

**PENENTUAN KADAR LOGAM TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu)
PADA IKAN BELANAK DAN KEPITING RAJUNGAN DI PERAIRAN
BENOA KABUPATEN BADUNG SECARA SPEKTROSKOPI SERAPAN
ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**Oleh:
ALIVIA HUSIN
NIM. 17630052**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**PENENTUAN KADAR LOGAM TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu)
PADA IKAN BELANAK DAN KEPITING RAJUNGAN DI PERAIRAN
BENOA KABUPATEN BADUNG SECARA SPEKTROSKOPI SERAPAN
ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**Oleh:
ALIVIA HUSIN
NIM. 17630052**

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

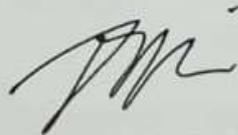
**PENENTUAN KADAR LOGAM TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu)
PADA IKAN BELANAK DAN KEPITING RAJUNGAN DI PERAIRAN
BENOA KABUPATEN BADUNG SECARA SPEKTROSKOPI SERAPAN
ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**Oleh:
ALIVIA HUSIN
NIM. 17630052**

**Telah Disetujui dan Disahkan
Tanggal 22 Juni 2022**

Pembimbing I



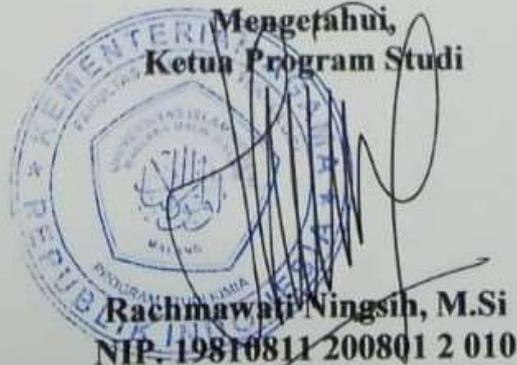
**Diana Candra Dewi, M.Si
NIP. 19770720 200312 2 001**

Pembimbing II



**Rif'atul Mahmudah, M. Si
NIDT. 19830125 20160801 2 068**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

**PENENTUAN KADAR LOGAM TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu)
PADA IKAN BELANAK DAN KEPITING RAJUNGAN DI PERAIRAN
BENOA KABUPATEN BADUNG SECARA SPEKTROSKOPI SERAPAN
ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**Oleh:
ALIVIA HUSIN
NIM. 17630052**

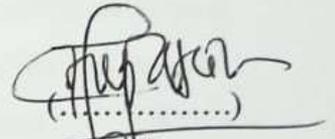
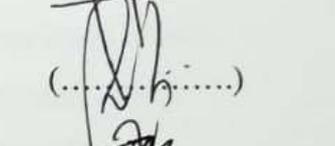
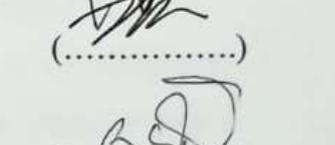
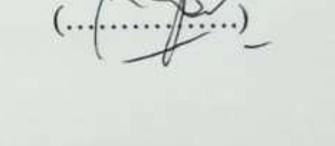
**Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 21 Juni 2022**

**Ketua Penguji : Dr. Anton Prasetyo, M. Si
NIP.19770925 200604 1 003**

**Anggota Penguji I : Elok Kamilah Hayati, M. Si
NIP. 19790620 200604 2 002**

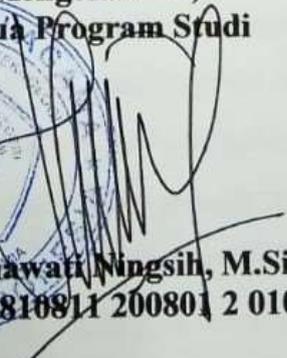
**Anggota Penguji II : Diana Candra Dewi, M. Si
NIP. 19770720 200312 2 001**

**Anggota Penguji III : Rif'atul Mahmudah, M. Si
NIDT. 19830125 20160801 2 068**


.....

.....

.....

.....

**Mengesahkan,
Ketua Program Studi**




**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Allah SWT karena tanpa rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Kedua orangtua (Bapak Husein Marekan dan Ibu Nurhayati) yang telah memberikan kekuatan baik secara batin maupun finansial. Juga cinta kasih serta do'a dan pelajaran hidup yang tiada henti selalu diberikan.

Abah (Bapak Abdul Latif) yang selalu memberi wejangan di tiap ada kesempatan. Tidak lupa untuk adik-adik (Aisyah Putri Sabrina, Alya Nabila Arumi, dan Sayyid Hasan al-Latify) yang telah memotivasi agar cepat menyelesaikan masa studi.

Seluruh keluarga besar yang selalu bertanya “Kapan Lulus?”.

Teman-teman penelitian di Laboratorium Analitik.

Teman-teman “~~eendol dawet~~, ~~dilarang ghibah~~, ~~dilarang hasud~~” (Aninda Quinsy Aurentia, Dhema Phisella Bayu Martha, Ahmad Darul Fikri Khowas, Fuad Fahni Ladarama, Nuriyah Sulkha, Muhammad Ilham Kusuma Winahyu, Silvia Usmania, Suci Noerfaiqatul Himmah, Taufiqqurahman, dan Muhammad Khairul Umami) apapun nanti nama perkumpulan ini yang telah saling memotivasi dan menguatkan untuk segera menyelesaikan penelitian.

Teman-teman “*Meyeng-meyeng*” (Ayin, Doel, Ighin, Iin, Kapten Fuad, Nazda, Nuying, Mpil, Ocey, Opik, Paus, Rozin, Shofi, Tami, Yayan, dan Yazid).

Teman-teman “Gogrokane Renggingang” (Nuriyah Sulkha, Aninda Quinsy Aurentia, Elza Nurhidayati, Erlina Novita Sari, Jerfy Anggata, K. A., Mirthawati Bella Putri, Puspa Sari, Raniqul, Ria Febrianti, Silvia Usmania, Intan Irmawati, dan Dhea Virta Tessa Lonicha) yang selalu membantu dari masa perkuliahan hingga saat ini.

Teman-teman “PKL Unch-unch” (Nuriyah Sulkha dan Suci Noerfaiqatul Himmah) yang sudah mendengarkan keluah kesah sepanjang waktu dan selalu menemani dikala suka maupun duka.

Teman-teman “GRATIS, NEON, HIMASKA HELIUM, DIRGANTARA” yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Teman-teman SEMA Universitas (Adip, Mursyid, Tsania, dan Hafid) yang menjadi motivasi meskipun lewat cibiran.

Anak-anak “DPO-ku Keren” (M. Yusril Ihza Mastury, Diajeng Nadia, M. P., Imanuddin, Afifatul Fikriyah, Rista, Santi Magfiroh, dan Kanty Maryani) Tujuh anggota BTS (Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoesok, Park Jimin, Kim Taehyung, dan Jeon Jungkook) yang memotivasi saya untuk dapat menyelesaikan studi baik melalui lagu maupun perilaku.

Bapak dan ibu kantin SAINTEK yang selalu menyediakan makanan enak.

Mbak safira yang selalu membantu melancarkan urusan print-print naskah.

Muhammad Ilham Kusuma Winahyu yang selalu ada, sabar menerima keras kepalaku ini, bantu revisi naskah dari proposal samapai skripsi dan semoga ada ending yang baik kelak untuk cerita ini.

Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for all doing this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for just being me at all times.

“Motto”

“Kerumitan dalam hidup adalah cara **Allah untuk menggiring manusia** agar senantiasa berada dalam **wilayah Cinta** dan **Ridla-Nya** ~ KH. R. Achmad Azaim Ibrahimy

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alivia Husin
NIM : 17630052
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Ikan Belanak dan Kepiting Rajungan di Perairan Benoa Kabupaten Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Juni 2022

buat pernyataan,



Alivia Husin
NIM. 17630052

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat dan nikmatnya sehingga naskah skripsi yang berjudul “Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Ikan Belanak dan Kepiting Rajungan di Perairan Bena Kabupaten Badung Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)” ini dapat terselesaikan. Penelitian dilaksanakan Februari-Mei 2022 di laboratorium analitik dan instrumen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis pada kesempatan ini ingin menghaturkan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. M. Zainuddin, MA selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia
4. Ibu Diana Candra Dewi, M.Si selaku dosen pembimbing utama penelitian
5. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si selaku dosen pembimbing agama Program Studi Kimia
6. Segenap civitas akademik Jurusan Kimia yang membantu selama penelitian
7. Dan segenap keluarga dan teman-teman jurusan kimia khususnya angkatan 2017 yang selalu mendukung dan mendoakan selama berlangsungnya pembuatan naskah seminar hasil ini.

Kritik dan saran pembaca sangat diharapkan agar penulis dapat mengetahui kekurangan dari yang kami tuliskan. Semoga skripsi ini dapat berguna dan memberi manfaat kepada banyak orang. Sedikit kata penulis haturkan, akhir kata dan terimakasih banyak.

Malang, 21 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
ملخص البحث.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kepiting Rajungan (<i>Portunus pelagicus</i>).....	8
2.2 Ikan Belanak (<i>Mugil dussumieri</i>).....	10
2.3 Logam Berat	11
2.3.1 Logam Berat Timbal (Pb).....	11
2.3.2 Logam Tembaga (Cu).....	14
2.4 Perairan Benoa.....	16
2.5 Destruksi Basah dan Zat Pendestruksi	17
2.6 Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	20
2.7 Uji <i>Two Way</i> ANOVA.....	21
2.8 Eksistensi Laut Sebagai Sumber Penghidupan Manusia dan Potensi Kerusakan Lingkungan.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25

3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	25
3.3 Rancangan Penelitian	25
3.4 Tahap Penelitian	26
3.5 Cara Kerja	26
3.5.1 Tahap Pengambilan Sampel.....	26
3.6 Tahap Preparasi Sampel.....	27
3.7 Tahap Pengaturan Instrumen	27
3.8 Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)	28
3.8.1 Kurva Standar Timbal (Pb).....	28
3.8.2 Kurva Standar Tembaga (Cu)	28
3.9 Tahap Pendestruksian dan Analisis SSA Sampel	29
3.10 Analisis <i>Two Way</i> ANOVA.....	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan dan Preparasi Sampel.....	31
4.2 Pembuatan Kurva Standar Timbal dan Tembaga.....	32
4.3 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Sampel Air dari Perairan Benoa Kabupaten Badung, Bali	34
4.4 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Ikan Belanak dari Perairan Benoa.....	36
4.4.1 Pengaruh Tempat Pengambilan Ikan Belanak terhadap Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu).....	36
4.4.2 Pengaruh Ukuran Ikan terhadap Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)	38
4.5 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Kepiting Rajungan dari Perairan Benoa.....	40
4.5.1 Pengaruh Tempat Pengambilan Kepiting Rajungan terhadap Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)	40
4.5.2 Pengaruh Ukuran Kepiting Rajungan terhadap Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu).....	43
4.6 Kajian Hasil Penelitian Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Ikan Belanak dan Kepiting Rajungan di Perairan Benoa menurut Persepektif Islam	44

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA	51
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.
----------------------	-------------------------------------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas maksimum logam berat timbal.....	14
Tabel 2.2 Batas maksimum logam berat tembaga	15
Tabel 3.1 Pengaturan instrumen SSA	28
Tabel 3.2 Variabel analisis <i>two way</i> ANOVA	30
Tabel L.4.1 Absorbansi kurva standar Pb	68
Tabel L.4.2 Absorbansi kurva standar Cu.....	68
Tabel L.4.3 Uji LOD dan LOQ logam Pb.....	69
Tabel L.4.4 Uji LOD dan LOQ logam Cu	69
Tabel L.5.1 Kadar Pb air laut yang terbaca oleh instrumen.....	71
Tabel L.5.2 Kadar Pb air laut yang sebenarnya	71
Tabel L.5.3 Kadar Cu air laut yang terbaca oleh instrumen	72
Tabel L.5.4 Kadar Cu air laut yang sebenarnya.....	72
Tabel L.5.5 Kadar Pb ikan belanak yang terbaca oleh instrumen.....	73
Tabel L.5.6 Kadar Pb ikan belanak yang sebenarnya	73
Tabel L.5.7 Kadar Cu ikan belanak yang terbaca oleh instrumen	74
Tabel L.5.8 Kadar Cu ikan belanak yang sebenarnya.....	75
Tabel L.5.9 Kadar Pb kepiting rajungan yang terbaca oleh instrumen	76
Tabel L.5.10 Kadar Pb kepiting rajungan yang sebenarnya	77
Tabel L.5.11 Kadar Cu kepiting rajungan yang terbaca oleh instrumen	78
Tabel L.5.12 Kadar Cu kepiting rajungan yang sebenarnya	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anatomi kepiting rajungan (<i>Portunus pelagicus</i>)	9
Gambar 2.2 Ikan belanak (<i>Mugil dussumieri</i>).....	10
Gambar 2.3 Logam berat timbal (Pb)	12
Gambar 4.1 Grafik kurva standar logam timbal (Pb).....	33
Gambar 4.2 Grafik kurva standar logam tembaga (Cu).....	33
Gambar 4.3 Kadar logam Pb dan Cu dalam air laut	36
Gambar 4.4 Kadar logam Pb dan Cu dalam ikan belanak dengan variasi tempat pengambilan sampel	38
Gambar 4.5 Kadar logam Pb dan Cu dalam ikan belanak dengan variasi ukuran sampel	39
Gambar 4.6 Reaksi ikatan kompleks Pb atau Cu pada sistein	42
Gambar 4.7 Kadar logam Pb dan Cu dalam kepiting rajungan dengan variasi tempat pengambilan sampel	43
Gambar 4.8 Kadar logam Pb dan Cu dalam kepiting rajungan dengan variasi ukuran sampel.....	46
Gambar L.4.1 Kurva standar Pb.....	68
Gambar L.4.2 Kurva standar Cu	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian	60
Lampiran 2. Diagram Alir	61
Lampiran 3. Perhitungan	65
Lampiran 4. Hasil Uji Kurva Standar	68
Lampiran 5. Data Hasil Instrumen Larutan Sampel.....	71
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	81
Lampiran 7. Hasil Analisis Statistik.....	82

ABSTRAK

Husin, Alivia. 2022. "Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan tembaga (Cu) Pada Ikan Belanak dan Kepiting Rajungan Diperairan Benoa Kabupaten Badung Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)". Seminar Hasil. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Diana Candra Dewi, M.Si, Pembimbing II: Rif'atul Mahmudah, M.Si.

