

**ANALISIS KANDUNGAN MINERAL, LOGAM BERAT, DAN PROTEIN
DALAM IKAN LAUT MENGGUNAKAN METODE
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM
DAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS**

(Skripsi)

**Oleh:
VADIYANI FRICILLYA PUTERI**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**ANALISIS KANDUNGAN MINERAL, LOGAM BERAT, DAN PROTEIN
PADA IKAN LAUT MENGGUNAKAN METODE
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM
DAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS**

**Oleh :
VADIYANI FRICILLYA PUTERI**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA FARMASI**

Pada

**Fakultas Kedokteran
Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **ANALISIS KANDUNGAN MINERAL, LOGAM BERAT,
DAN PROTEIN PADA IKAN LAUT MENGGUNAKAN
METODE SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM
DAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS**

Nama Mahasiswa : Vadiyani Fricillya Puteri

No. Pokok Mahasiswa : 1918031022

Program Studi : Farmasi

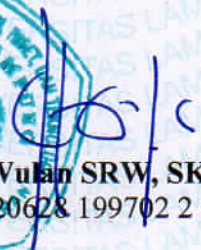
Fakultas : Kedokteran

MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing


apt. Ramadhan Triyandi, M.Si.
NIP. 19870520 202012 1 015


apt. Ihsanti Dwi Rahayu, M.S.Farm.
NIP. 19940518 202203 2 019

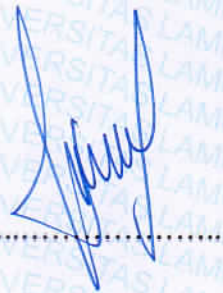
2. Dekan Fakultas Kedokteran


Prof. Dr. Dyah Wulan SRW, SKM., M.Kes
NIP. 19720628 199702 2 001

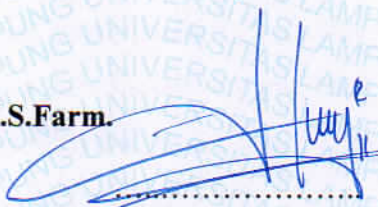


MENGESAHKAN

1. Tim Penguji
Ketua : **apt. Ramadhan Triyandi, M.Si.**



Sekretaris : **apt. Ihsanti Dwi Rahayu, M.S.Farm.**



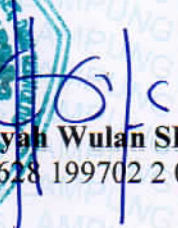
Penguji
Bukan Pembimbing : **apt. Muhammad Iqbal, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Kedokteran



Prof. Dr. Dyan Wulan SRW, SKM., M.Kes
NIP. 19720628 199702 2 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **05 April 2023**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya, bahwa:

1. Skripsi dengan judul **“ANALISIS KANDUNGAN MINERAL, LOGAM BERAT, DAN PROTEIN PADA IKAN LAUT MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM DAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS”** adalah hasil karya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau disebut plagiarisme.
2. Hal intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, 05 April 2023

Pembuat Pernyataan



Vadiyani Fricillya Puteri

NPM. 1918031022

RIWAYAT HIDUP

Penulis, Vadiyani Fricillya Puteri dilahirkan di Bandar Lampung, 12 September 2001. Lahir dari pasangan Bapak Sarwani Ali, S. E. dan Ibu Susdarwati, S. E. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, memiliki kakak perempuan bernama Moza Julika Wulanangraeni, S.H., M.Kn dan adik perempuan bernama Ajeng Aprinindya Zalfa.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) diselesaikan di TK Pertiwi Bandar Lampung pada tahun 2007, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 2 Rawa Laut Bandar Lampung pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPN 4 Bandar Lampung pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMAN 10 Bandar Lampung pada tahun 2019. Penulis diterima dan mulai menjalani perkuliahan di Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung pada tahun 2019.

