lama perendaman 2 jam, penurunan rata-rata kandungan protein kerang batik adalah sebesar $0,62 \pm 0,55$ g% atau kandungan protein kerang batik turun hingga 71,33% dari nilai awal. Hasil uji statistik menyatakan bahwa kandungan protein kerang batik sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 2 jam tidak berbeda (*independent sample t test*, $p > 0,05$).

Tabel 5.2. Rata-rata penurunan kandungan protein kerang setelah perendaman larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam dan 2 jam

Jenis kerang	Lama perlakuan (jam)	Rata-rata penurunan kandungan protein (g%)
Kerang darah	1	0,83 ± 0,55
	2	0,73 ± 0,17
Kerang batik	1	0,28 ± 0,79
	2	0,62 ± 0,55

Rata-rata penurunan kandungan protein kerang setelah mengalami perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam dan 2 jam ditabelkan pada Tabel 5.2. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa melalui perendaman dalam larutan cuka 12,5% dengan waktu yang berbeda dapat menurunkan kandungan protein kerang. Namun seperti telah dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa kandungan protein kerang setelah mengalami perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% masih di atas nilai rata-rata kandungan protein kerang pada umumnya dan berdasarkan uji statistik *independent sample t test* kandungan protein sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% tidak berbeda.

V.4.3. Keadaan Organoleptik Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 12,5%

Keadaan organoleptik dinilai dari 3 aspek, yaitu dengan modalitas indera pengelihatan, peraba dan penciuman. Hasil penilaian keadaan organoleptik kerang setelah mengalami perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% ditabelkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil Penilaian Organoleptik Kerang Setelah Direndam dalam Larutan Asam Cuka 12,5%.

Jenis Kerang	Lama perendaman (jam)	Warna	Tekstur	Bau	Keadaan organoleptik kerang
Kerang darah	1	Merah, cerah	Lunak	Amis	Tidak ada perubahan organoleptik
	2	Merah, pucat	Lunak	Tidak berbau	Ada perubahan organoleptik
Kerang batik	1	Putih-coklat, cerah	Lunak	Tidak berbau	Tidak ada perubahan organoleptik
	2	Putih-coklat, cerah	Keras	Berbau asam cuka	Ada perubahan organoleptik

Dari Tabel 5.3 tersebut tampak bahwa perlakuan perendaman dalam larutan asam cuka 12,5% selama 2 jam dapat merubah keadaan organoleptik kerang darah maupun kerang batik.

V.4.4. Kadar Cadmium dalam Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 25%

Pada penelitian ini kerang direndam dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam dan 2 jam. Hasil pengukuran rata-rata kadar logam berat Cd pada sampel kerang darah setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $0,88 \pm 0,07$ mg/kg. Bila dibandingkan dengan ketentuan Pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No: kep 17/Men/2004 tentang Sistem Sanitasi Keperikanan Indonesia yang menetapkan kandungan maksimum Cd dalam kerang yang dikonsumsi, maka kadar Cd dalam sampel kerang darah setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 25% sudah memenuhi persyaratan tersebut yaitu dibawah 1 mg/kg.

Setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam terdapat penurunan rata-rata kadar logam berat Cd dalam kerang darah sebesar $0,49 \pm 0,06$ mg/kg atau kadar logam berat Cd dalam kerang darah turun hingga 65,13% dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji statistik, kadar logam berat Cd dalam kerang darah sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam berbeda secara signifikan (*independent sample t test*, $p < 0,05$). Untuk lama perendaman 2 jam, penurunan rata-rata kadar logam berat Cd dalam kerang darah adalah sebesar $0,59 \pm 0,10$ mg/kg atau kadar logam berat Cd dalam kerang darah turun hingga 58,85% dari nilai awal. Hasil uji statistik menyatakan

bahwa kadar Cd dalam kerang darah sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 2 jam berbeda secara signifikan (*independent sample t test*, $p < 0,05$).

Hasil pengukuran rata-rata kadar logam berat Cd pada sampel kerang batik setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $0,25 \pm 0,02$ mg/kg. Setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam terdapat penurunan rata-rata kadar logam berat Cd dalam kerang batik sebesar $0,43 \pm 0,20$ mg/kg atau kadar logam berat Cd dalam kerang batik turun hingga 38,38% dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji statistik kadar logam berat Cd dalam kerang batik sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam berbeda secara signifikan (*independent sample t test*, $p < 0,05$). Untuk lama perendaman 2 jam, penurunan rata-rata kadar logam berat Cd dalam kerang batik adalah sebesar $0,47 \pm 0,19$ mg/kg atau kadar logam berat Cd dalam kerang batik turun hingga 33,84% dari nilai awal. Hasil uji statistik menyatakan bahwa kadar Cd dalam kerang batik sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 2 jam berbeda secara signifikan (*independent sample t test*, $p < 0,05$).