Kata Kunci: Ikan Belanak, Kepiting Rajungan, Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu), Refluks, Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Pelabuhan Benoa merupakan salah satu pelabuhan yang terdapat di provinsi Bali dengan banyak aktivitas manusia seperti tempat singgah kapal-kapal dan berbagai aktivitas nelayan. Adanya aktivitas tersebut memungkinkan Perairan Benoa untuk menjadi tempat pembuangan limbah. Limbah cair yang dihasilkan dari banyaknya aktivitas di sekitar perairan Benoa dapat mengandung logam berat yang bisa masuk ke dalam biota air. Salah satu yang dapat dijadikan bioindikator pencemaran logam berat pada pelabuhan Benoa adalah ikan belanak dan kepiting rajungan. Logam berat yang masuk kedalam tubuh akan terakumulasi dan menimbulkan penyakit, hal tersebut penting diperhatikan karena menyangkut kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada air, ikan belanak, dan kepiting rajungan di perairan Benoa menggunakan metode destruksi basah tertutup refluks dengan larutan pendestruksi HNO_3 : H_2O_2 (1:1) pada suhu 100°C selama 3 jam. Setelah itu sampel di analisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,3 dan 324,8 nm. Didapatkan hasil kandungan Pb dan Cu air laut sebesar 0,42-0,45 mg/L dan 0,05-0,06 mg/L, ikan belanak sebesar 0,00-4,47 mg/Kg dan 0,00-0,55 mg/Kg, dan kepiting rajungan sebesar 1,72-3,38 mg/Kg dan 6,11-37,43 mg/Kg. Secara keseluruhan kadar logam Pb dan Cu melebihi batas maksimum yang ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7383 (2009).

ABSTRACT

Husin, Alivia. 2022. "Determination of Lead Metal (Pb) and Copper (Cu) Levels in Mullet And Rajungan Crab In Benoa Waters Badung Regency Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)". Result Seminar. Chemistry Study Program, Faculty of Science and Technology. Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Diana Candra Dewi, M.Si, Supervisor II: Rifatul Mahmudah, M.Si.

Keywords: Mullet Fish, Rajungan Crab, Lead (Pb) and Copper (Cu), Reflux, Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

Benoa Port is one of the ports found in Bali province with many human activities such as boats and various fishing activities. The existence of these activities allows Benoa waters to become a waste dump. Liquid waste resulting from the many activities around Benoa waters can contain heavy metals that can enter the water biota. One that can be used as a bioindicator of heavy metal pollution in Benoa port is mullet and rajungan crab. Heavy metals that enter the body will accumulate and cause disease, it is important to note because it concerns health. This study aims to determine the levels of lead (Pb) and copper (Cu) in water, mullet fish, and crab crabs in Benoa waters using a wet digestion method closed reflux with a destruction solution HNO_3 : H_2O_2 (1: 1) at a temperature of 100°C for 3 hours. After that, the sample was analyzed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) with wavelengths of 283.3 and 324.8 nm. The results showed that the Pb and Cu content of seawater was 0.42-0.45 mg/L and 0.05-0.06 mg/L, mullet fish was 0.00-4.47 mg/Kg and 0.00-0.55 mg/Kg, and rajungan crab was 1.72-3.38 mg/Kg and 6.11-37.43 mg/Kg. Overall, the levels of Pb and Cu exceed the maximum limit determined by the Indonesian National Standard (INS) No. 7383 (2009).

ملخص البحث

حسين، أليفيا. ٢٠٢٢. "تحديد تركيزات المعادن من الرصاص (Pb) والنحاس (Cu) في أسماك بيلاناك

وسرطان البحر في مياه بينوا، باندونج بواسطة التحليل مطافية للامتصاص الذري (SSA). نتائج الندوة. قسم علوم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك ابراهيم مالانج. مشرفة الأولى: ديانا جانديرا ديوي الماجستير. المشرفة الثانية: رفعة المحمودة الماجستير.

الكلمات الرئيسية: أسماك بيلانك وسرطان البحر ، الرصاص و النحاس، الارتداد، مطافية الامتصاص الذري (SSA)

ميناء بينوا هو أحد الموانئ في مقاطعة بالي مع العديد من الأنشطة البشرية مثل توقف السفن ومختلف الصيد نشاط. يسمح وجود هذه الأنشطة ميناء بينوا بأن تصبح مكاناً للتخلص من النفايات. يمكن أن تحتوي النفايات السائلة المتولدة من الأنشطة العديدة حول مياه بينوا على معادن ثقيلة يمكن أن تدخل الكائنات الحية المائية. من المؤشرات الحيوية للتلوث بالمعادن الثقيلة في ميناء بينوا أسماك بيلانك وسرطان البحر الصغير. تتراكم المعادن الثقيلة التي تدخل الجسم وتسبب المرض، ومن المهم ملاحظة ذلك لأنه ينطوي على الصحة. تهدف هذا البحث إلى تحديد مستويات الرصاص والنحاس في الماء، وأسماك بيلانك، وسرطان البحر الصغير في مياه بينوا باستخدام طريقة الهضم الرطب الراجع بمحلول $H_2O_2 : HNO_3$ (1 : 1) عند درجة حرارة 100 درجة مئوية لمدة 3 ساعات. بعد ذلك تم تحليل العينات باستخدام مطيافية الامتصاص الذري بأطوال موجية 283,3 و 324,8 نانومتر. أظهرت النتائج أن محتوى الرصاص والنحاس لمياه البحر كان 0,41-0,45 ملجم / لتر و 0,05-0,06 ملجم / لتر، أما أسماك بيلانك فكانت 0,00-0,47 ملجم / كجم و 0,00-0,55 ملجم / كجم، وسرطان البحر الصغير 1,72-3,38 مجم / كجم و 6,11-37,43 مجم / كجم. بشكل عام، تتجاوز مستويات الرصاص والنحاس الحد الأقصى الذي حدده المعيار الوطني الإندونيسي نو. 7387 (2009).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan Benoa merupakan salah satu pelabuhan yang terdapat di provinsi Bali dengan banyak aktivitas manusia seperti tempat singgah kapal-kapal dan berbagai aktivitas nelayan. Secara geografis, pelabuhan Benoa terletak pada 08°-45'-00 LS dan 115°-13'-00" BT dengan jarak kurang lebih 10 km dari kota Denpasar. Banyaknya aktivitas di pelabuhan Benoa menjadi salah satu sumber pencemaran air di tempat tersebut. Pencemaran air dapat berupa senyawa organik maupun anorganik. Senyawa anorganik yang bertindak sebagai pencemar dapat berupa logam-logam berat yang mempunyai sifat berbahaya walaupun berada dalam konsentrasi yang kecil (Fardiaz, 1992).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Siaka (2008), kandungan logam Pb pada permukaan sedimen pelabuhan Benoa sebesar 15,52 mg/kg. Disisi lain logam Pb juga ditemukan di air laut dengan konsentrasi yang lebih kecil. Hal tersebut dapat terjadi karena logam berat memiliki berat jenis lebih dari 5 g/cm³. Adanya aktivitas tersebut memungkinkan perairan Benoa untuk menjadi tempat pembuangan limbah. Limbah cair yang dihasilkan dari banyaknya aktivitas di sekitar perairan benoa dapat mengandung logam berat (seperti timbal dan tembaga) yang bisa masuk ke dalam biota air.

Logam berat seperti tembaga (Cu) juga dapat menjadi pencemar di perairan. Limbah minyak pelumas bekas yang logam Cu 0,5 ppm, dan bahan bakar seperti batu bara yang mengandung logam Cu mengandung sampai 32 ppm

dapat masuk ke dalam perairan laut. Kandungan tembaga tersebut akan terakumulasi di sekitar laut dan jika tidak dilakukan penanggulangan yang tepat akan menjadi salah satu sumber pencemar (Palar, 1994). Keberadaan logam berat pada badan air laut akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme di dalamnya (Takarina, dkk., 2013).

Salah satu yang dapat dijadikan bioindikator pencemaran logam berat pada perairan teluk Benoa adalah ikan dan kepiting. Ikan dapat dijadikan sebagai bioindikator karena merupakan organisme perairan yang siklus hidupnya lebih lama dibandingkan organisme akuatik lainnya dan menempati peringkat teratas dalam rantai makanan akuatik, serta mampu mengakumulasi logam berat (Riani, 2015). Hewan laut seperti ikan dan kepiting memiliki peran penting secara ekologis dalam mengonversi nutrisi, mempertinggi mineralisasi, dan meningkatkan distribusi oksigen di dalam tanah (Redjeki, dkk., 2017). Apabila ikan yang mengandung logam berat dikonsumsi oleh melebihi ambang batas yang ditetapkan, maka akan membahayakan kehidupan manusia (Cahyani, dkk., 2016).

Agama Islam mengajarkan umat muslim untuk mengonsumsi makanan yang “*Halalan Tayyiban*”. Hal tersebut tertulis di dalam al-Qur’an, sebagaimana ayat al-Qur’an dalam surat al-Baqarah ayat 168 berikut:

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِينٌ

Artinya: “*Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan; karena Sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu*”.

Menurut Shihab (2002) di dalam ayat tersebut menjelaskan bahwa tidak semua makanan yang ada di bumi itu halal untuk dimakan dan digunakan. Makanan halal adalah makanan yang tidak haram (dilarang oleh agama) baik dzatnya ataupun cara memperolehnya. Makanan yang baik adalah makanan yang dimakan memberikan kebaikan dalam tubuh manusia. Mengonsumsi makanan yang baik tubuh menjadi sehat dan terhindar dari berbagai penyakit. Oleh karena itu kualitas, kandungan gizi, dan dampak yang ditimbulkan ketika ingin mengonsumsi makanan harus diperhatikan. Ikan dan kepiting merupakan salah satu jenis makanan halal dan baik yang dapat dikonsumsi oleh manusia. Namun, ketika ikan dan kepiting hidup di dalam laut yang telah tercemar logam berat maka logam berat tersebut akan terakumulasi di dalam tubuh ikan dan kepiting, sehingga ketika dikonsumsi logam berat yang berada di dalam tubuh ikan dan kepiting tersebut akan ikut masuk ke dalam tubuh manusia dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan.

Al-Amin (2014) telah melakukan penelitian mengenai kandungan logam berat Pb dan Cu pada kepiting rajungan (*Portunus pelagicus*) di perairan teluk Riau kota Tanjung Pinang provinsi Kepulauan Riau. Kandungan logam Pb pada perairan pada kisaran 0,147 mg/L, dan kandungan logam Cd pada kisaran konsentrasi 0,146 mg/L. Kandungan Logam Pb pada daging kepiting rajungan pada kisaran 0,362 mg/g, dan kandungan logam Cu pada daging kepiting rajungan pada kisaran nilai 0,0405 mg/g. Secara keseluruhan, kandungan logam Pb dan Cu pada perairan dan pada daging kepiting rajungan melebihi batas kadar aman yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia No. 7387 Tahun 2009.

Penelitian Mardani, dkk. (2018) menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cd pada ikan belanak dan ikan baronang di pelabuhan Benoa telah melebihi batas maksimum cemaran logam Cd pada ikan dan hasil olahannya sebesar 0,1 mg/Kg. Berdasarkan nilai *Bioconcentration factor* (BCF) dinyatakan bahwa pada ikan belanak telah terjadi biokonsentrasi dengan kategori sifat akumulatif rendah terhadap logam berat Pb dan akumulatif sedang pada logam berat Cd.

Penelitian Mardani, dkk. (2018) menggunakan lokasi yang sama dengan penelitian ini, namun terdapat beberapa perbedaan pada instrument yang digunakan yakni *inductively coupled plasma-mass spectrometer* (ICP-MS) untuk menganalisis kadar logam dalam sampel. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan instrumen spektroskopi serapan atom (SSA). Penentuan konsentrasi logam berat umumnya menggunakan 2 teknik yakni ICP-MS dan SSA. Teknik ICP-MS memiliki kemampuan deteksi unsur yang tinggi yaitu lebih dari 82 dengan kecepatan analisis 1-60 detik. Limit deteksi yang dihasilkan ICP-MS sangat baik yaitu dalam kisaran *ppb* dan *ppt*.

Meski memiliki kinerja yang mumpuni, kedua teknik ini tidak terbebas dari interferensi, sedangkan untuk ICP-MS ada gangguan yang tidak dapat diabaikan meskipun ICP-MS ini memiliki keunggulan yang melimpah dibanding pendahulunya (ICP-AES dan SSA) yakni gangguan unsur *isobaric*. Gangguan unsur *isobaric* dalam ICP-MS disebabkan oleh isotop yang berbeda unsur-unsur membentuk ion atom dengan rasio muatan nominal massa-yang sama (m/z). Sebuah sistem data harus digunakan untuk mengoreksi gangguan ini. Hal ini meliputi penentuan sinyal untuk unsur campur dan mengurangi sinyal yang sesuai dari analit. Walaupun jenis gangguan biasa, tidak mudah dikoreksi, dan

contoh yang menunjukkan masalah yang signifikan dari jenis ini dapat meminta resolusi perbaikan, pemisahan matriks, atau analisis menggunakan lain diverifikasi dan didokumentasikan isotop, atau penggunaan metode lain. Seperti pada jurnal Irzon (2017) membandingkan hasil penelitian logam Pb dengan metode AAS dan ICP-MS menghasilkan nilai pada AAS adalah 1,33 kali hasil pengujian dengan ICP-MS hal ini disebabkan oleh gangguan memori (*carry-over*) dapat terjadi bila ada perbedaan konsentrasi yang besar antar sampel atau standar yang dianalisis secara berurutan dikarenakan proses preparasi sampel pada saat analisis menggunakan yang belum sempurna, gangguan isotop, dan ketidak tepatan seri kurva kalibrasi dapat menjadi penyebab lebih rendahnya hasil analisis dengan perangkat ICP-MS. ICP-MS rentan terhadap interferensi kimia dan fisika (non spektra). Seperti yang sudah disinggung teknik ICP-MS memiliki kelemahan jika digunakan untuk analisis kadar logam pada sampel air laut yang disebabkan oleh kandungan garam yang tinggi, sehingga dapat mengganggu proses atomisasi dalam penentuan kadar logam yang dianalisis (Harvey, 2000).