Penulis menjalani perkuliahan dengan aktif dan ikut serta dalam berbagai kegiatan akademik dan non-akademik. Penulis memenangkan juara 1 Lomba Poster Ilmiah dalam Rangkaian PITDA IAI Lampung Tahun 2019 dan Juara Harapan 1 Mahasiswa Berprestasi FK Unila Tahun 2021. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Analisis Farmasi tahun 2020-2021, Kimia Analisis tahun 2021-2022, Analisis Instrumen 2021-2022, Farmasi Bahan Alam (2022), Farmasi Fisika (2022), dan Kimia Organik (2022). Penulis juga diberikan kesempatan bergabung dalam organisasi Lunar FK Unila sebagai anggota divisi PKM 2020-2021 dan Himafarsi Unila sebagai Kepala Departemen Pendidikan dan Keilmuan 2021-2023.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“Analisis Kandungan Mineral, Logam Berat, dan Protein pada Ikan Laut Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom dan Spektrofotometri UV-Vis”**. Sholawat serta salam tak lupa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, mendapatkan banyak bimbingan, masukan, motivasi, kritik, saran dan doa dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Dyah Wulan SRW, S.K.M., M.Kes selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
3. dr. Oktafany, M.Pd.Ked selaku Ketua Jurusan Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
4. apt. Ramadhan Triyandi, M.Si. selaku Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan arahan, evaluasi, motivasi, kritik serta saran membangun sejak penulisan proposal penelitian hingga penulisan skripsi ini selesai.
5. apt. Ihsanti Dwi Rahayu, M.S.Farm. selaku Pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan arahan, evaluasi, motivasi, kritik serta saran membangun sejak penulisan proposal penelitian hingga penulisan skripsi ini selesai.
6. apt. Muhammad Iqbal, M.Sc. selaku Pembahas dan pembimbing akademik selama semester 1-7 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam

memberikan arahan, evaluasi, dorongan, kritik serta saran membangun kepada penulis selama masa perkuliahan.

7. apt. Nurma Suri, M.Biomed.Sc., MKM selaku Pembimbing Akademik semester 8 yang telah memberikan nasihat dan masukan yang bermanfaat selama perkuliahan hingga semester akhir ini.
8. Seluruh dosen Fakultas Kedokteran Universitas Lampung atas bimbingan dan ilmu yang telah disampaikan selama proses perkuliahan.
9. Seluruh staf dan civitas akademika Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.
10. Seluruh staf Laboratorium FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu selama proses penelitian.
11. Seluruh staf Laboratorium Kimia Farmasi Analisa Universitas Lampung yang telah membantu selama proses penelitian.
12. Papa dan Mama tersayang atas doa, semangat, nasihat, perhatian dan dukungan yang sangat berarti dalam proses penyusunan skripsi ini.
13. Kakak perempuan saya, Moza Julika Wulanangraeni, S.H., M.Kn dan adik perempuan saya, Ajeng Aprinindya Zalfa. yang senantiasa membantu, mendukung dan menghibur penulis saat merasa jenuh dan Lelah.
14. Sahabat-sahabat sejawat Nur Amrillah, Fredison, Denia Tamara Vinca, Siti Nur Hasanah, Zayatri Nurul Jannaty, dan Suci AINU Sella yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan bantuan kepada penulis dan telah menjadi sahabat dan keluarga terbaik selama perkuliahan.
15. Sahabat-sahabat sepermainan, Rindi Rachmawati dan Alya Fauziah Aziz yang selalu menjadi sandaran dan pendengar yang baik ketika penulis merasa lelah maupun kesulitan.
16. Keluarga besar sejawat Farmasi FK Unila 2019 (L19AND) atas kekompakan, canda, tawa serta pembelajaran yang telah memberikan makna dan warna

tersendiri selama kehidupan perkuliahan penulis. Semoga kekompakan dan kebersamaan yang ada selalu terjalin baik sekarang maupun nanti.

17. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dorongan dan bantuan selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap kritik dan saran membangun.

Bandar Lampung, 05 April 2023

Penulis

Vadiyani Fricillya Puteri

﴿ بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ ﴾

Bismillahirrahmanirrahim-

وَوَجَدَكَ ضَالًّا فَهَدَىٰ

“And Allah found you lost and guided you”

QS. Ad-Dhuha : 7

Hanya sebuah persembahan sederhana untuk diriku sendiri, Papa, Mama, Mbak, Adik, Kamu, dan seluruh orang yang sangat berharga bagiku

ABSTRACT

ANALYSIS OF MINERAL, HEAVY METAL, AND PROTEIN CONTENT IN MARINE FISH USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY METHOD AND UV-VIS SPECTROPHOTOMETRY

By

VADIYANI FRICILLYA PUTERI

Background: Fish is a food rich in essential amino acids, macronutrients (carbohydrates, protein and fat), and micronutrients (vitamins and minerals). The importance of fish for humans from a nutritional and economic perspective raises concerns about heavy metal contamination.