Tabel 5.4. Rata-rata penurunan kadar Cd dalam kerang setelah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam dan 2 jam

Jenis kerang	Lama perlakuan (jam)	Rata-rata penurunan kadar Cd (mg/kg)
Kerang darah	1	$0,49 \pm 0,06$
	2	$0,59 \pm 0,10$
Kerang batik	1	$0,43 \pm 0,20$
	2	$0,47 \pm 0,19$

Rata-rata penurunan kadar Cd dalam kerang setelah mengalami perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam dan 2 jam ditabelkan pada Tabel 5.4. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa melalui perendaman dalam larutan asam cuka 25% dengan waktu yang berbeda mampu menurunkan kadar Cd dalam kerang, baik pada kerang darah ataupun pada kerang batik dan kadar Cd yang terkandung dalam kerang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan, yaitu di bawah 1 mg/kg berat bersih.

V.4.5. Kandungan Protein dalam Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 25%

Hasil pengukuran rata-rata kandungan protein pada sampel kerang darah setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $12,19 \pm 0,45\text{g}\%$. Bila dibandingkan dengan kandungan protein dalam 100 gram kerang menurut Sediaoetama (1999) yaitu sekitar 8 g%, nilai ini masih jauh di atasnya.

Setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam terdapat penurunan rata-rata kandungan protein kerang darah sebesar $0,28 \pm 0,24 \text{ g}\%$ atau kandungan protein kerang darah turun hingga 97,08% dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji statistik, kandungan protein kerang darah sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam tidak berbeda (*independent sample t test*, $p > 0,05$). Untuk lama perendaman 2 jam, penurunan rata-rata kandungan protein kerang darah adalah sebesar $0,29 \pm 0,90 \text{ g}\%$ atau kandungan protein kerang darah turun hingga 97,22% dari nilai awal. Hasil uji statistik menyatakan bahwa kandungan protein kerang darah sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 2 jam tidak terdapat perbedaan (*independent sample t test*, $p > 0,05$).

Hasil pengukuran rata-rata kandungan protein pada sampel kerang batik setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $12,19 \pm 0,61 \text{ g}\%$. Bila dibandingkan dengan kandungan protein dalam 100 gram kerang menurut Sediaoetama (1999) yaitu sekitar 8 g%, nilai ini masih jauh di atasnya.

Setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam terdapat penurunan rata-rata kandungan protein kerang batik sebesar $0,66 \pm 0,67 \text{ g}\%$ atau kandungan protein kerang batik turun hingga 71,08% dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji statistik, kandungan protein kerang batik sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam tidak berbeda (*independent sample t test*, $p > 0,05$). Untuk lama perendaman 2 jam, penurunan rata-rata kandungan protein kerang batik adalah sebesar $0,12 \pm 0,49 \text{ g}\%$ atau kandungan protein kerang batik turun hingga 74,29% dari nilai awal. Hasil uji statistik menyatakan bahwa kandungan protein kerang batik sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 2 jam tidak berbeda (*independent sample t test*, $p > 0,05$).

Tabel 5.5. Rata-rata penurunan kandungan protein kerang setelah perendaman larutan asam cuka 25% selama 1 jam dan 2 jam

Jenis kerang	Lama perlakuan (jam)	Rata-rata penurunan kandungan protein (g%)
Kerang darah	1	0,28 ± 0,24
	2	0,29 ± 0,90
Kerang batik	1	0,66 ± 0,67
	2	0,12 ± 0,49

Rata-rata penurunan kandungan protein kerang setelah mengalami perendaman dalam larutan asam cuka 25% selama 1 jam dan 2 jam ditabelkan pada Tabel 5.5. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa melalui perendaman dalam larutan cuka 25% dengan waktu yang berbeda dapat menurunkan kandungan protein kerang. Namun seperti telah dijelaskan pada bagian sebelumnya kandungan protein kerang setelah mengalami perendaman dalam larutan asam cuka 25% masih di atas nilai rata-rata kandungan protein kerang pada umumnya, dan berdasarkan uji statistik *independent sample t test* kandungan protein sebelum dan sesudah direndam dalam larutan asam cuka 25% tidak berbeda secara signifikan.

V.4.6. Keadaan Organoleptik Kerang setelah Perendaman dalam Larutan Asam Cuka 25%

Keadaan organoleptik dinilai dari 3 aspek, yaitu dengan modalitas indera pengelihatan, peraba dan penciuman. Hasil penilaian keadaan organoleptik kerang setelah mengalami perendaman dalam larutan asam cuka 25% ditabelkan pada Tabel 5.6.

Dari Tabel 5.6. tampak bahwa dengan perlakuan perendaman dalam larutan asam cuka 25% terjadi perubahan organoleptik pada kerang. Tekstur yang mengeras dapat diperbaiki pada saat pengolahan dengan cara memasaknya dengan pemberian air yang banyak dengan waktu yang agak lama. Sedangkan untuk bau asam cuka yang agak menyengat dapat diperbaiki dengan melakukan pencucian dengan air panas sehingga bau asam cuka dapat sedikit hilang.