Sedangkan SSA mempunyai batas limit deteksi yang kecil ($<1\text{ppm}$), dapat mengukur larutan sejenis yang memiliki beberapa unsur, menganalisis sampel dengan cepat yaitu 10-15 detik setiap sampel per elemen, memiliki sensitivitas dan ketelitian yang tinggi, biaya yang tidak terlalu mahal, dapat diterapkan ke dalam banyak jenis unsur, dapat mengukur sampel dengan kandungan logam yang kecil, pengoperasian yang sederhana, dan memiliki interferensi yang kecil, sehingga mempermudah pembacaan data hasil (Gandjar dan Rohman, 2007).

Berdasarkan uraian di atas maka dalam penelitian ini dilakukan penentuan kadar logam Pb dan Cu ikan belanak dan kepiting rajungan di perairan Benoa.

Selain biota laut diperlukan juga air dari habitat ikan dan kepiting tersebut sebagai patokan mengapa ada kandungan logam dalam biota laut yang kerap dikonsumsi. Sebelum sampel dianalisa menggunakan SSA, sampel dipreparasi menggunakan destruksi basah sistem tertutup. Proses pendestruksian dilakukan menggunakan refluks dengan larutan pengoksidasi HNO_3 dan H_2O_2 memakai rasio perbandingan 1:1. Variasi yang ditunjukkan dalam penelitian ini adalah perbedaan jenis sampel yang diambil, tempat pengambilan sampel, dan ukuran sampel. Sampel kemudian dianalisa menggunakan SSA.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- a. Berapa kandungan logam berat Pb dan Cu pada air di perairan Benoa kabupaten Badung, Bali secara SSA?
- b. Berapa kandungan logam berat Pb dan Cu pada ikan belanak di perairan Benoa kabupaten Badung, Bali secara SSA?
- c. Berapa kandungan logam berat Pb dan Cu pada kepiting rajungan di perairan Benoa kabupaten Badung, Bali secara SSA?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui kadar logam Pb dan Cu pada air di perairan Benoa kabupaten Badung, Bali secara SSA.
- b. Untuk mengetahui kadar logam Pb dan Cu pada ikan belanak di perairan Benoa kabupaten Badung, Bali secara SSA.
- c. Untuk mengetahui kadar logam Pb dan Cu pada kepiting rajungan di perairan Benoa kabupaten Badung, Bali secara SSA.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- a. Sampel yang digunakan di ambil di perairan Benoa, kabupaten Badung, Bali.
- b. Sampel diambil di 3 titik yang berbeda.
- c. Sampel yang digunakan adalah air, ikan belanak, dan kepiting rajungan.
- d. Sampel diambil dengan 3 ukuran yang berbeda pada setiap titik pengambilan sampelnya dan terdiri dari kecil, sedang, dan besar.
- e. Metode yang digunakan adalah destruksi basah tertutup yang dilakukan dengan refluks.

1.5 Manfaat penelitian

Data hasil penelitian dapat sebagai sumber informasi kepada masyarakat, khususnya yang tinggal di sekitar perairan Benoa kabupaten Badung, Bali tentang kandungan logam Pb dan Cu pada ikan belanak dan kepiting rajungan. Serta memberikan pertimbangan ikan dan kepiting yang ada pada perairan tersebut aman atau tidak apabila dikonsumsi dalam jangka waktu panjang oleh masyarakat daerah perairan Benoa, kabupaten Badung, Bali.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kepiting Rajungan (*Portunus pelagicus*)

Menurut Cholik (2005), klasifikasi kepiting rajungan adalah sebagai berikut;

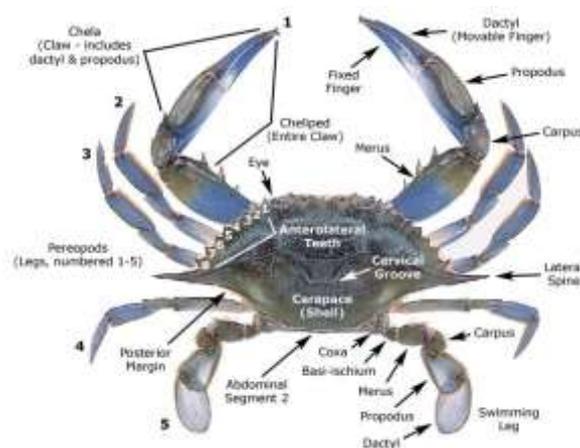
Kingdom : Animalia
Filum : Artropoda
Class : Crustacea
Ordo : Decapoda
Famili : Portunidae
Genus : Portunus
Spesies : *Portunus pelagicus*
Nama daerah : sikuyu

Kepiting rajungan (*Portunus pelagicus*) banyak ditemukan pada daerah dengan geografis yang sama seperti kepiting bakau (*Scylla serrata*). *Portunus pelagicus* dikenal dengan *blue swimming crab* atau kepiting pasir dan merupakan hasil samping dari tambak tradisional pasang-surut di Asia. Sejak tahun 1973 di negara yang berada di Asia Tenggara, rajungan (*Portunus pelagicus*) merupakan hasil laut yang penting dalam sektor perikanan. Rajungan di Indonesia sampai sekarang masih menjadi komoditas perikanan yang memiliki nilai ekonomis tinggi yang diekspor terutama ke negara Amerika, yaitu mencapai 60% dari total hasil tangkapan rajungan (Juwana, 2002).

Kepiting rajungan dalam bentuk segar juga diekspor ke berbagai negara seperti Singapura dan Jepang, sedangkan yang dalam bentuk olahan (dalam kaleng) diekspor ke Belanda. Komoditas ini merupakan komoditas ekspor urutan ketiga dalam arti jumlah setelah udang dan ikan. Sampai saat ini seluruh kebutuhan ekspor kepiting rajungan masih mengandalkan dari hasil tangkapan di

laut, sehingga dikhawatirkan akan mempengaruhi populasi di alam (Juwana, dkk., 2000).

Beberapa spesies kepiting rajungan yang memiliki nilai ekonomis adalah *Portunus trituberculatus*, *P. gladiator*, *P. sanguinus*, *P. hastatoides*, dan *P. pelagicus*, sementara yang banyak diteliti saat ini adalah *P. pelagicus*. Populasi kepiting Rajungan di alam semakin terancam dengan rusaknya habitat dan juga eksploitasi oleh nelayan di beberapa daerah sehingga mengakibatkan rendahnya ketersediaan kepiting rajungan di alam. Penangkapan kepiting rajungan yang berlebih itu tak lepas dari besarnya permintaan untuk ekspor, antara lain ke Amerika Serikat, Australia, Kanada, dan beberapa negara Eropa. Permintaan pasar terhadap rajungan yang sangat tinggi harus segera diatasi dengan melakukan budidaya atau akuakultur terhadap spesies yang dimaksud. Prospek akuakultur rajungan cukup besar namun kendala-kendala teknis hingga saat ini masih menghambat kesuksesan dalam akuakultur (Romimohtarto, dkk., 2005). Anatomi kepiting rajungan ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Anatomi kepiting rajungan (*Portunus pelagicus*) (Nontji, 1986).

Mekanisme masuknya logam berat Cu dan Pb dalam tubuh kepiting rajungan (*Portunus pelagicus*) yaitu melalui proses pencernaan makanan. Alat pencernaannya terbagi menjadi tiga, tembolok, lambung otot, dan lambung kelenjar. Urutan pencernaan makanannya dimulai dari mulut, kerongkongan (esofagus), lambung (ventrikulus), dan di dekat lambung terdapat kelenjar pencernaan biasa disebut hepatopankreas yang memiliki warna khas kuning. Hepatopankreas terletak saling bertumpuk dengan ovarium atau telur, hepatopankreas juga berperan untuk mendeposit sejumlah glikogen dan kolestrol, mendeposit logam-logam berat, dan melokalisasinya didalam tubuh kepiting. Sisa-sisa metabolisme tubuh dieksresikan melalui kelenjar hijau (Moosa, 1980).

2.2 Ikan Belanak (*Mugil dussumieri*)

Ikan belanak (*Mugil dussumieri*) adalah salah satu jenis ikan laut tropis dan subtropis yang bentuknya menyerupai ikan bandeng, gambar ikan belanak ditampilkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ikan belanak (*Mugil dussumieri*).

Ikan belanak diklasifikasikan dalam keluarga Mugilidae dengan memiliki nama latin *Mugil dussumieri*. Penyebaran ikan belanak tersebar di perairan tropis dan subtropis, dan juga banyak ditemukan di air payau dan kadang-kadang di air

tawar. Ikan belanak juga banyak ditemukan di kawasan Pasifik, seperti Fiji, Samoa, New Caledonia, dan Australia. Sedangkan di Asia banyak ditemukan di Indonesia, India, Malaysia, dan Sri Lanka. Klasifikasi ikan belanak menurut Kottelat, dkk. (1993) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
filum : Chordata
Class : Actinopterygii
Ordo : Mugiliformes
Famili : Mugilidae
Genus : Mugil
Spesies : *Mugil dussumieri*

Ikan belanak umumnya memiliki bentuk memanjang tidak langsung dan gepeng, sirip punggung terdiri dari satu jari-jari keras dan delapan jari-jari lemah, sirip dubur berwarna putih kotor terdiri dari jari-jari keras dan sembilan jari lemah, bibir bagian atas lebih tebal daripada bagian bawah, berguna untuk mencari makan di dasar yang terbenam didalam lumpur, dan ikan ini memiliki gigi relatif sangat kecil, bagian tubuh berwarna putih mengkilap, dan bagian ekor seperti bulan sabit berwarna putih bening, dan juga kadang-kadang berwarna kehitaman.

2.3 Logam Berat

2.3.1 Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi. Namun, Pb juga biasa berasal dari kegiatan manusia bahkan mampu mencapai jumlah 300 kali lebih banyak dibandingkan Pb alami (Pratama, 2012). Pb termasuk golongan unsur transisi (IVA) terletak pada periode keenam dengan nomor atom 82 dan massa atom 207,19 g/mol. Pb biasanya terdapat dalam bentuk

senyawa-senyawa galena (PbS), anglesite (PbSO_4), minim (Pb_3O_4), dan cerrusite (PbCO_3). Pb tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam murninya (Palar, 2004).

Pb mempunyai titik lebur rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya, mempunyai kepadatan melebihi logam lain (Darmono, 1995). Pada abad ke-20, Pb tetraetil ditambahkan pada *gasoline* sebagai *antiknock* serta penambahan nilai oktan. Pb dipakai juga sebagai pelapis pada kaleng timah, keramik, tembikar, dan insektisida. Pb dari limbah industri metalurgi beracun dalam bentuk Pb-arsenat. Kadang-kadang Pb terdapat dalam bentuk kompleks dengan zat organik seperti hexaetil timbal, dan tetra alkil lead (TAL) (Marganof, 2003).

Konsentrasi total Pb dalam tubuh kita saat ini berada pada kisaran 125-200 mg. Tubuh kita dengan fungsi yang normal dapat menetralsir 1-2 mg Pb per hari. Timbal dianggap neurotoksin dan dapat menimbulkan kerusakan otak (Haas, 1984). Visualisasi dari logam berat timbal ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 logam berat Timbal (Pb) (Haas, 1984).

Pb tidak termasuk unsur yang esensial bahkan bersifat toksik untuk makhluk hidup karena dapat terakumulasi dalam tulang, gigi, dan rambut (Saeni, 1989).

Akumulasi dan daya racun Pb yang akut pada tubuh manusia akan mengakibatkan gangguan otak dan ginjal, system reproduksi, hati, sistem saraf sentral dan mengakibatkan sakit yang parah bahkan kematian serta kemunduran mental pada anak-anak yang sedang dalam masa pertumbuhan (Darmono, 1995). Konsentrasi Pb sebesar 0,05 mg/L dapat menimbulkan bahaya pada lingkungan laut (Saeni, 1989). Kriteria maksimum timbal untuk organisme air sebesar 140 ppb (Laws, 1993). Manusia dapat terkontaminasi logam berat Pb dan dapat menyebabkan beberapa efek seperti gangguan biosintesis hemoglobin dan anemia, kenaikan tekanan darah, kerusakan ginjal, keguguran, gangguan sistem saraf, kerusakan otak, penurunan fertilitas pada laki-laki karena kerusakan sperma, penurunan kemampuan belajar pada anak-anak dan gangguan perilaku anak seperti agresi, impulsif dan hiperaktif (Yoko, 1997).

Pb didalam tubuh manusia diperlakukan seperti halnya kalsium. Tempat penyerapan pertama adalah plasma dan membran jaringan lunak. Selanjutnya didistribusikan ke bagian-bagian di mana kalsium memegang peranan penting seperti gigi pada anak-anak dan tulang pada semua umur. Bayi, janin dalam kandungan, dan anak-anak lebih sensitif terhadap paparan Pb karena lebih mudah diserap pada tubuh yang sedang berkembang. Selain itu jaringan otot anak-anak lebih sensitif. Sekitar 99% timbal yang masuk ke dalam tubuh orang dewasa dapat diekskresikan setelah beberapa minggu, sedangkan untuk anak-anak hanya 32% yang dapat diekskresikan (Palar, 1994).

Pb dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan dan makanan. Konsumsi Pb dalam jumlah banyak secara langsung menyebabkan kerusakan jaringan, termasuk kerusakan jaringan mukosal. Sistem yang paling sensitif

adalah sistem sintesis jaringan darah (hemopoetik). Semua sel-sel yang sedang aktif berkembang sensitif terhadap Pb. Pb juga dapat merusak syaraf pada bayi dan anak-anak, paparan terhadap Pb yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan otak, penghambatan pertumbuhan anak-anak, kerusakan ginjal, gangguan pendengaran, mual, sakit kepala, kehilangan nafsu makan, dan gangguan pada kecerdasan serta tingkah laku. Pada orang dewasa, Pb dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah, gangguan pencernaan, kerusakan ginjal, kerusakan syaraf, sulit tidur, sakit otak, sendi, perubahan *mood*, dan gangguan reproduksi (Palar, 1994). Batas maksimum logam berat Pb yang diperbolehkan ada, terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Batas maksimum logam berat timbal (SNI, 2009 dan Keputusan MNLH, 2005).