Purpose: This research was conducted to determine whether there is mineral content, heavy metals, and protein in marine fish.

Methods: This study used meat samples of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and little tuna (*Euthynnus affinis*) which had undergone wet destruction. Testing for minerals and heavy metals was carried out using the atomic absorption spectrophotometry method and protein testing was carried out using a UV-Vis spectrophotometer with the biuret method.

Results: This study showed that the levels of heavy metals, namely copper, cadmium, lead, and mercury in the meat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) were 0 mg/Kg; 1.28 mg/Kg; 0.16mg/Kg; 28.52 mg/Kg and for little tuna (*Euthynnus affinis*) is 0 mg/Kg; 1.40 mg/Kg; 31.41 mg/Kg; 0.12mg/Kg. Mineral levels, namely calcium, magnesium, manganese and zinc in the meat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) were 97.75 mg/Kg; 3.25 mg/Kg; 3.37 mg/Kg; 2.5 mg/Kg and for little tuna (*Euthynnus affinis*) is 164.34 mg/Kg; 4.2 mg/Kg; 4.86 mg/Kg; 3.12mg/Kg. Protein levels in the meat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and little tuna (*Euthynnus affinis*) are 48902.5 mg/Kg and 77250 mg/Kg

Conclusion: This study showed mineral, heavy metal, and protein content in both marine fish samples, namely bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and little tuna (*Euthynnus affinis*). Apart from cadmium and lead, no minerals, heavy metals and proteins tested on the two samples exceeded the safe limits recommended by SNI, Indonesian Ministry of Health and BPOM.

Keywords: Bigeye tuna, tuna, minerals, heavy metals, protein, atomic absorption spectrophotometry, UV-Vis spectrophotometry

ABSTRAK

ANALISIS KANDUNGAN MINERAL, LOGAM BERAT, DAN PROTEIN PADA IKAN LAUT MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM DAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS

Oleh

VADIYANI FRICILLYA PUTERI

Latar Belakang: Ikan adalah makanan yang kaya akan asam amino esensial, makronutrien (karbohidrat, protein, dan lemak), dan mikronutrien (vitamin dan mineral). Pentingnya ikan bagi manusia dari segi nutrisi dan ekonomi menimbulkan kekhawatiran adanya kontaminasi logam berat.

Tujuan: Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan mineral, logam berat, dan protein dalam ikan laut.

Metode: Penelitian ini menggunakan sampel daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang telah mengalami destruksi basah. Pengujian mineral dan logam berat dilakukan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom dan pengujian protein dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan metode biuret.

Hasil: Penelitian ini menunjukkan kadar logam berat, yaitu tembaga, kadmium, timbal, dan merkuri dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) adalah 0 mg/Kg; 1,28 mg/Kg; 0,16 mg/Kg; 28,52 mg/Kg dan pada ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah 0 mg/Kg; 1,40 mg/Kg; 31,41 mg/Kg; 0,12 mg/Kg. Kadar mineral, yaitu kalsium, magnesium, mangan, dan zink dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) adalah 97,75 mg/Kg; 3,25 mg/Kg; 3,37 mg/Kg; 2,5mg/Kg dan pada ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah 164,34 mg/Kg; 4,2 mg/Kg; 4,86 mg/Kg; 3,12 mg/Kg. Kadar protein dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan pada ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah 48902,5 mg/Kg dan 77250 mg/Kg

Kesimpulan: Terdapat kandungan mineral, logam berat, dan protein pada kedua sampel ikan laut, yaitu ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan tongkol (*Euthynnus affinis*). Selain kadmium dan timbal, tidak ada mineral, logam berat, dan protein yang diujikan pada kedua sampel melebihi batas aman yang disarankan SNI, Kemenkes RI, dan BPOM.