Tabel 5.6. Hasil Penilaian Organoleptik Kerang Setelah Direndam dalam Larutan Asam Cuka 25%.

Jenis Kerang	Lama perendaman (jam)	Wama	Tekstur	Bau	Keadaan organoleptik kerang
Kerang darah	1	Merah, pucat	Keras	Tidak berbau	Ada perubahan organoleptik
	2	Merah, pucat	Keras	Berbau asam cuka	Ada perubahan organoleptik
Kerang batik	1	Putih-coklat, pucat	Keras	Berbau asam cuka	Ada perubahan organoleptik
	2	Putih-coklat, pucat	Keras	Berbau asam cuka	Ada perubahan organoleptik

V.4.7. Efektivitas Larutan Asam Cuka

Perendaman kerang dalam larutan asam cuka yang efektif bila diperoleh penurunan kadar Cd dalam kerang telah memenuhi persyaratan yaitu berdasarkan ketentuan Pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No: kep 17/Men/2004 tentang Sistem Sanitasi Keekerangan Indonesia yang menetapkan kandungan maksimum Cd dalam kerang yang dikonsumsi, yaitu sebesar 1 mg/kg berat bersih, dan penurunan kandungan protein dalam kerang relatif kecil atau tidak signifikan. Untuk menganalisis keefektifan larutan asam cuka dilakukan pentabelan hasil uji beda dan uji statistik *anova multivariate*. Hasil uji beda dengan menggunakan *independent sample t test* akan lebih jelas bila ditabelkan (Tabel 5.7 dan 5.8).

Tabel 5.7. Rangkuman Hasil Analisis Uji Beda Kadar Logam Berat Cd pada Berbagai Variasi Perlakuan

Jenis Kerang	Variasi Konsentrasi asam cuka (%)	Variasi Waktu Perendaman (jam)	P	Hasil analisis uji beda
Kerang Darah	12,5	1	0,019	Berbeda nyata
		2	0,000	Berbeda nyata
	25	1	0,000	Berbeda nyata
		2	0,000	Berbeda nyata
Kerang Batik	12,5	1	0,242	Tidak berbeda
		2	0,015	Berbeda nyata
	25	1	0,005	Berbeda nyata
		2	0,003	Berbeda nyata

Tabel 5.8. Rangkuman Hasil Analisis Uji Beda Kandungan Protein pada Berbagai Variasi Perlakuan

Jenis Kerang	Variasi Konsentrasi asam cuka (%)	Variasi Waktu Perendaman (jam)	p	Hasil analisis uji beda
Kerang Darah	12,5	1	0,148	Tidak berbeda
		2	0,570	Berbeda nyata
	25	1	0,389	Tidak berbeda
		2	0,325	Tidak berbeda
Kerang Batik	12,5	1	0,504	Tidak berbeda
		2	0,154	Tidak berbeda
	25	1	0,085	Tidak berbeda
		2	0,777	Tidak berbeda

Berdasarkan uji statistik *anova multivariate* didapatkan penurunan kadar Cd dalam kerang darah dengan variasi waktu perendaman 1 dan 2 jam memang berbeda. Hal ini ditunjukkan dengan hasil p yang lebih kecil dari 0,05. Sedangkan untuk penurunan kandungan proteinnya tidak terdapat perbedaan. Hal ini ditunjukkan dengan hasil p yang lebih besar dari 0,05.

Melalui uji statistik *anova multivariate* pula, didapatkan bahwa tidak terdapat perbedaan pada interaksi kedua variabel bebasnya yaitu konsentrasi larutan asam cuka dan waktu perendaman. Berdasarkan hasil tersebut, perendaman kerang darah dengan larutan asam cuka yang dianjurkan adalah menggunakan larutan asam cuka dengan konsentrasi 25%. Sedangkan untuk lama perendaman, sebaiknya digunakan waktu perendaman selama 2 jam.

Dengan menggunakan uji statistik *anova multivariate* didapatkan penurunan kadar Cd dalam kerang batik dengan variasi waktu perendaman 1 dan 2 jam memang berbeda. Hal ini ditunjukkan dengan hasil p yang lebih kecil dari 0,05. Sedangkan untuk penurunan kandungan proteinnya tidak terdapat perbedaan. Hal ini ditunjukkan dengan hasil p yang lebih besar dari 0,05.