No.	Logam Berat	Kategori	Batas Maksimum
1.	Timbal (Pb)	Ikan dan olahannya	0,3 mg/kg
2.	Timbal (Pb)	Udang dan krustasea lainnya	0,5 mg/kg
3.	Timbal (Pb)	Air laut	0,008 mg/L

2.3.2 Logam Tembaga (Cu)

Kuprum atau tembaga (Cu) memiliki sistem kristal kubik, yang secara fisik berwarna kuning dan apabila dilihat menggunakan mikroskop akan berwarna pink kecoklatan sampai keabuan. Cu termasuk golongan logam, berwarna merah serta mudah berubah bentuk (Widowati, W, 2006). Cu dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, Cu menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546 (Palar, 2004). Cu memiliki sistem kristal kubik yang secara fisik berwarna kuning dan apabila dilihat menggunakan mikroskop akan berwarna

pink kecoklatan sampai keabuan. Unsur Cu bisa ditemukan pada berbagai jenis makanan, air, dan udara sehingga manusia bias terpapar Cu melalui jalur makanan, minuman, dan saat bernafas (Widowati, dkk., 2008).

Cu bisa masuk ke lingkungan melalui jalur alamiah dan non alamiah. Pada jalur alamiah, logam mengalami siklus perputaran dari kerak bumi ke lapisan tanah, ke dalam mahluk hidup, ke dalam kolom air, mengendap, dan akhirnya kembali lagi ke dalam kerak bumi. Unsur Cu bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) batuan mineral, debu-debu, dan partikulat Cu dalam lapisan udara yang dibawa turun air hujan. Jalur non-alamiah dalam unsur Cu masuk kedalam tatanan lingkungan akibat aktivitas manusia, antara lain berasal dari buangan industri yang menggunakan bahan baku Cu, industri galangan kapal, industri pengolahan kayu, serta limbah rumah tangga (Widowati,W., 2006).

Kelebihan Cu secara kronis menyebabkan penumpukan Cu di dalam hati yang dapat menyebabkan nekrosis hati atau serosis hati. Konsumsi sebanyak 10-15 mg Cu sehari dapat menimbulkan muntah-muntah dan diare, berbagai tahap pendarahan intravaskular dapat terjadi begitupun nekrosis sel-sel hati dan gagal ginjal. Konsumsi dosis tinggi dapat menyebabkan kematian (Almatsier, 2004). Batas maksimum logam berat tembaga ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Batas maksimum logam berat tembaga (SNI, 2009, Keputusan MNLH, 2005, dan FAO 1972).

No.	Logam Berat	Katagori	Batas Maksimum
1.	Tembaga (Cu)	Ikan dan olahannya	0,02 mg/Kg
2.	Tembaga (Cu)	Udang dan krustasea lainnya	1 mg/Kg
3.	Tembaga (Cu)	Air laut	0,008 mg/L

2.4 Perairan Benoa

Teluk Benoa merupakan salah satu perairan yang memiliki fungsi penting bagi kehidupan masyarakat seperti dimanfaatkan sebagai daerah penangkapan ikan oleh nelayan setempat. Teluk Benoa merupakan perairan semi tertutup dan dangkal di mana pengaruh dari daratan lebih besar dari pengaruh laut. Sejumlah sungai bermuara di perairan teluk Benoa di antaranya yaitu sungai Badung, sungai Mati, sungai Sama, sungai Bualu, sungai Buaji, dan sungai Loloan (Sudiarta, dkk., 2013).

Keberadaan sungai yang bermuara ke teluk Benoa serta adanya aktivitas yang tinggi pada perairan memiliki potensi yang cukup besar dalam masuknya logam berat ke perairan teluk Benoa. Aktivitas rekreasi (*water sport*) serta kegiatan operasional pelabuhan juga menjadi salah satu sumber pencemaran logam berat di perairan sekitarnya karena limbah bahan bakar kapal mengandung logam Pb dan Cu sehingga logam tersebut masuk ke perairan (Rochyatun, dkk., 2006).

Keberadaan logam berat pada badan air laut akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme di dalamnya (Takarina, dkk., 2013). Salah satu yang dapat dijadikan bioindikator pencemaran logam berat pada perairan teluk Benoa adalah ikan. Ikan dapat dijadikan sebagai bioindikator karena ikan merupakan organisme perairan yang siklus hidupnya lebih lama dibanding organisme akuatik lainnya dan menempati peringkat teratas dalam rantai makanan akuatik, serta ikan mampu mengakumulasi logam berat (Riani, 2015). Ikan yang hidup dalam habitat yang terbatas (seperti sungai, danau, dan teluk) akan sulit untuk menghindar dari pengaruh pencemaran. Akibatnya,

unsur-unsur pencemaran seperti logam berat akan masuk ke dalam tubuh ikan. Kemudian apabila ikan yang telah terkontaminasi logam berat di konsumsi oleh manusia, dapat berdampak terhadap kesehatan karena logam berat bersifat karsinogenik atau dapat memicu terjadinya kanker (Darmono, 2010).

2.5 Destruksi Basah dan Zat Pendestruksi

Destruksi adalah proses perusakan oksidatif dari bahan organik sebelum penetapan suatu analit anorganik atau untuk memecah ikatan dengan logam. Proses destruksi dimaksudkan untuk pemecahan senyawa menjadi unsur-unsurnya, dan menghilangkan unsur-unsur lain yang nantinya dapat mengganggu proses analisa. Proses destruksi berjalan optimal jika pelarut yang digunakan tepat, juga sesuai dengan sampel dan logam yang akan dianalisa. Destruksi secara umum terbagi menjadi dua, yaitu destruksi basah dan destruksi kering. Penelitian ini dilakukan menggunakan destruksi basah (Kristianingrum, 2012).

Destruksi basah dilakukan dengan cara pemanasan pada suhu rendah dengan penambahan asam pengoksidasi pekat untuk pemecahan dan penguraian senyawa sampel (Gandjar dan Rohman, 2007). Asam pengoksidasi pekat yang umum digunakan adalah HNO_3 , H_2SO_4 , H_2O_2 , dan HClO_4 yang berfungsi menguraikan bahan organik dalam sampel dibantu dengan pemanasan hingga larutan jernih. Asam yang paling sering digunakan adalah HNO_3 pekat, selain tidak mudah menguap, mudah memecah dan menguraikan senyawa dalam sampel, asam kuat akan melarutkan dan mengendapkan mineral anorganik. Mineral anorganik akan berada dalam bentuk kation logam dan ikatan kimia

dengan senyawa organik telah terurai. Larutan selanjutnya disaring dan dianalisa menggunakan SSA (Dewi, 2012).

Destruksi basah terbagi menjadi dua jenis, yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup. Destruksi basah sistem terbuka dilakukan dengan menambahkan reagen pada sampel dan dipanaskan secara terbuka diatas *hot plate*. Sedangkan destruksi basah sistem tertutup merupakan proses pemecahan senyawa dengan penambahan reagen dalam sampel dan proses pemanasan dilakukan dalam wadah tertutup. Proses ini meminimalisir terjadinya penguapan dan pemuaihan bahan (Namik, dkk., 2006).

Destruksi basah menggunakan refluks merupakan metode destruksi tertutup konvensional yang digunakan untuk analisis logam dalam suatu sampel. Prinsip dari metode refluks adalah pelarut volatil yang digunakan akan menguap pada suhu tinggi, namun akan didinginkan dengan kondensor sehingga pelarut akan mengembun pada kondensor dan turun lagi ke dalam wadah reaksi sehingga pelarut akan tetap ada selama reaksi berlangsung (Kalaskar, 2021). Menurut Hidayat (2016), proses untuk mendegradasi sampel organik dan melarutkan logam-logam yang terdapat dalam sampel akan lebih baik jika menggunakan kombinasi asam sebagai zat pengoksidasi daripada menggunakan asam tunggal karena akan memberikan kekuatan asam yang lebih baik sehingga mempermudah proses analisis logam dalam sampel.

Demirel (2008) mengatakan bahwa, campuran asam $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ dapat menghasilkan % *recovery* yang paling baik jika dibandingkan dengan campuran asam lain seperti $\text{HNO}_3\text{-HCl}$ dan $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Enanmorado-Baez, dkk. (2013) pada analisis

logam Pb dalam bahan organik (tanah) dengan variasi zat pendestruksi 10 mL HNO₃, HNO₃-HCl (10:3), dan HNO₃-H₂O₂ (10:3) yang menghasilkan kadar timbal 0,024; 0,017; dan 0,090 mg/kg. Sehingga variasi larutan pendestruksi terbaik dengan hasil kadar Pb tertinggi adalah pada variasi HNO₃-H₂O₂ (10:3) dengan kadar timbal 0,090 mg/kg. Pada penelitian Halimatussa'diyah (2021) yang telah melakukan penelitian kadar logam dengan variasi larutan pendestruksi, dan suhu destruksi didapatkan hasil terbaik destruksi basah tertutup menggunakan larutan pendestruksi HNO₃ dan H₂O₂ dengan perbandingan (1:1), waktu destruksi 15 menit dan suhu 200°C sehingga digunakan pada penelitian ini variasi tersebut.

Menurut (Wulandari dan Sukei, 2013), penambahan HNO₃ pada sampel berfungsi untuk memutus ikatan senyawa kompleks organologam. Penambahan HNO₃ yang bersifat sebagai oksidator kuat dan disertai dengan adanya pemanasan pada proses destruksi akan mempercepat pemutusan ikatan organologam menjadi anorganik. Sedangkan penambahan H₂O₂ berfungsi sebagai agen pengoksidasi yang menyempurnakan reaksi (Tanase, dkk., 2004) dan menghilangkan sisa padatan organik sehingga larutan sampel menjadi jernih (Araujo, G. C., dkk., 2002). Menurut Rifqi, dkk. (2015), reaksi yang terjadi pada senyawa organik dengan adanya penambahan asam nitrat (HNO₃) dan hidrogen peroksida (H₂O₂) adalah sebagai berikut:



2.6 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Prinsip dasar dari SSA adalah tumbukan radiasi (cahaya) dengan panjang gelombang spesifik ke atom yang sebelumnya telah berada pada tingkat energi dasar (*ground-state energy*). Atom tersebut akan menyerap radiasi tersebut dan akan timbul transisi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Tingkat energi di suatu kulit tertentu dapat dinyatakan menggunakan persamaan $E = hv$, persamaan tersebut menyatakan energi yang dibutuhkan/dilepas suatu atom untuk elektron berpindah ke lintasan orbital tertentu. Intensitas dari radiasi yang dihasilkan berhubungan dengan konsentrasi awal atom pada tingkat energi dasar (Settle, 1997). Proses atomisasi, yaitu mengubah analit dari bentuk padat, cair, atau larutan membentuk atom-atom gas bebas yang dilakukan dengan energi dari api atau arus listrik dan sebagian besar atom akan berada pada *ground state*, dan sebagian kecil (tergantung suhu) yang tereksitasi akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang khas untuk atom tersebut, ketika kembali ke *ground state* (Harmita, 2004).

SSA adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas. Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Misalkan natrium menyerap pada 589 nm, uranium pada 358,5 nm, sedangkan kalium pada 766,5 nm. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi. Suatu atom pada keadaan dasar

dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Tingkat-tingkat eksitasinya pun bermacam-macam. Spektrum atomik untuk masing-masing unsur terdiri atas garis-garis resonansi. Garis-garis lain yang bukan garis resonansi dapat berupa spektrum yang berasosiasi dengan tingkat energi molekul, biasanya berupa pita-pita lebar ataupun garis tidak berasal dari eksitasi tingkat dasar yang disebabkan proses atomisasinya (Khopkar, 2010).

Logam-logam yang mudah diuapkan seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn) dan cadmium (Cd), umumnya ditentukan pada suhu rendah sedangkan untuk unsur-unsur yang tidak mudah diatomisasi diperlukan suhu tinggi. Suhu tinggi dapat dicapai dengan menggunakan suatu oksidator bersama dengan gas pembakar, contohnya atomisasi aluminium (Al), titanium (Ti), dan berilium (Be). Atomisasi sempurna sampai saat ini sulit dicapai, meskipun sudah banyak kombinasi bermacam gas. Belakangan ini ada kecenderungan untuk menggunakan tungku grafit yang mudah dalam beberapa detik dapat mencapai temperatur 2000-3000°K (Gandjar, 2010).

2.7 Uji *Two Way* ANOVA

Uji ANOVA (*analysis of variance*) berfungsi untuk menganalisis komparasi multivariabel. Teknik analisis komparatif dengan menggunakan tes “*t*”, teknik tersebut bekerja dengan mencari perbedaan yang signifikan dari 2 variabel. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat digunakan teknik analisis komparatif yang lebih baik yaitu ANOVA (*analysis of variance*). ANOVA dua arah (*two way ANOVA*) digunakan apabila yang dianalisis terdiri dari satu variabel terikat dan

satu variabel bebas. Analisis menggunakan uji ANOVA dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut (Kartikasari, 2016):

- a. Apabila H_0 ditolak dan F hitung $> F$ tabel, maka faktor tersebut berpengaruh terhadap suatu variabel.
- b. Sebaliknya, apabila H_0 diterima dan F hitung $< F$ tabel maka faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap suatu variabel.

Jika nilai % *recovery* lebih besar dari 100% atau hasil pengukuran lebih besar dari konsentrasi sebenarnya, hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah ketidakpastian, penyebabnya kurva standar dalam penelitian masih kurang teliti dalam kalibrasi, baik penggunaan alat maupun pembacaan skala dan juga dapat disebabkan oleh faktor temperatur (Resti, 2016).

Beberapa faktor menyebabkan ketidakpastian dalam penelitian yakni:

- a. Penimbangan yang kurang teliti.
- b. Ekstraksi suatu analit yang tidak atau kurang efisien.
- c. Penggunaan alat seperti pipet, labu takar dan buret tidak sesuai atau benar.
- d. Penggunaan alat pengukuran yang tidak terkalibrasi.
- e. Kegagalan dalam analisis blanko
- f. Pemilihan kondisi pengukuran yang menyebabkan kerusakan dari sampel ataupun analit.