Kata kunci: Ikan tuna mata besar, ikan tongkol, mineral, logam berat, protein, spektrofotometri serapan atom, spektrofotometri UV-Vis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1. Tujuan Umum.....	3
1.3.2. Tujuan Khusus.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1. Bagi Peneliti	4
1.4.2. Bagi Peneliti Lain.....	4
1.4.3. Bagi Institusi.....	5
1.4.4. Bagi Masyarakat.....	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1. Ikan.....	6
2.1.2. Mineral	10
2.1.3. Logam Berat	13
2.1.4. Kontaminasi Logam Berat pada Ikan Laut.....	16
2.1.5. Protein	17
2.1.6. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	18
2.1.6. Spektrofotometri UV-Vis	20
2.1.7. Validasi Metode	22
2.2 Kerangka Teori.....	24
2.3 Kerangka Konsep	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Desain Penelitian.....	26
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.3 Populasi dan Sampel	26
3.3.1 Populasi	26

3.3.2	Sampel	26
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.5.1	Alat Penelitian	27
3.5.2	Bahan Penelitian.....	27
3.5	Prosedur dan Alur Penelitian.....	27
3.5.1	Prosedur Penelitian.....	27
3.5.2	Alur Penelitian.....	33
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	Hasil Penelitian	35
4.1.1.	Determinasi Hewan	35
4.1.2.	Validasi Metode	37
4.1.3.	Penetapan Kadar.....	41
4.2	Pembahasan.....	46
BAB V	KESIMPULAN.....	50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Taksonomi Tuna Mata Besar	7
2. Taksonomi Tongkol	9
3. Kontaminasi Logam Berat pada Ikan.....	16
4. Kondisi Operasional Spektrofotometri Serapan Atom	30
5. Komposisi Kurva Standar	32
6. Klasifikasi Tuna Mata Besar.....	36
7. Klasifikasi Tongkol.....	36
8. Rentang Keberterimaan.....	37
9. Hasil Validasi Metode Mineral dan Logam Berat	38
10. Hasil Validasi Metode Protein	40
11. Rata-Rata Kadar Mineral dan Protein	41
12. Rata-Rata Kadar Logam Berat dan Batas Maksimumnya	44
13. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi Ikan Tuna Mata Besar (<i>Thunnus obesus</i>).....	6
2. Tingkat Kedalaman Laut.....	8
3. Morfologi Ikan Tongkol (<i>Euthynnus affinis</i>).....	9
4. Susunan Komponen dalam Spektrofotometri Serapan Atom.	19
5. Susunan Komponen dalam Spektrofotometri UV-Vis.....	20
6. Kerangka Teori.....	24
7. Kerangka Konsep.....	25
8. Alur Penelitian Instrumentasi.....	33
9. Alur Penelitian Preparasi Sampel.....	34
10. Grafik Kadar Mineral dalam Sampel (mg/Kg)	42
11. Grafik Kadar Protein dalam Sampel (mg/Kg)	42
12. Grafik Kadar Logam Berat dalam Sampel (mg/Kg)	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
Lampiran 1	Surat Penelitian.....	64
Lampiran 2	Cara Perhitungan	68
Lampiran 3	Data Penelitian.....	83
Lampiran 4	Dokumentasi Penelitian.....	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir ini, perhatian dan minat publik berfokus pada asupan nutrisi yang ideal. Nutrisi adalah zat yang menyehatkan, meningkatkan pertumbuhan, memelihara, dan memperbaiki bagian tubuh. Nutrisi dapat dibagi menjadi nutrisi mikro dan makro yang keduanya penting untuk kesehatan (Balami *et al.*, 2019). Jumlah asupan nutrisi harus ideal, hal ini terkait dengan sifat homeostatis dalam tubuh. Seringkali asupan nutrisi tertentu dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan defisiensi pada nutrisi lainnya. Dalam mempromosikan nutrisi yang seimbang dan sehat, sangatlah penting untuk mengetahui kandungan nutrisi yang disediakan oleh makanan (Silva *et al.*, 2019). Salah satu sumber makanan yang memiliki nilai gizi tinggi adalah ikan (Balami *et al.*, 2019).

Ikan memainkan peran penting dalam nutrisi manusia dan menyediakan setidaknya 20% asupan protein untuk sepertiga populasi dunia dengan ketergantungan tertinggi di negara berkembang termasuk Indonesia (Mohanty *et al.*, 2019). Ikan adalah makanan yang kaya akan asam amino esensial, makronutrien (karbohidrat, protein, dan lemak), dan mikronutrien (vitamin dan mineral). Nilai nutrisi dan gizi yang tinggi pada ikan sering dikaitkan dengan pemberantasan defisiensi mineral, peningkatan perkembangan otak serta pengurangan resiko penyakit kardiovaskular (Abbey *et al.*, 2017; Duran *et al.*, 2014; Mohanty *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2019).