Melalui uji statistik *anova multivariate* pula, didapatkan bahwa tidak ada perbedaan antara interaksi kedua variabel bebasnya yaitu konsentrasi larutan asam cuka dan waktu perendaman untuk variabel tergantung kandungan protein, namun didapatkan ada perbedaan pada interaksi kedua variabel bebasnya untuk variabel tergantung kadar logam berat Cd dalam kerang batik. Berdasarkan hasil tersebut, perendaman kerang batik dengan larutan asam cuka yang dianjurkan adalah menggunakan larutan asam cuka dengan konsentrasi 25% selama 2 jam.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

1. Hasil pengukuran kadar logam berat Cd pada kerang darah sebelum perendaman dalam larutan asam cuka rata-rata sebesar $1,42 \pm 0,02$ mg/kg, sedangkan untuk kerang batik, rata-rata sebesar $0,71 \pm 0,19$ mg/kg. Hasil pengukuran protein dalam 100 gram kerang darah sebelum perendaman dalam larutan asam cuka rata-rata sebesar $12,55 \pm 0,43$ g%, sedangkan pada kerang batik rata-rata sebesar $12,64 \pm 0,44$ g%. Keadaan organoleptik kerang berbau amis, teksturnya lunak namun kenyal, untuk daging kerang darah berwarna merah kecoklatan dan kerang batik berwarna putih kecoklatan.
2. Hasil pengukuran kadar logam berat Cd dalam kerang darah setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar $1,12 \pm 0,13$ mg/kg dan setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $0,88 \pm 0,07$ mg/kg. Pada kerang batik kadar logam berat Cd setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar $12,19 \pm 0,45$ g% dan setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $12,19 \pm 0,61$ g%. Untuk kondisi organoleptiknya juga mengalami perubahan, yaitu berbau asam cuka, lebih keras dan kenyal serta warna kerang relatif agak pucat.
3. Larutan asam cuka dengan konsentrasi 25% dan lama perendaman 2 jam efektif untuk menurunkan kadar logam berat dalam kerang batik maupun kerang darah, dengan kandungan protein yang tidak berbeda.

VI.2. Saran

1. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut kadar logam berat lainnya seperti merkuri (Hg), timah hitam (Pb), dan tembaga (Cu) dalam jenis biota laut lainnya.
2. Untuk mengetahui kemampuan larutan asam cuka sebagai *chelating agent* sebaiknya dilakukan perlakuan perendaman kerang dalam air bersih sebagai larutan blanko.
3. Untuk dapat menganalisa lebih lanjut kandungan protein dalam kerang, dapat dilakukan pemeriksaan kandungan protein menggunakan metode lain. Pemeriksaan kandungan protein dengan metode destruksi Kyedahl seperti yang dilakukan dalam penelitian ini, kandungan protein ditentukan melalui penentuan nitrogen total (N) yang terdapat dalam kerang.

4. Higiene sanitasi dalam pengolahan kerang menjadi makanan yang lezat dan bergizi harus dilakukan dengan seksama, mengingat tempat hidup kerang biasanya pada daerah berlumpur dimana lumpur atau sedimen tersebut merupakan tempat menumpuknya polutan, terlebih bila diduga daerah pantai telah tercemar. Usaha higiene tersebut antara lain adalah dengan mencuci kerang sampai bersih, merendamnya terlebih dahulu dalam larutan cuka ataupun larutan lainnya yang bersifat asam dan merebusnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andoko, Agus. 2005. Pusat Belanja Tas dan Koper. *Suara Karya Online*. <http://www.suarakarya-online.com/news.html?id=37773>. Tanggal sitasi 20 April 2005.
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- FAO, 2007. *Species fact sheets of Anadara granosa* (Linnaeus, 1758) www.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=species&fid=3503. Tanggal sitasi 2 Oktober 2007.
- ILO/WHO. 1992. *Environmental Health Criteria 135 Cadmium. Environmental Aspects*. WHO. Geneva.
- Keman, Soedjadi. 1998. Pencemaran Lingkungan dan Deteksi Dininya. *Seminar Sehari tentang Efek Pencemaran Lingkungan terhadap Kesehatan Sistem Reproduksi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Unair. Surabaya.
- Kimbal, J.W., 1999. *Biologi*. Jilid 3. Edisi ke lima. Alih bahasa : Siti Soetarmi dan Nawangsari Sugiri. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Lasut, M.T., 2002. Metallothionein': suatu parameter kunci yang penting dalam penetapan Baku Mutu Air Laut (BMAL) Indonesia. *Ekoton Vol. 2, No. 1: 61-68*, April 2002.
- Malaka, Tan, 1996. *Biomonitoring*. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Moesriati, Atiek. 1995. Pengaruh Logam Berat Cd dalam Ikan dan Kerang terhadap Kesehatan Masyarakat Nelayan di Kelurahan Sukolilo Kecamatan Kenjeran. *Tesis. Pascasarjana, Unair. Surabaya*.
- Ochere, Fred A. 2003. Heavy Metals Concentrations and Burden in The Bivalves (*Anadara (Senilia) senilis*, *Crassostrea tulipa* and *Perna perna*) from Lagoons in Ghana: Model to Describe Mechanism of Accumulation/Excretion. *African Journal of Biotechnology Vol.2 (9)*. <http://www.academicjournals.org/>. Tanggal sitasi 20 April 2005.
- Palar, Heryando. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pikir, Suharno. 1993. Sedimen dan Kerang sebagai Indikator adanya Logam Berat Cd, Hg, dan Pb dalam Pencemaran di Lingkungan Estuari. *Disertasi. Pascasarjana, Unair. Surabaya*.
- Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan, 2007. Kerang Darah. Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. <http://www.pipp.dkp.go.id/pipp2/species.html?idkat=7&idsp=213>. Tanggal sitasi 12 April 2007.