2.8 Eksistensi Laut Sebagai Sumber Penghidupan Manusia dan Potensi Kerusakan Lingkungan.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki potensi sumber daya pesisir dan lautan yang sangat besar. Kekayaan alam kelautan dan sumber daya pesisir yang dimiliki Indonesia tersebut antaranya berupa sumber daya perikanan. Pemanfaatan sumberdaya kelautan secara berkelanjutan juga dapat dilakukan terhadap jasa-jasa lingkungan terutama untuk pariwisata dan pelayaran. Laut menjadi tempat pariwisata yang sangat diminati baik bagi kalangan lokal maupun mancanegara. Selain itu potensi jasa lingkungan kelautan yang lainnya

adalah jasa transportasi laut (penghubung laut). Selain transportasi untuk berpindah tempat antara pulau-pulau, laut juga sebagai penghubung antara pusat perdagangan sehingga sebagian lokasi industri di Indonesia terletak di wilayah pesisir, dikarenakan akses transportasinya lebih mudah ke pusat perdagangan. (Irawan,1995; Dahuri, 2001). Besarnya potensi bahari ini harus kita syukuri karena kita dapat memanfaatkannya dan mengkonsumsinya untuk memenuhi kebutuhan hidup. Sehingga sepatutnya kita bersyukur atas nikmat yang Allah berikan. Sebagaimana dalam firman Allah di surat al-Fatir ayat 12:

وَمَا يَسْتَوِي الْبَحْرَانِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ سَائِغٌ شَرَابُهُ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ وَمِن كُلِّ تَأْكُلُونَ لَحْمًا طَرِيًّا
وَتَسْتَخْرِجُونَ حَلِيَّةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ فِيهِ مَوَآخِرَ لِيَتَّبِعُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

Artinya: *“Dan tiada sama (antara) dua laut; yang ini tawar, segar, sedap diminum dan yang lain asin lagi pahit. Dan dari masing-masing laut itu kamu dapat memakan daging yang segar dan kamu dapat mengeluarkan perhiasan yang dapat kamu memakainya, dan pada masing-masingnya kamu lihat kapal-kapal berlayar membelah laut supaya kamu dapat mencari karunia-Nya dan supaya kamu bersyukur”*

Tim tafsir departemen agama republik Indonesia (2009) menjelaskan tentang surah dan ayat ini bahwasanya Allah mahakuasa, maha pencipta. Di antara bukti kekuasaan Allah adalah penciptaan manusia. Untuk memenuhi keperluan hidup manusia, Allah menciptakan lautan dengan beragam sumber dayanya.

Nikmat berlimpah berupa perairan beserta apa saja yang ada didalamnya yang sudah Allah S.W.T berikan pada manusia hendaknya selalu dijaga agar tidak terjadi kerusakan pada perairan tersebut. Namun walaupun sulit untuk dipungkiri bahwasanya aktivitas yang disebabkan manusialah yang membuat laut tersebut tercemar. Seperti halnya aktivitas rekreasi (*water sport*), kegiatan operasional pelabuhan kapal-kapal besar, limbah *processing* yang langsung dibuang kedalam perairan tanpa diolah, serta limbah bahan bakar kapal yang biasanya mengandung

logam berat sehingga logam tersebut masuk ke perairan dan menyebabkan pencemaran dan toksisitas (Rochyatun, dkk., 2006).

Perbuatan manusia yang merusak lingkungan seperti hal tersebut telah tercantum dalam firman Allah S.W.T dalam Q.S. ar-Rum (30) ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: *“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”*

Kata *“al-fasad”* menurut al-Ashfahani adalah keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit maupun banyak. Kata ini digunakan untuk menunjuk apa saja, baik jasmani, jiwa, maupun hal-hal lain. Ia juga di artikan sebagai lawan kata dari *“as-shaldh”* yang berarti manfaat atau berguna. Beberapa ulama kontemporer memahaminya dalam arti kerusakan lingkungan, karena ayat di atas mengartikan *“fasad”* tersebut dengan kata darat dan laut (Shihab, 2002). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis terhadap pencemaran pada perairan, apabila laut yang menjadi sumber kehidupan masyarakat sekitar tercemari, maka besar kemungkinan bahwa biota laut juga tercemar.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Mei 2022 di laboratorium kimia analitik dan laboratorium instrumen, Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan; spidol, pisau, pinset, wadah sampel, kamera, lemari asam, pipet tetes, seperangkat alat gelas, neraca analitik, mortar dan alu, instrumen SSA dan serangkaian alat refluks.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kepiting rajungan, ikan belanak, air laut, es batu, akuades, HNO_3 , H_2O_2 , *aquabides water injection* dan larutan induk Pb dan Cu.

3.3 Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian yaitu pengambilan sampel, preparasi sampel, pengaturan instrumen SSA. Selanjutnya, dilakukan pembuatan kurva standar Pb dan Cu. Pendestruksian sampel menggunakan HNO_3 dan H_2O_2 serta analisis kadar Pb maupun Cu menggunakan SSA. Data hasil dianalisis menggunakan *two way*

ANOVA untuk mengetahui besaran faktor pengaruh memberikan kadar cemaran Pb dan Cu dalam kepiting rajungan dan ikan belanak.

3.4 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian dalam analisa logam berat Pb dan Cu dalam kepiting rajungan dan ikan belanak yang dilakukan meliputi:

- a. Tahap Pengambilan Sampel.
- b. Tahap Preparasi Sampel.
- c. Tahap Pengaturan Instrumen SSA.
- d. Tahap Pembuatan Kurva Standard Pb dan Cu.
- e. Tahap Pendestruksian dan Analisis SSA Sampel.
- f. Tahap Analisis Data Hasil Menggunakan *two way* ANOVA.

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Tahap Pengambilan Sampel

Sampel kepiting rajungan, ikan belanak, dan air diambil di 3 titik tempat di perairan benoa:

- Stasiun 1 : daerah pemukiman warga dan *water sport* (tanjung Benoa).
- Stasiun 2 : daerah dermaga ikan dan suar.
- Stasiun 3 : kisaran berlabuhnya kapal dan dekat pabrik *processing*.

Alasan dipilihnya 3 titik sampling ini dikarenakan dirasa memiliki cemaran kadar logam yang tinggi berdasarkan dengan aktivitas yang terjadi diperairan tersebut.

Masing-masing stasiun diambil air laut serta 3 ekor kepiting dan ikan dengan ukuran yang berbeda-beda. Pengambilan sampel air diambil di permukaan air, ± 60 cm di atas permukaan sedimen dan 0-1 cm di atas sedimen pada masing-masing stasiun kemudian dimasukkan kedalam botol *polietilen* dan dibekukan.

Pada sampel ikan belanak diambil menggunakan senar yang diikat dengan kail sekitar 5-7 buah kail kemudian dibedakan berdasarkan ukuran yakni 10-15 cm (kecil), 16-20 cm (sedang), dan >20 cm (besar) kemudian dibekukan dalam *freezer*. Sedangkan untuk pengambilan sampel kepiting rajungan diambil menggunakan jaring khusus kemudian dibedakan berdasarkan dengan 3 ukuran berbeda yakni 2-8 cm (kecil), 7-15 cm (sedang) dan 15-20 cm (besar), kemudian rajungan diikat dibagian capitnya sebelum dimasukkan kedalam *cooling box* yang berisi es batu.

3.6 Tahap Preparasi Sampel

Pembersihan sampel dilakukan dengan cara mencuci sampel sampai bersih dengan air mengalir kemudian untuk sampel kepiting diikat pada capitnya saja, kemudian taruh dalam *cooling box* yang sudah di beri *ice pack* dan handuk kecil di atasnya. Sedangkan untuk ikan belanak setelah dicuci dengan air hingga bersih, bersihkan ikan dari sisik, sirip, tulang serta organ dalamnya, kemudian dibekukan juga dalam *freezer*. Botol yang berisi sampel air kemudian dimasukkan dalam *cool box* yang berisi es batu agar tidak terjadi perubahan secara biologis dan kimiawi, selanjutnya ditutup rapat, selanjutnya dibawa kemudian dianalisis di laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.7 Tahap Pengaturan Instrumen

Sebelum menggunakan instrumen SSA, instrumen diatur sesuai dengan kaidah yang berlaku untuk logam yang akan dianalisis. Pengaturan instrumen

SSA untuk analisis dalam penelitian ini tercantum dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pengaturan instrumen SSA

Parameter	Pb _(a)	Cu _(b)
Varian spectra	AA 240	AA 240
Panjang gelombang	283,3 nm	324,8 nm
Lebar celah	0,5 nm	0,5 nm
Lampu katoda	Pb	Cu
kuat arus HCL	10,0 Ma	10,0 μ A
Gas pembakar (Asetilen)	2,0 L/menit	2,0 L/menit
Gas pembawa (Udara)	10,0 L/menit	10,0 L/menit

Keterangan: (a) Dewi (2012) (b) Rahmawati, dkk. (2015)

3.8 Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)

3.8.1 Kurva Standar Timbal (Pb)

Larutan standar Pb induk 1000 ppm dibuat dengan cara menimbang 0,1599 gram serbuk $Pb(NO_3)_2$, dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Dibuat larutan 10 mg/L dengan cara dipipet 1 mL larutan stok 1000 ppm, dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan HNO_3 0,5 M hingga tanda batas. Larutan standar 10 ppm tersebut dipipet 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 mL, dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan diencerkan dengan HNO_3 0,5 M hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar Pb 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 ppm. Larutan tersebut kemudian diukur pada panjang gelombang 283 nm menggunakan SSA pada kondisi optimum sehingga diperoleh data absorbansi masing-masing.

3.8.2 Kurva Standar Tembaga (Cu)

Larutan standar Cu induk 1000 ppm dibuat larutan 10 mg/L dengan cara dipipet 1 mL, dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan

aquabides water injection hingga tanda batas. Larutan standar 10 ppm tersebut dipipet 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 mL, dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar Cd 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 ppm. Larutan tersebut kemudian diukur pada panjang gelombang 324,8 nm menggunakan SSA pada kondisi optimum sehingga diperoleh data absorbansi masing-masing.

3.9 Tahap Pendestruksian dan Analisis SSA Sampel

Sampel ditimbang sebanyak 1 gram, dimasukkan kedalam labu alas bulat dan ditambahkan dengan 10 mL HNO_3 : H_2O_2 (5 mL : 5 mL) dan didestruksi dengan refluks pada suhu 100°C selama 3 jam. Selanjutnya larutan hasil destruksi didinginkan pada suhu ruang dan disaring dengan kertas Whatman No. 42. Filtrat yang diperoleh dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL, diencerkan dengan larutan *aquabides water injection* sampai tanda batas dan dianalisis kadar Pb dan Cu menggunakan SSA.

Pembacaan data analisis dilakukan dengan cara membuat kurva standar untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A), maka nilai yang dapatkan adalah *slope* dan *intersep*. Kemudian nilai konsentrasi Pb dan Cu dalam sampel dapat diketahui dengan melakukan pendekatan regresi linier, yaitu ditunjukkan oleh persamaan 3.1. Persamaan regresi linier tersebut selanjutnya disetarakan dengan hukum Lambert-Beer, hal tersebut ditunjukkan pada persamaan 3.2 yang menyatakan y merupakan absorbansi sampel dan x konsentrasi sampel, kemudian b adalah *slope* dan a mewakili *intersep*.

$$y = bx + a \dots\dots\dots (3.1)$$

$$x = \frac{(y-b)}{a} \dots\dots\dots (3.2)$$

3.10 Analisis *Two Way* ANOVA

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode *two way* ANOVA untuk mengetahui apakah ada pengaruh variasi pengambilan sampel dan variasi ukuran sampel terhadap kadar logam dalam sampel. Hipotesis yang dapat dituliskan yaitu jika H_0 ditolak, maka terdapat pengaruh variasi pengambilan sampel dan variasi ukuran sampel terhadap kadar logam Pb dan Cu dalam sampel, apabila H_0 diterima, maka tidak terdapat pengaruh variasi pengambilan sampel dan variasi ukuran sampel terhadap kadar logam Pb dan Cu dalam sampel. Variabel terikat dan bebas dalam penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Variabel analisis *two way* ANOVA

Variabel Terikat	Variabel Bebas
Pb	Tempat pengambilan sampel Ukuran sampel
Cu	Tempat pengambilan sampel Ukuran sampel

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam Pb dan Cu dalam ikan belanak dan kepiting rajungan yang ada di perairan Benoa, Kabupaten Badung, Bali menggunakan destruksi basah tertutup dengan refluks. Kadar logam Pb dan Cu dalam ikan belanak dan kepiting rajungan kemudian diukur menggunakan SSA.

4.1 Pengambilan dan Preparasi Sampel

Sampel yang diamati adalah air dari perairan Benoa, ikan belanak dan kepiting rajungan yang diambil pada bulan Februari-Maret 2022 yang diperoleh secara pribadi. Teknik pengambilan sampel air laut dalam penelitian ini dilakukan secara acak dari 3 titik stasiun pengambilan air yang berbeda berdasarkan dugaan kandungan logam yang tinggi dari aktivitas yang terjadi di titik-titik tersebut. Sampel air tersebut dimasukkan ke dalam botol plastik 600 mL dan ditetesi HNO₃ 60%, hal ini bertujuan untuk mengawetkan sampel selama perjalanan menuju laboratorium. Sampel ikan belanak dan kepiting rajungan, diambil di tiga titik yang berbeda dan ukuran yang berbeda. Ukuran ikan belanak meliputi 10-15 cm (kecil), 16-20 cm (sedang), dan >20 cm (besar). Kepiting rajungan ukurannya meliputi 2-8 cm (kecil), 7-15 cm (sedang) dan 15-20 cm (besar).

Sampel ikan belanak dan kepiting rajungan hanya diambil bagian dagingnya saja yang merupakan bagian yang dikonsumsi. Sampel ikan belanak dan kepiting rajungan dari masing-masing ukuran ini dibersihkan terlebih dahulu

untuk kemudian diambil bagian dagingnya. Daging yang diperoleh dihaluskan menggunakan mortar dan alu untuk mempermudah proses destruksi. Sampel yang sudah halus dimasukkan ke dalam plastik klip, diberi label berdasarkan jenisnya kemudian disimpan ke dalam *freezer*.