Ikan penting dalam ketahanan pangan serta dalam memerangi defisiensi nutrisi di negara berkembang. Optimalisasi potensi ikan berhubungan erat dengan pengetahuan mengenai komposisi nutrisi tiap ikan (Mohanty *et al.*, 2019). Kandungan protein dan mineral dalam daging ikan juga dapat berbeda-

beda antar spesies, jenis kelamin, bahkan musim dalam satu tahun (Kiczorowska *et al.*, 2019).

Pentingnya ikan bagi manusia dari segi nutrisi dan ekonomi menimbulkan kekhawatiran adanya kontaminasi logam berat akibat aktivitas antropogenik seperti industri, pertanian, pertambangan, transportasi, dan lain-lain yang terus meningkat dan mengancam kualitas lingkungan hidup. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kualitas lingkungan hidup ekosistem terutama pada sumber makanan alami di organisme akuatik seperti ikan (Cucu *et al.*, 2019; Idris *et al.*, 2015).

Ikan mengkonsentrasikan logam berat dalam jaringannya. Kadar logam dalam ikan sangatlah bervariasi bergantung pada berbagai faktor yang terkait dengan hewan, seperti: spesies, asal geografis, jenis pengembangbiakan, usia, ukuran, lokasi di dalam air, sifat fisikokimia air, kebiasaan makan, konservasi daging, dll (Cucu *et al.*, 2019; Nyantakyi *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2019; Younis *et al.*, 2021). Konsumsi ikan dengan logam berat di atas batas yang direkomendasikan menyebabkan gangguan kesehatan termasuk komplikasi ginjal, hati, otak, saraf, dan kulit hingga kematian. Akibatnya, peningkatan konsentrasi logam pada ikan telah menjadi perhatian global yang serius selama beberapa dekade (Nyantakyi *et al.*, 2021).

Ikan tuna dikenal sebagai salah satu predator yang dapat mengkonsentrasikan logam berat dalam jumlah besar di dalam tubuhnya (Yemmen & Gargouri, 2022). Ada beberapa penelitian yang dilakukan untuk mengetahui adanya kontaminasi pada ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*). Menurut studi yang dilakukan Gu *et al.* (2017), konsentrasi logam berat (Cd, Pb, Cr, Ni, Cu, dan Zn) yang terdeteksi dalam daging, tulang punggung, insang dan isi perut empat pada ikan tuna mata besar lebih tinggi dibandingkan 3 jenis ikan lainnya. Salam *et al.* (2019) juga melaporkan konsentrasi logam berat (Zn, Cu, Fe, Cd, dan Pb) yang terdeteksi dalam insang, hati, dan daging pada ikan tongkol besar lebih tinggi

dibandingkan 3 jenis ikan lainnya. Penentuan logam berat pada daging ikan tuna mata besar dan tongkol penting dilakukan karena daging ikan adalah bagian ikan yang paling sering dikonsumsi manusia.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukannya suatu penelitian terhadap kandungan mineral (Mg, Ca, Mn, dan Zn), logam berat (Cu, Cd, Pb, dan Hg), dan protein dalam daging ikan laut, yaitu ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) menggunakan metode spektrofotometri serapan atom dan spektrofotometri UV-Vis. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan mengenai kandungan mineral, logam berat, dan protein dalam ikan laut kepada masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat kandungan mineral (Mg, Ca, Mn, dan Zn) pada ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*)?
2. Apakah terdapat kandungan logam berat (Cu, Cd, Pb, dan Hg) pada ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*)?
3. Apakah terdapat kandungan protein pada ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*)?
4. Berapakah kandungan mineral (Mg, Ca, Mn, dan Zn) pada ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*)?
5. Berapakah kandungan logam berat (Cu, Cd, Pb, dan Hg) pada ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*)?
6. Berapakah kandungan protein pada ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*)?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya kandungan mineral, logam berat, dan protein dalam ikan laut.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui apakah terdapat kandungan mineral (Mg, Ca, Mn, dan Zn) ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) secara spektrofotometri serapan atom.
2. Mengetahui apakah terdapat kandungan logam berat (Cu, Cd, Pb, dan Hg) ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) secara spektrofotometri serapan atom.
3. Mengetahui apakah terdapat kandungan protein ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) secara spektrofotometri UV-Vis
4. Menetapkan kandungan mineral (Mg, Ca, Mn, dan Zn) ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) secara spektrofotometri serapan atom.
5. Menetapkan kandungan logam berat (Cu, Cd, Pb, dan Hg) ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) secara spektrofotometri serapan atom.
6. Menetapkan kandungan protein ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) secara spektrofotometri UV-Vis.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1. Bagi Peneliti

Penelitian ini merupakan pengalaman berharga dalam upaya menambah wawasan ilmu pengetahuan selama mengikuti perkuliahan, khususnya tentang analisis penentuan kadar mineral, logam berat, dan protein menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) dan spektrofotometri UV-Vis.