- Sari, Fitri Indah dan Soedjajadi Keman. 2005, Efektifitas Larutan Asam Cuka untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Cadmium dalam Daging Kerang Bulu. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 1 No. 2*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Unair. Surabaya.
- Sediaoetama, Achmad Djaeni. 1996. *Ilmu Gizi untuk Mahasiswa dan Profesi. Jilid I*. Dian Rakyat. Jakarta.
- Sediaoetama, Achmad Djaeni. 1999. *Ilmu Gizi untuk Mahasiswa dan Profesi. Jilid II*. Dian Rakyat. Jakarta.
- Singapore Science Centre, 2007. *A Guide to Seashore Life*. <http://mangrove.nus.edu.sg/pub/seashore/text/156.htm>. Tanggal sitasi 2 Oktober 2007.
- Sulistiyorini, Lilis, J. Mukono, Ririh Yudhastuti, 2000. Analisis Kadar Cd pada Ikan Konsumsi dan Pengaruhnya pada Kesehatan Masyarakat yang Mengonsumsi Ikan di Kotamadya Surabaya. *Jurnal Penelitian Universitas Airlangga Vol. 8 No. 1*. Surabaya.
- Suzuki, S., H. Koyama, T. Hattori, T. Kawada, I.F. Rivai, 1988. Daily intake of Cadmium : An ecological view. *Proceeding Asia-Pasific Symposium on Environmental and Occupational Toxicology. No. 8. 1988*. International Center of Medical Research Kobe University. School of Medicine. Kobe.
- WHO, 2000. *Bahaya Bahan Kimia pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. Alih bahasa : Palupi Widyastuti. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Yudhastuti, Ririh, Lilis Sulistiyorini, Windhu Purnomo, 1998. Pengaruh Logam Berat Hg, Cd dan Pb pada Ikan Konsumsi Terhadap Kesehatan Masyarakat di Kotamadya Surabaya. *Laporan Penelitian*, Lembaga Penelitian Unair. Surabaya.

LAMPIRAN

CARA KERJA LOGAM BERAT
(Pb,Cd,Cu,Zn,Sn,dan Lain – Lain)

1. Pipet Darah \pm 3 ml , dan masukkan kedalam tabung Nessler.
2. Kemudian bahan ditambah H_2SO_4 pekat 1ml dan ditambah Campuran HNO_3 pekat : PERCLORAT pekat (3 : 2) sebanyak 5 ml.
3. Biarkan semalam biar larutan hancur/Larut sempurna.
4. Kemudian Didektruksi didalam Oil Bath suhu antara 200 – 400 °C
5. Setelah Bahan didektruksi sampai jernih / sempurna Kemudian dinginkan pada suhu kamar.
6. Tambahkan Aquadest bebas dari logam berat sampai tanda pada tabung Nessler.
7. Kemudian Baca di AAS.

PERHITUNGAN :

$$\frac{1000}{\text{Berat Contoh}} \times \frac{50}{1000} \times \text{Const AAS} = \text{mg/kg (ppm)}$$



Surabaya, 04 Desember 2007

er : 811 / 051 / Bhn / XII / 2007
 s bahan : KERANG DAN AIR
 rim oleh : **IBU RETNO**
 FKM UNAIR SURABAYA
 nbil oleh : Yang bersangkutan
 rima di BBLK tgl: 19 Nopember 2007

HASIL ANALISA KIMIA

BAHAN/KODE	CADMIUM (mg/kg)	NO	KODE BAHAN	CADMIUM (mg/kg)
ERANG 1BC0.1	0,903	1	KERANG 2BC0.1	0,549
ERANG 1BC0.1	0,847	2	KERANG 2BC0.1	0,523
ERANG 1BC1.1	0,728	3	KERANG 2BC1.1	0,495
ERANG 1BC1.2	0,524	4	KERANG 2BC1.2	0,482
ERANG 1BC2.1	0,388	5	KERANG 2BC2.1	0,396
ERANG 1BC2.2	0,312	6	KERANG 2BC2.2	0,377
ERANG 1BC3.1	0,274	7	KERANG 2BC3.1	0,284
ERANG 1BC3.2	0,266	8	KERANG 2BC3.2	0,259
ERANG 1BC4.1	0,259	9	KERANG 2BC4.1	0,234
ERANG 1BC4.2	0,234	10	KERANG 2BC4.2	0,228
R 1BARC	0,056	11	AIR 2BARC	0,032
ERANG 1DC0.1	1,426	1	KERANG 2DC0.1	1,442
ERANG 1DC1.1	1,325	2	KERANG 2DC0.1	1,394
ERANG 1DC1.2	1,075	3	KERANG 2DC1.1	1,225
ERANG 1DC2.1	1,008	4	KERANG 2DC1.2	1,208
ERANG 1DC2.2	0,980	5	KERANG 2DC2.1	1,139
ERANG 1DC3.1	0,953	6	KERANG 2DC2.2	0,980
ERANG 1DC3.2	0,892	7	KERANG 2DC3.1	0,962
ERANG 1DC4.1	0,871	8	KERANG 2DC3.2	0,894
ERANG 1DC4.2	0,739	9	KERANG 2DC4.1	0,878
R AC	0,082	10	KERANG 2DC4.2	0,856
R 1DARC	0,042	11	AIR 2DARC	0,040

BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA

u.n. Manajer Teknis,



DWI ENDAH PUSPITASARI, S.Si, Apt

NIP. 140 349 803



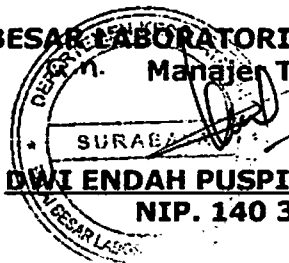
Surabaya, 04 Desember 2007

er : 811 / 051 / Bhn / XII / 2007
 s bahan : KERANG DAN AIR
 rim oleh : **IBU RETNO**
FKM UNAIR SURABAYA
 nbil oleh : Yang bersangkutan
 rima di BBLK tgl: 19 Nopember 2007

HASIL ANALISA KIMIA

BAHAN/KODE	PROTEIN (%)	NO	KODE BAHAN	PROTEIN (%)
ERANG 1BP0.1	12,64	1	KERANG 2BP0.1	13,04
ERANG 1BP0.1	12,02	2	KERANG 2BP0.1	12,84
ERANG 1BP1.1	13,24	3	KERANG 2BP1.1	12,29
ERANG 1BP1.2	12,18	4	KERANG 2BP1.2	11,73
ERANG 1BP2.1	11,74	5	KERANG 2BP2.1	11,86
ERANG 1BP2.2	11,55	6	KERANG 2BP2.2	12,92
ERANG 1BP3.1	12,56	7	KERANG 2BP3.1	11,46
ERANG 1BP3.2	11,80	8	KERANG 2BP3.2	12,08
ERANG 1BP4.1	11,78	9	KERANG 2BP4.1	13,24
ERANG 1BP4.2	12,12	10	KERANG 2BP4.2	12,92
IR 1BARP	2,42	11	AIR 2BARP	3,64
ERANG 1DP0.1	12,06	1	KERANG 2DP0.1	12,88
ERANG 1DP1.1	11,86	2	KERANG 2DP0.1	12,70
ERANG 1DP1.2	11,72	3	KERANG 2DP1.1	11,56
ERANG 1DP2.1	11,49	4	KERANG 2DP1.2	12,64
ERANG 1DP2.2	12,17	5	KERANG 2DP2.1	11,79
ERANG 1DP3.1	11,52	6	KERANG 2DP2.2	12,04
ERANG 1DP3.2	12,64	7	KERANG 2DP3.1	12,64
ERANG 1DP4.1	12,80	8	KERANG 2DP3.2	11,92
ERANG 1DP4.2	12,07	9	KERANG 2DP4.1	11,88
IR AP	3,66	10	KERANG 2DP4.2	12,04
IR 1DARP	3,49	11	AIR 2DARP	2,97

BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA



DWI ENDAH PUSPITASARI, S.Si, Apt
NIP. 140 349 803

Lampiran 2. Hasil analisis statistik

A. Independent sample t test

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	1	3	1.42067	.024440	.014111
	2	4	1.20825	.102740	.051370

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	1.459	.281	3.431	5	.019	.21242	.061918	.053252	.371582
	Equal variances not assumed			3.987	3.440	.022	.21242	.053273	.054519	.370315

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	1	3	1.42067	.024440	.014111
	3	4	1.02675	.075988	.037994

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	2.536	.172	8.475	5	.000	.39392	.046480	.274437	.513397
	Equal variances not assumed			9.719	3.777	.001	.39392	.040530	.278717	.509117

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	1	3	1.42067	.024440	.014111
	4	4	.92525	.037429	.018714

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	6.212	.055	19.743	5	.000	.49542	.025094	.430911	.559922
	Equal variances not assumed			21.137	4.971	.000	.49542	.023438	.435061	.555773

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	1	3	1.42067	.024440	.014111
	5	4	.83600	.065315	.032657

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	2.225	.196	14.471	5	.000	.58467	.040404	.480805	.688528
	Equal variances not assumed			16.435	4.015	.000	.58467	.035575	.486037	.683296

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	6	4	.70550	.197338	.098669
	7	4	.55725	.115179	.057590

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	6.767	.041	1.298	6	.242	.14825	.114246	-.131300	.427800
	Equal variances not assumed			1.298	4.831	.253	.14825	.114246	-.148537	.445037

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	6	4	.70550	.197338	.098669
	8	4	.36825	.038300	.019150