4.2 Pembuatan Kurva Standar Timbal dan Tembaga

Larutan stok $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 1000 ppm diencerkan menjadi 10 ppm, kemudian diencerkan sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan dengan tujuan agar hasil serapan dapat mencakup hasil serapan sampel yang akan dianalisis. Pada logam Pb dibuat dengan 6 rentang konsentrasi yaitu 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 ppm. Pada logam Cu dibuat dengan 6 rentang konsentrasi yaitu 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 2 ppm. Larutan blanko (0,0 ppm) adalah *aquabides water injection*. Analisis logam Pb dan Cu dilakukan menggunakan SSA dengan pengukuran operasional menggunakan lampu katoda Pb dengan kuat arus 10,0 μA , lebar celah 0,5 nm dan pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 283,3 nm untuk logam Pb. Sedangkan untuk logam Cu pengukuran operasional menggunakan lampu katoda tembaga dengan kuat arus 10,0 μA , lebar celah 0,5 nm dan pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 324,8 nm.

Pengukuran serapan dilakukan dengan SSA pada panjang gelombang yang spesifik untuk masing-masing logam. Hasil pengukuran serapan kemudian diplot untuk memperoleh kurva standar dan persamaan garis linearnya. Kurva standar dibuat dengan persamaan regresi linier yaitu $y = ax \pm b$, di mana y merupakan absorbansi sedangkan a dan b merupakan konstanta yang akan ditentukan oleh nilai *slope*. Perbandingan antara nilai absorbansi dengan larutan standar akan

menghasilkan kurva garis lurus. Data yang diperoleh kemudian dibuat kurva kalibrasi dengan membandingkan konsentrasi larutan standar (x) terhadap absorbansi (y), sehingga dapat ditentukan persamaan garis regresi linier tersebut. Kurva standar logam Pb dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1 sedangkan kurva standar logam Cu dapat ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Gambar 4.1 Grafik kurva standar logam timbal (Pb).

Gambar 4.2 Grafik kurva standar logam tembaga (Cu).

Berdasarkan Gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi juga nilai absorbansinya, sehingga diperoleh persamaan regresi linier $y = 0,0213x$ untuk logam Pb dan $y = 0,1671x + 0,0021$ untuk logam Cu. Dalam hal ini y adalah absorbansi, a adalah *slope*, x adalah konsentrasi, dan b adalah *intersep*. Dari persamaan dua logam tersebut masing-masing memiliki nilai koefisien korelasi (r) adalah 0,9641 untuk logam Pb dan 0,9992 untuk logam Cu. Nilai tersebut sudah mendekati 1 sehingga kurva standar tersebut sudah cukup baik dan linier. Persamaan regresi linier tersebut kemudian dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel karena adanya hubungan linier antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A). Biasanya pembacaan SSA negatif disebabkan oleh kontaminasi atau komponen yang menyebabkan interferensi spektral dalam larutan blanko. Oleh karena itu absorbansi yang tinggi perlu diubah menjadi nol, sehingga absorbansi sampel menjadi relatif negatif terhadap blanko.

Uji linearitas bertujuan untuk membuktikan hubungan linier antara konsentrasi dengan absorbansi dari data kurva standar. Hubungan tersebut dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (r) dan persamaan regresi linier. Persamaan regresi linier dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2. Sensitivitas yang diperoleh dari pembuatan kurva standar Pb ditunjukkan dengan nilai *slope* (kemiringan) sebesar 0,0213, sedangkan sensitivitas yang diperoleh dari pembuatan kurva standar Cu ditunjukkan dengan nilai *slope* 0,1671. Nilai tersebut menunjukkan setiap perubahan konsentrasi (sumbu x) akan memberikan perubahan terhadap nilai absorbansi (sumbu y) sebesar 0,0213 untuk logam Pb dan 0,1671 untuk logam Cu. Selain itu, hasil perhitungan *Limit of Detection* (LOD) diperoleh 0,13 mg/L untuk logam Pb dan 0,0415 mg/L untuk logam Cu. Nilai LOD tersebut merupakan batas konsentrasi Pb dan Cu terendah yang dapat dideteksi oleh instrumen, jika konsentrasi yang diperoleh kurang nilai LOD maka bukan termasuk konsentrasi Pb maupun Cu melainkan mengandung pengotor. Hasil *Limit of Quantitation* (LOQ) diperoleh 0,45 mg/L untuk logam Pb dan 0,138 mg/L untuk logam Cu. Hal tersebut menandakan apabila konsentrasi Pb dan Cu yang diperoleh melebihi batas tersebut maka pengukuran dapat dikatakan akurat.

4.3 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Sampel Air dari Perairan Benoa Kabupaten Badung, Bali

Sampel air diambil di 3 stasiun yang berbeda sesuai dengan tempat sampel ikan dan kepiting diambil. Perbedaan tempat pengambilan sampel didasarkan pada dugaan tempat yang paling banyak mengandung logam sesuai dengan aktivitas yang terjadi di stasiun tersebut. Stasiun 1 yakni daerah pemukiman warga sekaligus *water sport* biasa dikenal dengan tanjung Benoa yang mana pada

stasiun tersebut biasa terjadi aktivitas menggunakan transportasi laut di antaranya perahu dengan tenaga mesin dan *speedboat*. Kedua transportasi laut tersebut sama-sama menggunakan solar sebagai bahan bakar, sehingga hasil pembakaran dari solar tersebut dapat mencemari laut sekitarnya. Stasiun 2 diambil disekitar dermaga ikan dan suar, dermaga ikan ini adalah tempat diturunkannya ikan dari kapal-kapal nelayan untuk diproses di *processing*. Sama seperti halnya perahu dan *speedboat*, kapal pengangkut ikan juga menggunakan mesin berbahan bakar solar dengan skala lebih besar. Sedangkan pada stasiun 3 adalah tempat berlabuhnya kapal dan daerah pabrik *processing*, kapal biasanya diam ditempat ini untuk dibersihkan atau hanya sekedar parkir sebelum nantinya berangkat berlayar kembali. Limbah dari pabrik *processing* juga langsung kedalam laut, hal-hal tersebut dapat menyebabkan pencemaran pada laut. Berdasarkan pada dugaan tersebut, dilakukan analisis terhadap kadar logam pada air laut di perairan Benoa.

Setelah dilakukan analisis kadar logam dalam air laut didapatkan hasil sebagaimana yang ada pada Gambar 4.3. Telah tercantum dalam Standar Nasional Indonesia No. 7387 (2009) bahwa batas maksimum kadar logam Pb dan Cu yang boleh ada di air laut adalah 0,008 mg/L sedangkan baik stasiun 1, 2, maupun 3 memiliki kadar logam yang melebihi batas maksimum dari SNI. Sehingga dapat dikatakan bahwa perairan Benoa sudah tercemar logam berat.

Gambar 4.3 Kadar logam Pb dan Cu dalam air laut.

Data hasil kadar Pb dan Cu dalam air laut tersebut dikelola menggunakan uji *one way* ANOVA dengan signifikan yang digunakan sebesar 0,05 atau tingkat

kepercayaan 95% dari uji ANOVA. Analisis *one way* ANOVA. Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat pada lampiran 7, didapat bahwa nilai F tabel sebesar 5,14. Untuk Kadar logam Pb nilai F hitung $(5,14) > F$ tabel $(0,328)$ dan nilai signifikasi $(0,733) > \alpha 0,05$, yang mana artinya tidak terdapat pengaruh perbedaan tempat pengambilan sampel air laut terhadap kadar logam Pb. Untuk kadar logam Cu F hitung $(5,14) > F$ tabel $(1,699)$ dan nilai signifikasi $(0,260) > \alpha 0,05$ yang mana menyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh perbedaan tempat pengambilan sampel air laut terhadap kadar logam Cu.

Adanya logam Pb yang mencemari air laut diduga disebabkan oleh bahan bakar kapal yang mengandung tetraetil timbal (TEL) sebagai aditif bahan bakar peningkat nilai oktan, dikarenakan aditif ini efektif dan murah. Seluruh transportasi laut menggunakan bahan bakar yang mengandung Pb sehingga setiap aktivitas yang dilakukan menggunakan transportasi laut dapat menyebabkan pencemaran logam Pb dalam air, sedimen dan seluruh biota laut. Keberadaan logam Cu yang mencemari air laut disebabkan oleh cat *antifouling*, bahan kimia utama dalam *antifouling* ini adalah Pb dan unsur yang mengandung Cu. Penggunaan cat *antifouling* adalah untuk melindungi lambung kapal dan tiang penyanggah jalan tol dari makhluk hidup yang menempel dipermukaannya seperti lumut dan sejenisnya.

4.4 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Ikan Belanak dari Perairan Benoa

4.4.1 Pengaruh Tempat Pengambilan Ikan Belanak terhadap Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)

Sampel ikan belanak diambil di 3 tempat yang berbeda untuk mengetahui pengaruh tempat pengambilan sampel terhadap kadar logam Pb dan Cu di dalam

ikan. Pengaruh tempat pengambilan ikan belanak terhadap kadar logam yang dikandung dapat dilihat menggunakan analisis *two way* ANOVA pada tabel 4.2. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada lampiran 7 didapatkan hasil F tabel sebesar 3,44 dengan taraf signifikansi sebesar (α) 5%. Sehingga untuk kadar logam Pb dalam ikan belanak dengan variasi tempat pengambilan sampel didapat bahwa F hitung (14,718) $>$ F tabel (3,44) dan nilai probabilitas (0,0) $<$ α (0,05) maka dapat dinyatakan terdapat pengaruh kadar logam Pb pada tempat pengambilan sampel ikan belanak. Hasil analisis kadar logam ikan belanak dengan variasi tempat pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Gambar 4.4 Kadar logam Pb dan Cu dalam ikan belanak dengan variasi tempat pengambilan sampel.

Sedangkan untuk kadar logam Cu dalam ikan belanak dengan variasi tempat pengambilan sampel didapat bahwa F hitung (1,834) $>$ F tabel (3,44) dan nilai probabilitas (0,183) $>$ α (0,05). Berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa perbedaan tempat pengambilan tempat sampel tidak mempengaruhi kadar logam Cu dalam ikan belanak. Secara keseluruhan adanya perbedaan logam pada ikan belanak disetiap stasiun diduga karean sifat logam Pb yang sulit diregulasi. Pada stasiun 3 kadar logam Pb dalam ikan belanak ditemukan jauh lebih kecil dibandingkan dengan kadar logam Pb di stasiun lainnya, hal tersebut memungkinkan bahwa ikan belanak tersebut tidak berdiam di stasiun 3 melainkan dari titik lain dengan cemaran logam Pb yang lebih sedikit. Sulit menebak hal yang memungkinkan kandungan cemaran berbeda pada biota laut yang hidup bebas bukan dipenangkaran maupun tambak. Hal-hal yang diduga mengakibatkan

perbedaan adalah sifat logam yang akumulatif dalam daging dan jaringan, waktu logam berat terakumulasi dan berapa banyak aktivitas yang terjadi di daerah tersebut (Ningrum, 2006). Nilai kandungan logam berat yang cukup tinggi juga disebabkan oleh pengaruh lingkungan, musim dan ukuran ikan.

4.4.2 Pengaruh Ukuran Ikan terhadap Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)

Sampel ikan belanak diambil dengan 3 ukuran yang berbeda yakni kecil (10-15 cm), sedang (15-20 cm), dan besar (>20 cm). Setelah dianalisis, didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5 Kadar logam Pb dan Cu dalam ikan belanak dengan variasi ukuran sampel.

Berdasarkan Gambar 4.5 terdapat perbedaan kadar logam Pb dan Cu dalam ikan belanak, hal ini diduga karena perbedaan kemampuan ikan dalam menyerap unsur yang berbeda. Menurut Darmono (2001) Tingkat kekuatan masuknya logam berat kedalam jaringan ikan berturut-turut adalah $Cd > Hg > Pb > Cu$, sehingga menghasilkan kadar logam Pb dalam ikan belanak lebih besar dari logam Cu. Kadar logam Pb pada ikan belanak kecil lebih rendah dibandingkan dengan ikan belanak sedang. Hal ini diduga karena ikan kecil belum lama mengakumulasi logam berat yang mencemari lingkungan. Penelitian al-Yousuf, dkk. (2000) menyatakan ikan belanak sedang berada dalam fase aktif mencari makan dan menyebabkan peningkatan penyerapan unsur yang baik, sedangkan pada ikan belanak besar ikan mengalami fase penurunan dikarenakan kecepatan penyerapan unsur akan berkurang seiring bertambahnya panjang dan ukuran ikan. Sehingga

pertambahan unsur logam berat lebih kecil daripada pertambahan tubuh ikan. Berdasarkan SNI 7387 (2009) kadar Pb dan Cu maksimum untuk golongan ikan laut serta olahannya yaitu 0,3 dan 0,02 mg/Kg, sehingga secara keseluruhan ikan belanak dari perairan Benoa sudah tercemari logam berat Pb dan Cu. Maka dari itu masyarakat di daerah perairan Benoa tidak dianjurkan untuk mengonsumsi ikan dari perairan tersebut.

Berdasarkan uji *two way* ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan dari ukuran ikan terhadap kadar logam Pb dan Cu. Nilai *F* hitung logam Pb sebesar 2,431 lebih kecil dari *F* tabel yaitu 3,44 dengan nilai probabilitas sebesar 0,111 ($\text{sig} > 0,05$), sedangkan logam Cu memiliki nilai *F* hitung sebesar 0,441 lebih kecil dari *F* tabel yaitu 3,44 dengan nilai probabilitas sebesar 0,649 ($\text{sig} > 0,05$).

Korelasi yang terjadi antara kadar logam Pb dan Cu dalam air laut dan ikan belanak dapat dikatakan linier dikarenakan kadar Pb dalam air laut lebih tinggi daripada kadar Cu. Hal tersebut berlaku sama dengan kadarnya yang ada dalam ikan belanak, hanya kadar logam dalam ikan belanak lebih tinggi dibandingkan kadar logam dalam air. Adanya logam berat pada ikan yang jauh lebih tinggi daripada di air laut menunjukkan adanya logam Pb dan Cu dalam air laut yang terserap dalam tubuh ikan yang dapat terakumulasi dalam waktu yang sangat lama.

Ikan dapat mengakumulasi logam dengan menelan partikel atau makanan yang ada di dalam air, ikan juga dapat melakukan pertukaran ion logam terlarut melalui membran lipofilik, misalnya insang. Dalam tubuh hewan logam diabsorpsi darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan

ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi biasanya dalam detoksifikasi (hati) dan ekskresi (ginjal). Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air atau lingkungan, suhu, keadaan spesies dan aktivitas fisiologi (Connel dan Miller, 1995 dan Darmono, 2006).

Pb akan masuk secara langsung ke dalam tubuh ikan melalui insang karena insang sangat peka terhadap pengaruh toksisitas logam. Logam Pb dan Cu yang terabsorpsi dari perairan ke dalam biota akan melewati membran sel dari molekul lipid dan protein. Di dalam sel, logam akan membentuk ikatan kompleks dengan molekul protein dalam ikan maupun kepiting. Pb dan Cu akan berikatan dengan metalotinenin melalui residu sistein (Francesconi, 2007). Reaksi ikatan kompleks Pb dan Cu pada sistein ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Gambar 4.6 Reaksi ikatan kompleks Pb atau Cu pada sistein.

Pembentukan senyawa kompleks tersebut terjadi karena adanya reaksi antara ion Pb^{2+}/Cu^{2+} dengan ligan sistein yang berikatan melalui ikatan kovalen koordinasi dengan adanya donor elektron dari ligan (Winarno, 1991). Atom sulfur pada sistein berperan sebagai atom donor yang berikatan dengan ion logam (Darmono, 1995).

4.5 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Kepiting Rajungan dari Perairan Benoa

4.5.1 Pengaruh Tempat Pengambilan Kepiting Rajungan terhadap Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)

Kepiting rajungan diambil di 3 tempat yang berbeda untuk mengetahui pengaruh tempat pengambilan sampel terhadap kadar logam Pb dan Cu di dalam kepiting. Hasil analisis kadar logam kepiting rajungan dengan variasi tempat pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa kadar logam Cu pada setiap stasiun berbeda. Hal ini diduga karena perbedaan akumulasi logam pada sedimen di setiap stasiun.

Gambar 4.7 Kadar logam Pb dan Cu dalam kepiting rajungan dengan variasi tempat.

Kadar logam Cu dalam kepiting rajungan sangat tinggi, hal ini sesuai dengan SNI 7387 (2009) yang menyatakan kadar logam pada golongan kepiting dan krustasea memiliki kadar yang memang lebih tinggi dibanding ikan dan olahannya. Batas maksimum logam Pb dan Cu untuk golongan kepiting dan krustasea berturut-turut adalah 0,5 dan 1 mg/Kg. Dari batas maksimum tersebut dapat dilihat juga bahwa kadar logam kepiting rajungan secara keseluruhan sudah melebihi ambang batas yang aman untuk dikonsumsi.

Kadar logam Cu pada kepiting rajungan memiliki perbedaan yang cukup tinggi dibandingkan dengan kadar logam Pb. Diketahui bahwa kepiting rajungan tergolong krustasea yang mana sedimen menjadi tempat utama dari krustasea untuk hidup. Krustasea memiliki sifat yang dapat mengakumulasi logam dalam tubuhnya dan cara makan yang *detrivorus*. Sedimen dan detritus biasanya mengandung logam yang paling tinggi pada lingkungan yang tercemar logam (Connell dan Miller, 1995). Harahap (1991) juga menyatakan bahwa konsentrasi logam dalam air lebih kecil dibandingkan dalam sedimen, karena logam berat

lebih mudah mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen. Hal tersebut menyebabkan kandungan logam pada kepiting rajungan lebih tinggi dibandingkan pada ikan belanak

Perbedaan kandungan logam Pb dan Cu dalam kepiting juga diduga karena kandungan logam Cu lebih tinggi didalam sedimen dibandingkan logam Pb. Logam Cu merupakan logam berat yang cenderung mudah untuk terendapkan dalam sedimen, sehingga akumulasi logam Cu pada sedimen akan lebih tinggi dibandingkan logam Pb (Supriyatini dan Soenadjo, 2015). Seperti yang ditegaskan oleh Hutagalung (1997), bahwa kemampuan beberapa logam berat dalam berikatan dengan asam amino mengikuti urutan sebagai berikut: $Hg > Cu > Ni > Pb > Co > Cd$.

Berdasarkan uji *two way* ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan dari ukuran ikan terhadap kadar logam Pb dan Cu. Nilai *F* hitung logam Pb sebesar 2,431 lebih kecil dari *F* tabel yaitu 3,44 dengan nilai probabilitas sebesar 0,111 ($sig > 0,05$), sedangkan logam Cu memiliki nilai *F* hitung sebesar 0,441 lebih kecil dari *F* tabel yaitu 3,44 dengan nilai probabilitas sebesar 0,649 ($sig > 0,05$). Tidak terdapat perbedaan signifikan dari perbedaan tempat pengambilan kepiting terhadap kadar logam Pb. Nilai *F* hitung sebesar 2,961 lebih kecil dari nilai *F* tabel yakni 3,44 dan nilai probabilitas sebesar 0,073 ($sig > 0,05$). Hasil uji pada kadar logam Cu bertolak belakang dengan logam Pb, terdapat perbedaan signifikan dari perbedaan tempat pengambilan kepiting terhadap kadar logam Cu. Nilai *F* hitung didapatkan sebesar 6,247 lebih besar dari nilai *F* tabel yakni 3,44 dan nilai probabilitas sebesar 0,007 ($sig < 0,05$).

4.5.2 Pengaruh Ukuran Kepiting Rajungan terhadap Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)

Kepiting rajungan diambil dengan 3 ukuran yang berbeda untuk mengetahui pengaruh ukuran kepiting terhadap kadar logam Pb dan Cu di dalam kepiting. Tidak berbeda dengan variasi tempat pengambilan sampel, kadar logam Pb pada kepiting rajungan < 4 mg/Kg dengan perbedaan yang tidak cukup jauh pada tiap ukurannya. Uji ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan ukuran kepiting terhadap kadar logam Pb. Nilai F hitung yang diperoleh sebesar 1,446 lebih kecil dibandingkan nilai F tabel yakni 3,44 dan nilai probabilitas 0,257 ($\text{sig} > 0,05$). Hasil menunjukkan terdapat perbedaan signifikan ukuran kepiting terhadap kadar logam Cu. Nilai F hitung diperoleh sebesar 9.156 lebih besar dari nilai F tabel yakni 3,44 dan nilai probabilitas 0,001 ($\text{sig} < 0,05$).

Hasil pada Gambar 4.8 tidak jauh berbeda dengan variasi tempat pengambilan sampel. Perbedaan kandungan logam diduga disebabkan oleh kemampuan kepiting menyerap unsur. Biota laut bebas cukup sulit untuk menganalisis alasan mengapa biota mengandung kadar logam yang perbedaannya cukup signifikan. Hasil analisis kadar logam kepiting rajungan dengan variasi tempat pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Gambar 4.8 Kadar logam Pb dan Cu kepiting rajungan dengan variasi ukuran sampel.

Korelasi antara kadar logam Pb dan Cu dalam air laut dan dalam daging kepiting tidak linier, kadar Cu dalam air laut lebih rendah dibandingkan kadar Pb sedangkan daging kepiting memiliki kadar Cu lebih tinggi dibandingkan kadar Pb.

Hal ini dikarenakan kepiting cenderung menghabiskan waktu lebih banyak di sedimen atau di dasar laut. Sedangkan kemudahan tiap logam mengendap dalam sedimen berbeda-beda, sehingga terjadi perbedaan yang cukup signifikan baik antar logam maupun antar kadar logam yang terkandung dalam kepiting rajungan.

Secara keseluruhan kadar logam Pb dan Cu dalam sampel sudah melebihi batas maksimum yang ditentukan oleh SNI 7387:2009, sehingga kepiting rajungan dapat dikatakan sudah terkontaminasi logam berat. Apabila dikonsumsi secara terus-menerus kurang dianjurkan karena logam berat dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan pada organ dalam tubuh. Apabila tetap ingin mengonsumsi kepiting rajungan yang ada disekitar perairan Benoa, maka dianjurkan untuk memberikan jeda waktu yang cukup untuk tubuh dapat meregulasi logam berat dalam tubuh.

4.6 Kajian Hasil Penelitian Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Ikan Belanak dan Kepiting Rajungan di Perairan Benoa menurut Persepektif Islam

Perairan Benoa merupakan salah satu perairan yang memiliki fungsi penting bagi kehidupan masyarakat seperti dimanfaatkan sebagai daerah penangkapan ikan oleh nelayan setempat. Perairan Benoa merupakan perairan semi tertutup dan dangkal di mana pengaruh dari daratan lebih besar dari pengaruh laut. Sejumlah sungai bermuara di perairan teluk Benoa di antaranya yaitu sungai Badung, sungai Mati, sungai Sama, sungai Bualu, sungai Buaji, dan sungai Loloan (Sudiarta, dkk., 2013). Keberadaan sungai yang bermuara ke teluk Benoa serta adanya aktivitas yang tinggi pada perairan memiliki potensi yang cukup besar dalam masuknya logam berat ke perairan Benoa. Aktivitas rekreasi

(*water sport*) serta kegiatan operasional pelabuhan juga menjadi salah satu sumber pencemaran logam berat, dilihat dari keberadaan perairan Benoa sebagai pelabuhan internasional, maka setiap tahun aktivitasnya terus bertambah (dengan kunjungan kapal yang tertinggi dibandingkan dengan pelabuhan lainnya yang berada di Bali). Tingginya pemakaian bahan bakar minyak yang mengandung logam berat serta lingkungan air yang menjadi tempat pembuangan berbagai macam limbah mengindikasikan bahwa kemungkinan besar kandungan logam berat pada sedimen maupun air di perairan Benoa cukup tinggi (Rochyatun, dkk., 2006; Indu, 2001). Pada penelitian yang dilakukan Siaka (2008) diperoleh kandungan logam Pb pada perairan Benoa sebesar 11,5-15,5 mg/Kg dan logam Cu 32,5-35,8 mg/Kg tergantung pada kedalaman air dan sedimen yang diambil. Sedangkan pada penelitian ini melakukan analisis kadar logam pada air laut di perairan Benoa didapat kadar logam Pb pada rentan 0,42-0,45 mg/L dan kadar logam Cu pada rentan 0,05-0,06 mg/L. Kandungan logam pada perairan sudah melebihi ambang batas SNI yakni 0,008 mg/L, sehingga dapat dikatakan bahwa air pada perairan Benoa telah tercemar.

Perbedaan waktu juga tidak membuat perairan Benoa pulih dari pencemaran, sehingga perairan Benoa tetap mengalami kerusakan. Pada kenyataannya Allah berfirman yang tertulis dalam QS al-A'raaf/7: 56.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ
مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (Tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”. (al-Qur’an dan Terjemahnya, Kementerian Agama RI, 2012).

Dalam ayat ini, Allah swt. menerangkan bahwa jangan sekali-kali kamu membuat kerusakan di muka bumi setelah Allah menciptakan alam ini dengan sempurna dan seimbang untuk mencukupi kebutuhan makhluk-Nya. Salah satu contoh kerusakan yang dimaksud dalam ayat ini adalah pencemaran logam berat yang disebabkan oleh perbuatan manusia yang tidak menjaga kebersihan laut yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada ekosistem laut seperti ikan yang terkontaminasi oleh logam berat yang akan berdampak buruk pada manusia yang mengonsumsinya. Keberadaan logam berat pada badan air laut akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme di dalamnya (Takarina, dkk., 2013).

Sepatutnya kita bersyukur atas nikmat yang Allah berikan dengan tidak merusak atau mencemari apa yang sudah Allah S.W.T berikan pada hambanya. Sebagaimana dalam firman Allah di surat an-Nahl ayat 14:

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِمَنَّا كُلُّوا مِنْهُ لِحِمَمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاجِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

Artinya: *"Dia dialah yang menundukkan lautan (untuk kalian) agar kalian dapat memakan darinya daging yang segar (ikan), dan dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai; dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya, dan supaya kamu bersyukur".*

Tafsir ibn katsir menjelaskan tentang surah dan ayat ini bahwa Allah telah menundukkan lautan serta ombaknya yang besar dan bergemuruh pada hamba-hambanya, sehingga hambanya dapat mengarungi lautan ini dan dapat menangkap ikan-ikan yang telah diciptakan dan menghalalkan untuk hamba-hambanya untuk memakan dagingnya baik yang mati ataupun yang hidup atau yang mati dalam keadaan ihram atau tidak supaya manusia itu bersyukur (Abdul-Rahman, 2009).

Setelah dilakukan penelitian terhadap biota laut yang ada pada perairan Benoa didapatkan kandungan logam Pb dalam ikan belanak 0.00-4.47 mg/Kg dan logam Cu 0,00-0,55 mg/Kg. Ikan belanak sebagian sudah tercemar karena kandungannya melebihi batas maksimum SNI yakni 0,3 mg/Kg untuk logam Pb dan 0,02 mg/Kg untuk logam Cu. Sedangkan untuk kepiting rajungan kadar logam Pb 1,72-3,38 mg/Kg dan kadar logam Cu 6.11-37,43 mg/Kg. Kepiting rajungan juga sudah tercemari logam berat karena kandungannya melebihi batas maksimum SNI yakni 0,5 mg/Kg untuk logam Pb dan 1 mg/Kg untuk logam Cu. Konsumsi ikan maupun kepiting yang tercemar logam Pb dan Cu akan menyebabkan berbagai macam penyakit yang dampaknya akan dirasakan setelah jangka panjang mengonsumsi ikan dan kepiting yang tercemar logam berat. Menurut Depkes (2001), apabila logam Pb sudah banyak mengendap dalam tubuh keracunan akan terjadi yang tandai dengan mual, muntah, sakit perut hebat, kelainan fungsi otak, anemia berat, kerusakan ginjal, bahkan kematian dapat terjadi dalam waktu 1-2 hari (Maboya, 2007). Sedangkan untuk logam Cu, apabila konsumsi 10-15 mg Cu sehari dapat menimbulkan muntah-muntah dan diare, berbagai tahap pendarahan intravaskuler dapat terjadi begitupun nekrosis sel-sel hati dan gagal ginjal. Konsumsi dosis tinggi dapat menyebabkan kematian (Almatsier, 2004). Maka dari itu konsumsi ikan belanak dan kepiting rajungan yang diambil dari perairan Benoa tidak bisa dikonsumsi setiap hari, harus dalam porsi seimbang agar tidak membahayakan tubuh.