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	76.318	.000	3.355	6	.015	.33725	.100510	.091310	.583190
	Equal variances not assumed			3.355	3.226	.039	.33725	.100510	.029677	.644823

F-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	6	4	.70550	.197338	.098669
	9	4	.27075	.010751	.005375

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	157.545	.000	4.400	6	.005	.43475	.098815	.192957	.676543
	Equal variances not assumed			4.400	3.018	.022	.43475	.098815	.121323	.748177

F-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	6	4	.70550	.197338	.098669
	10	4	.23875	.013793	.006897

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	147.485	.000	4.719	6	.003	.46675	.098910	.224726	.708774
	Equal variances not assumed			4.719	3.029	.018	.46675	.098910	.153691	.779809

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	11	3	12.54667	.430968	.248819
	12	4	11.94500	.479270	.239635

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
HASIL	Equal variances assumed	.017	.900	1.710	5	.148	.60167	.351757	-.302553	1.505886
	Equal variances not assumed			1.742	4.722	.145	.60167	.345451	-.302280	1.505614

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	11	3	12.54667	.430968	.248819
	13	4	11.87250	.299819	.149910

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
HASIL	Equal variances assumed	.664	.452	2.465	5	.057	.67417	.273496	-.028876	1.377210
	Equal variances not assumed			2.321	3.415	.092	.67417	.290489	-.189828	1.538161

Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	11	3	12.54667	.430968	.248819
	14	4	12.18000	.555698	.277849

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	1.161	.330	.942	5	.389	.36667	.389124		-.633609	1.366943
	Equal variances not assumed			.983	4.958	.371	.36667	.372976		-.594542	1.327876

Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	11	3	12.54667	.430968	.248819
	15	4	12.19750	.410234	.205117

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	.023	.885	1.092	5	.325	.34917	.319750		-.472776	1.171109
	Equal variances not assumed			1.083	4.314	.336	.34917	.322466		-.521032	1.219366

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	16	4	12.63500	.441324	.220662
	17	4	12.36000	.634718	.317359

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	.329	.587	.711	6	.504	.27500	.386534	-.670814	1.220814
	Equal variances not assumed			.711	5.351	.507	.27500	.386534	-.699320	1.249320

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	16	4	12.63500	.441324	.220662
	18	4	12.01750	.615054	.307527

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HASIL	Equal variances assumed	.471	.518	1.631	6	.154	.61750	.378503	-.308664	1.543664
	Equal variances not assumed			1.631	5.442	.159	.61750	.378503	-.332184	1.567184

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	16	4	12.63500	.441324	.220662
	19	4	11.97500	.465152	.232576

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
HASIL	.045	.840	2.059	6	.085	.66000	.320598	-.124476	1.44447
Equal variances not assumed			2.059	5.983	.085	.66000	.320598	-.125001	1.44500

T-Test

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HASIL	16	4	12.63500	.441324	.220662
	20	4	12.51500	.679681	.339841

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
HASIL	2.525	.163	.296	6	.777	.12000	.405195	-.871477	1.11147
Equal variance not assumed			.296	5.148	.779	.12000	.405195	-.912655	1.15265

B. Two way Anova (Multivariate)

General Linear Model

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
KONSCUKA	1	12,5	8
	2	25	8
WAKTU	1	1 jam	8
	2	2 jam	8

Multivariate Tests^b

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.999	6703.248 ^a	2.000	11.000	.000
	Wilks' Lambda	.001	6703.248 ^a	2.000	11.000	.000
	Hotelling's Trace	1218.772	6703.248 ^a	2.000	11.000	.000
	Roy's Largest Root	1218.772	6703.248 ^a	2.000	11.000	.000
KONSCUKA	Pillai's Trace	.779	19.391 ^a	2.000	11.000	.000
	Wilks' Lambda	.221	19.391 ^a	2.000	11.000	.000
	Hotelling's Trace	3.526	19.391 ^a	2.000	11.000	.000
	Roy's Largest Root	3.526	19.391 ^a	2.000	11.000	.000
WAKTU	Pillai's Trace	.527	6.119 ^a	2.000	11.000	.016
	Wilks' Lambda	.473	6.119 ^a	2.000	11.000	.016
	Hotelling's Trace	1.113	6.119 ^a	2.000	11.000	.016
	Roy's Largest Root	1.113	6.119 ^a	2.000	11.000	.016
KONSCUKA * WAKTU	Pillai's Trace	.117	.729 ^a	2.000	11.000	.504
	Wilks' Lambda	.883	.729 ^a	2.000	11.000	.504
	Hotelling's Trace	.133	.729 ^a	2.000	11.000	.504
	Roy's Largest Root	.133	.729 ^a	2.000	11.000	.504