Agama Islam sangat memperhatikan mengenai makanan, hal tersebut tertulis didalam Al-Qur'an Surat 'Abasa ayat 24 yang berbunyi:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۚ ٢٤

Artinya: “Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya”.

Sangat jelas pada ayat tersebut Allah S.W.T sudah memerintahkan untuk kita sebagai umatnya, agar selalu memperhatikan apa-apa saja yang kita makan, baik buruknya apa yang kita makan dan halal haramnya apa yang masuk dalam tubuh kita. Sesungguhnya ikan belanak dan kepiting rajungan halal untuk dikonsumsi, namun akibat dari pencemaran lingkungan yang juga menyebabkan ikan dan kepiting tercemar dan tidak baik untuk dikonsumsi, maka ikan belanak dan kepiting rajungan di perairan Benoa halal namun tidak baik untuk dikonsumsi. Untuk memenuhi tugas manusia sebagai khalifah di bumi, kita sudah seharusnya melindungi kelestarian hewan laut. Hal-hal yang bisa dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi kadar logam Pb dan Cu dalam perairan di antaranya mengurangi penggunaan bahan bakar bebas Pb dan Cu, mengurangi pembuangan limbah ke laut yang dapat meningkatkan kadar logam Pb dan Cu dalam air laut, serta adanya penanaman tanaman air yang dapat mengurangi pencemaran logam Pb dan Cu.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kadar logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada air di perairan Benoa berada dikisaran 0,41-0,45 mg/L dan 0,05-0,06 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa perairan Benoa di kabupaten Badung, Bali mengandung logam berat Pb dan Cu.
- b. Kadar logam Pb dan Cu pada ikan belanak di perairan Benoa berada pada kisaran 0,00-4,47 mg/Kg dan 0,00-0,55 mg/Kg. Terjadi perbedaan signifikan kadar logam dengan tempat pengambilan sampel, namun tidak terjadi perbedaan signifikan terhadap ukuran sampel. Kandungan logam Pb lebih tinggi dibandingkan Cu, hal tersebut selaras dengan kandungan logam pada air laut yang merupakan habitat tempat tinggal ikan belanak.
- c. Kadar logam Pb dan Cu pada kepiting rajungan di perairan Benoa berada pada 1,72-3,38 mg/Kg dan 6,11-37,43 mg/Kg. Hal ini menunjukkan bahwa sampel kepiting rajungan dari perairan Benoa mengandung logam berat Pb dan Cu. Terjadi perbedaan signifikan terhadap kedua variasi yang dilakukan yakni variasi tempat pengambilan sampel dan juga ukuran sampel. Kadar logam Cu jauh lebih tinggi dibandingkan logam Pb, karena perbedaan kandungan pada wilayah lingkungan hidup kepiting, yakni sedimen.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat mengembangkan penelitian ini adalah:

- a. Perlu memperbanyak jumlah sampel karena pengambilan sampel dilakukan di alam bebas untuk dapat menyatakan bahwa perairan Benoa sudah tercemar logam berat.
- b. Sampling ikan belanak dilakukan dengan perbedaan ukuran yang lebih signifikan.

- c. Perlu dilakukan sampling sedimen untuk menentukan linier atau tidaknya kadar logam dalam ekosistem kepiting rajungan dengan kepiting rajungan itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Rahman, M. S. 2009. *Tafsir Ibn Katsir Juz' 14 (Part 14): Al-Hijr 1 to An-Nahl 128 2nd Edition*. MSA Publication Limited.
- Al' Amin., Raza'I, Tengku Said., dan William, Nancy. 2014. *Analisis Kandungan Logam berat Timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada Kepiting Rajungan (Portunus pelagicus) di teluk Riau Kota Tanjung Pinang Provinsi Kepulauan Riau*. Jakarta: Manajemen Sumber Daya Perairan.
- Araujo, R. G. O., Macedo, S. M., Korn, M. dan G. A., Pimentel, M. F., Bruns, R. E., Ferreira, S. L. C. 2008. Mineral Composition of Wheat Flour Consumed in Brazil Cities. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 19(5): 935-942.
- Cahyani N, Djamar T.F Lumbun Batu dan Sulistiono. 2016. Kandungan Logam Berat Pb, Hg, Cd, Dan Cu Pada Daging Ikan Rejung (Sillago sihama) Di Estuari Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah. *JPHPI*. 19(3).
- Cholik, F., A.G. Jagatraya., R.P. Poernomo. dan A, Jauzi. 2005. *Akuakultur: Tumpuan Harapan Masa Depan Bangsa*. Jakarta: Penerbit Masyarakat Perikanan Nusantara dengan Taman Akuarium Air Tawar Taman Mini "Indonesia Indah".
- Connell, D. w. dan G. J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. (Terjemah oleh Koestoer, Y). UI Press. Jakarta.
- Dahuri, R. 2001. Pengelolaan Ruang Wilayah Pesisir dan Lautan Seiring dengan Pelaksanaan Otonomi Daerah. *Jurnal Kelautan*. 18(2).
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta (ID): UI – Press.
- Darmono.2010. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Demirel, S., Tuzen, M., Saracoglu, S., Soylak, M. 2008. Evaluation of Various Digestion Procedures for Trace Element Content of Some Food Materials. *Journal of Hazardous Materials*. 152: 1020-1026.
- Dewi, D. C. 2012. Determinasi Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Makanan Kaleng Menggunakan Destruksi Basah dan Destruksi Kering. *Jurnal Alchemy*. 2(1). 12-25.

- Enanmorado-Baez, S. M., Abril, J. M., Gomez-Guzman, J. M. 2013. Determination of 25 Trace Element Concentration in Biological Reference Material by ICP-MS Following Different Microwave-Assisted Acid Digestion Methods Based on Scaling Masses of Digested Samples. *ISRN Analytical Chemistry*.
- FAO. 1972. *Food Composition Tabel for Use in East Asia*. Food Policy and Nutrition Division, Food and Agriculture Organization of The United Nation. Rome.
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fitriani, Yul. 2017. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Pada Daging, Insang dan Hepatopankreas Kepiting Rajungan (*Portunus pelagicus*) di Pulau Lae-Lae. *Skripsi*. Jurusan Biologi pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alanuddin Makasar.
- Francesconi, K. A. 2007. Toxic Metal Species and Food Regulation Making Healty Choice. *The Analyst*. 132: 17-20.
- Gandjar, I. G dan Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis Cetakan Kedua*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gandjar, I, G., & Rohman, A., 2010, *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta, Pustaka Pelajar.
- Haas, E.M. 1984. *Cadmium Staying Healthy with Nutrition: The Complete Guide Diet and Nutritional Nutrition Center*. San Rafael.
- Halimatussa'diyah, Nahdya. 2021. Pengaruh Variasi Larutan Pendestruksi, Waktu, Suhu, dan Ukuran Terhadap Penentuan Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Menggunakan Metode *Microwave Degestion* dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
- Harahap, S. 1991. *Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro*. IPB. 167.
- Harmita. 2006. *Buku Ajar Analisis Fisiko Kimia*. Depok: Departemen Farmasi FMIPA UI. 91-92, 94-95.
- Harvey D. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. New York (US): McGraw-Hill.
- Hidayat, Y. S. 2016. Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Coklat Batang Menggunakan Variasi Metode Destruksi dan Zat Pengoksidasi Secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.

- Hutagalung, H. P., D. S. Permana dan S. H. Riyono. 1997. *Metode Analisa Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. P3O-LIPI. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Indu, 2001, *Benoa Potensial Jadi Pelabuhan Bisnis*, Bali Post 29 Mei 2001, Denpasar.
- Irawan, A. 1995. *Pengawetan Ikan dan Hasil Perikanan, Cara Mengolah dan Mengawetkan Secara Tradisional dan Modern*. Penerbit CV. Aneka Solo
- Junianto, 2003. *Teknik Penangan Ikan*. Penerbit PT. Penebar Swadaya, Jakarta. 199.
- Juwana, S. 2002. *Kriteria Optimum untuk Pemeliharaan Larva Rajungan (Portunus pelagicus) di Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. Neptunus*. Majalah Ilmiah Pembangunan dan Pengembangan Kelautan, IX (2): 75-88.
- Juwana, S. dan K. Romimohtarto. 2000. *Rajungan; Perikanan, Cara Budidaya dan Menu Masakan*. Djambatan. Jakarta.
- Kalaskar, M.M. 2012. Quantitative Analysis of Heavy Metals From Vegetables of Amba Nalain Amravati District. *Der Pharma Chemica*, 4: 2373-2377.
- Kartikasari, M. 2016. Analisis Logam Timbal (Pb) pada Buah Apel (*Pylus Malus L.*) dengan Metode Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Malang. UIN Maliki Malang.
- Kantor Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Kementerian Negara Lingkungan Hidup No. Kep-51/2004 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*. Kantor Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Khopkar, S.M. 2010. *"Konsep Dasar Kimia Analitik"*. Jakarta: UI Press.
- Kottelat, M., Whitten, A. J., Kartikasari, Sri Nurani, & Wirjoatmodjo, Soetikno. 1993. *Freshwater fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Editions Ltd, Hong Kong.
- Kristianngrum, S. 2012. *Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel Dan Efeknya*. Laporan Hasil Prosiding Seminar. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Laws EA. 1993. *Aquatic Pollution*. New York: John Willey and Sons.
- Marganof. 2003. *"Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan"*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Moosa, MK. 1980. Beberapa Catatan Mengenai Rajungan dari Teluk Jakarta dan Pulau-Pulau Seribu. *Sumberdaya Hayati Bahari, Rangkuman Beberapa Hasil Penelitian Pelita II*. LON-LIPI.
- Namik, K, Aras, O dan Ataman, Y. 2006. *Trace Element Analysis of Food And Diet*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. 66-67.
- Ningrum, P. Y. 2006. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) serta Struktur Mikroanatomi Branchia, Hepar, dan Musculus Ikan Belanak (*Mugil Cephalus*) di Perairan Cilacap. *Skripsi*. Surakarta (ID): Universitas 11 Maret.
- Nontji, A. 1986. *Laut Nusantara*. Djambatan, Jakarta.
- Palar, 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta Jakarta.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat ed II*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pratama, A. G. 2012. Kandungan logam berat Pb dan Fe pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di sungai Tapak Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Journal of Marine Research*. 118-122.
- Rahmawati, E., Dewi, D. C., dan Fauziyah, B. 2015. Analisis Kadar Logam Tembaga (Cu) pada Permen Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Farma Sains*. 1(1): 11-14.
- Redjeki, S., Hartati, R., & Pinandita, L. K. 2017. Kepadatan Dan Persebaran Kepiting (*Brachyura*) Di Ekosistem Hutan Mangrove Segara Anakan Cilacap. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(2): 131-139.
- Resti A. 2016. Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) pada Sayur Bayam (*Amaranthus spp.*) Menggunakan Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Malang.
- Riani E. (2015). The Effect of Heavy Metals on Tissue Damage In Different Organs of Goldfish Cultivated In Floating Fish Net In Cirata Reservoir, Indonesia. *Indian Journal Research*, 4(2): 54-58.
- Rifqi I. A., Dewi, D. C., Naschihuddin, A. 2015. Penentuan Kadar Merkuri (Hg) dalam Krim Pemutih Menggunakan Destruksi Basah Tertutup Secara Spektrofotometri Serapan Atom Uap Dingin (SSA-UD). *Journal of Chemistry*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

- Rochyatun E, Kaisupy MT, dan Rozak A. 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makalah Jurnal Sains*, 10(1).
- Romimohtarto, K dan S. Juwana. 2005. *Biologi Laut Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Djambatan. Jakarta.
- Saeni MS.1989. *Kimia Lingkungan*. Bogor: Pusat Studi Antar Universitas. Ilmu Hayati IPB
- Santosa, B. 2015. *Variasi dosis suplementasi Zn memperbaiki hematopoiesis pada tikus yang terpajan plumbum (Pb)*. University Research Colloquium. Semarang: Unimus
- Settle, F. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*, Prentice-Hall Inc., New Jersey
- Shihab, M. Quraish. 1996. *Wawasan AL-Qur'an*. Bandung: Mizan Suarsana
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Misbah, Pesan Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Penerbit Lentera Hati.
- Siaka, I. M. 2008. Korelasi Antara Kedalaman Sedimen Di Pelabuhan Benoa dan Konsentrasi Logam Bera Pb dan Cu. *Jurnal MIPA*. Universitas Udayana
- SNI 7387-2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Makanan*.
- Sudiarta K, Hendrawan G, Putra KS, dan Dewantama MD. 2013. Kajian Modeling Dampak Perubahan Fungsi Teluk Benoa untuk System Pendukung Keputusan (Decision Support System) Dalam Jejaring KKP Bali. Denpasar, Indonesia: *Conservation International Indonesia (CII) Bali*.
- Supriyatini, E dan Soenarjo, N. 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Akar dan Buah Mangrove *Avicennia marina* Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(2).
- Sutrisno P., J P Anton., 1996. Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forsk.*) di Tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus*, 14(1): 68-77
- Takarina ND, Bengen DG, Sanusi HS, dan Riani E. 2013. Geochemical Fractionation Of Copper (Cu), Lead (Pb), And Zinc (Zn) In Sediment and Their Correlations With Concentrations In Bivalve Mollusca *Anadara Indica* From Coastal Area of Banten Province, Indonesia. *International Journal of Marine Science*. 3(30): 238-243.

- Tanase, A., Vamanu, A., Niculae, C., Patroescu, C. 2004. Optimized Microwave Digestion Methode for Iron and Zinc Determination by Flame Absorption Spectrometry in Fodder Yeasts Obtain From Paraffin, Methanol and Ethanol. *Chimie, Anul XIII*. 1-11: 117-124.
- Tim Tafsir Depag RI. 2009. *Kerja dan Ketenagakerjaan (Tafsir al-qur'an tematik)*. Lajnah pentashihan Mushaf Al-qu'an. Jakarta: Lentera
- Yoko,K. 1997. A Benchtop Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer. *Hewlett Packard Journal* (Article 9)
- Widowati,W. 2008. *Efek Toksik logam Pencegahan dan Penanggulangan pencemaran*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Widowati, W., Sastiono, A., Rumampuk, J.R. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Edisi I. Yogyakarta: Andi Offset. Halaman 63-71, 109-120, 183-190.
- Winarno, F. G. 1991. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wulandari, E. A., dan Sukei. 2013. Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd, dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(2): 15-1.