a. Exact statistic

b. Design: Intercept+KONSCUKA+WAKTU+KONSCUKA * WAKTU

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	CDDARAH	.306 ^a	3	.102	18.564	.000
	PRODARAH	.325 ^b	3	.108	.543	.662
Intercept	CDDARAH	15.970	1	15.970	2904.068	.000
	PRODARAH	2322.758	1	2322.758	11662.139	.000
KONSCUKA	CDDARAH	.224	1	.224	40.813	.000
	PRODARAH	.314	1	.314	1.575	.233
WAKTU	CDDARAH	.073	1	.073	13.330	.003
	PRODARAH	.003	1	.003	.015	.904
KONSCUKA * WAKTU	CDDARAH	.009	1	.009	1.548	.237
	PRODARAH	.008	1	.008	.041	.844
Error	CDDARAH	.066	12	.005		
	PRODARAH	2.390	12	.199		
Total	CDDARAH	16.342	16			
	PRODARAH	2325.473	16			
Corrected Total	CDDARAH	.372	15			
	PRODARAH	2.715	15			

a. R Squared = .823 (Adjusted R Squared = .778)

b. R Squared = .120 (Adjusted R Squared = -.100)

General Linear Model

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
KONSCUKA	1	12.5	8
	2	25	8
WAKTU	1	1 jam	8
	2	2 jam	8

Multivariate Tests^b

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.998	3116.387 ^a	2.000	11.000	.000
	Wilks' Lambda	.002	3116.387 ^a	2.000	11.000	.000
	Hotelling's Trace	566.616	3116.387 ^a	2.000	11.000	.000
	Roy's Largest Root	566.616	3116.387 ^a	2.000	11.000	.000
KONSCUKA	Pillai's Trace	.834	27.589 ^a	2.000	11.000	.000
	Wilks' Lambda	.166	27.589 ^a	2.000	11.000	.000
	Hotelling's Trace	5.016	27.589 ^a	2.000	11.000	.000
	Roy's Largest Root	5.016	27.589 ^a	2.000	11.000	.000
WAKTU	Pillai's Trace	.601	8.289 ^a	2.000	11.000	.006
	Wilks' Lambda	.399	8.289 ^a	2.000	11.000	.006
	Hotelling's Trace	1.507	8.289 ^a	2.000	11.000	.006
	Roy's Largest Root	1.507	8.289 ^a	2.000	11.000	.006
KONSCUKA * WAKTU	Pillai's Trace	.357	3.048 ^a	2.000	11.000	.088
	Wilks' Lambda	.643	3.048 ^a	2.000	11.000	.088
	Hotelling's Trace	.554	3.048 ^a	2.000	11.000	.088
	Roy's Largest Root	.554	3.048 ^a	2.000	11.000	.088

a. Exact statistic

b. Design: Intercept+KONSCUKA+WAKTU+KONSCUKA * WAKTU

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	CDBATIK	.247 ^a	3	.082	21.858	.000
	PROBATIK	.830 ^b	3	.277	.759	.539
Intercept	CDBATIK	2.059	1	2.059	547.703	.000
	PROBATIK	2388.033	1	2388.033	6544.834	.000
KONSCUKA	CDBATIK	.173	1	.173	46.029	.000
	PROBATIK	.013	1	.013	.035	.855
WAKTU	CDBATIK	.049	1	.049	12.990	.004
	PROBATIK	.039	1	.039	.107	.749
KONSCUKA * WAKTU	CDBATIK	.025	1	.025	6.556	.025
	PROBATIK	.779	1	.779	2.134	.170
Error	CDBATIK	.045	12	.004		
	PROBATIK	4.378	12	.365		
Total	CDBATIK	2.351	16			
	PROBATIK	2393.241	16			
Corrected Total	CDBATIK	.292	15			
	PROBATIK	5.209	15			

a. R Squared = .845 (Adjusted R Squared = .807)

b. R Squared = .159 (Adjusted R Squared = -.051)

General Linear Model

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
KONSCUKA	1	12,5	8
	2	25	8
WAKTU	1	1 jam	8
	2	2 jam	8

Descriptive Statistics

	KONSCUKA	WAKTU	Mean	Std. Deviation	N
CDBATIK	12,5	1 jam	.55725	.115179	4
		2 jam	.36825	.038300	4
		Total	.46275	.128531	8
	25	1 jam	.27075	.010751	4
		2 jam	.23875	.013793	4
		Total	.25475	.020583	8
Total	1 jam	.41400	.170842	8	
	2 jam	.30350	.074174	8	
	Total	.35875	.139442	16	
PROBATIK	12,5	1 jam	12.36000	.634718	4
		2 jam	12.01750	.615054	4
		Total	12.18875	.606876	8
	25	1 jam	11.97500	.465152	4
		2 jam	12.51500	.679681	4
		Total	12.24500	.611579	8
Total	1 jam	12.16750	.554739	8	
	2 jam	12.26625	.656374	8	
	Total	12.21688	.589290	16	

Box's Test of Equality of Covariance Matrices^a

Box's M	26.037
F	2.007
df1	9
df2	1650.212
Sig.	.035

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept+KONSCUKA+WAKTU+KONSCUKA * WAKTU