1.4.2. Bagi Peneliti Lain

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dan dasar untuk penelitian selanjutnya untuk mengolah ikan menjadi produk yang dapat mencukupi kebutuhan nutrisi manusia.

1.4.3. Bagi Institusi

Penelitian ini diharapkan bisa menambah informasi dan wawasan mengenai kadar kandungan mineral, logam berat, dan protein menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) dan spektrofotometri UV-Vis.

1.4.4. Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan bisa menambahkan wawasan masyarakat mengenai manfaat konsumsi ikan laut terkait dengan tingginya kadar mineral dan protein yang terkandung di dalamnya sehingga masyarakat dapat memenuhi kebutuhan gizi melalui konsumsi ikan karena ikan dinilai lebih mudah didapatkan dan ekonomis dan mengingatkan kembali kepada masyarakat mengenai pentingnya menjaga ekosistem laut untuk mencegah terjadi pencemaran logam berat di ikan laut agar ikan laut yang dikonsumsi masyarakat tidak terkontaminasi logam berat yang bisa membahayakan kesehatan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan Penelitian diperlukan agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kandungan logam berat yang akan dianalisis adalah tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan merkuri (Hg).
2. Kandungan mineral yang akan dianalisis adalah magnesium (Mg), kalsium (Ca), mangan (Mn), dan zink (Zn).
3. Hewan yang diuji adalah ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*).
4. Pengambilan sampel dilakukan di pasar gudang lelang yang berlokasi di Jalan Ikan Bawal No.62, Kangkung, Kecamatan Telukbetung Selatan, Kota Bandar Lampung, Lampung, Indonesia.

BAB II

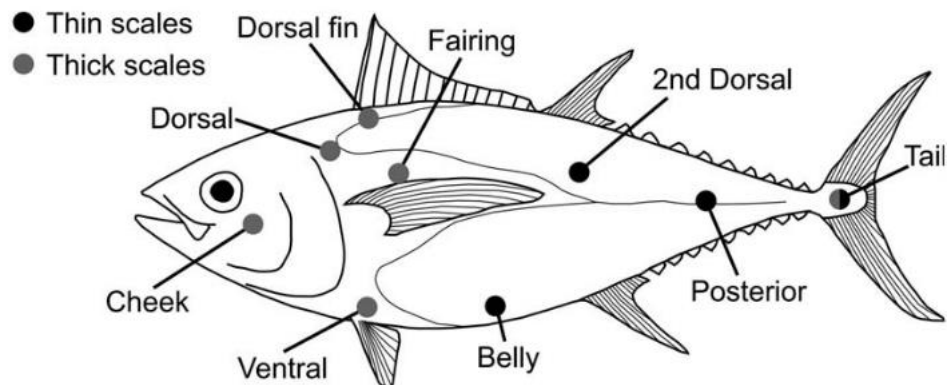
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1. Ikan

Ikan mengandung banyak nutrisi penting seperti protein, mineral, antioksidan, asam amino esensial, elemen makro dan mikro, dll. Ikan memenuhi 16% konsumsi protein hewani di seluruh dunia karena lebih disukai dan ekonomis (Abbey *et al.*, 2017; Cucu *et al.*, 2019; Duran *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2019). Tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan Tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah 2 spesies dari famili Scombridae. Spesies ini tersebar di kawasan Indo-Pasifik Barat, Samudera Hindia dan Atlantik, serta perairan tropis dan subtropis. Spesies ini berada di puncak rantai makanan laut dan paling umum dikonsumsi sehingga akumulasi logam berat di seluruh jaring makanan cenderung berisiko parah bagi kesehatan manusia (Sadeghi *et al.*, 2020).

2.1.1.1. Ikan Tuna Mata Besar (*Thunnus obesus*)



Gambar 1. Morfologi Ikan Tuna Mata Besar (*Thunnus obesus*).
Sumber : (Wainwright *et al.*, 2018).

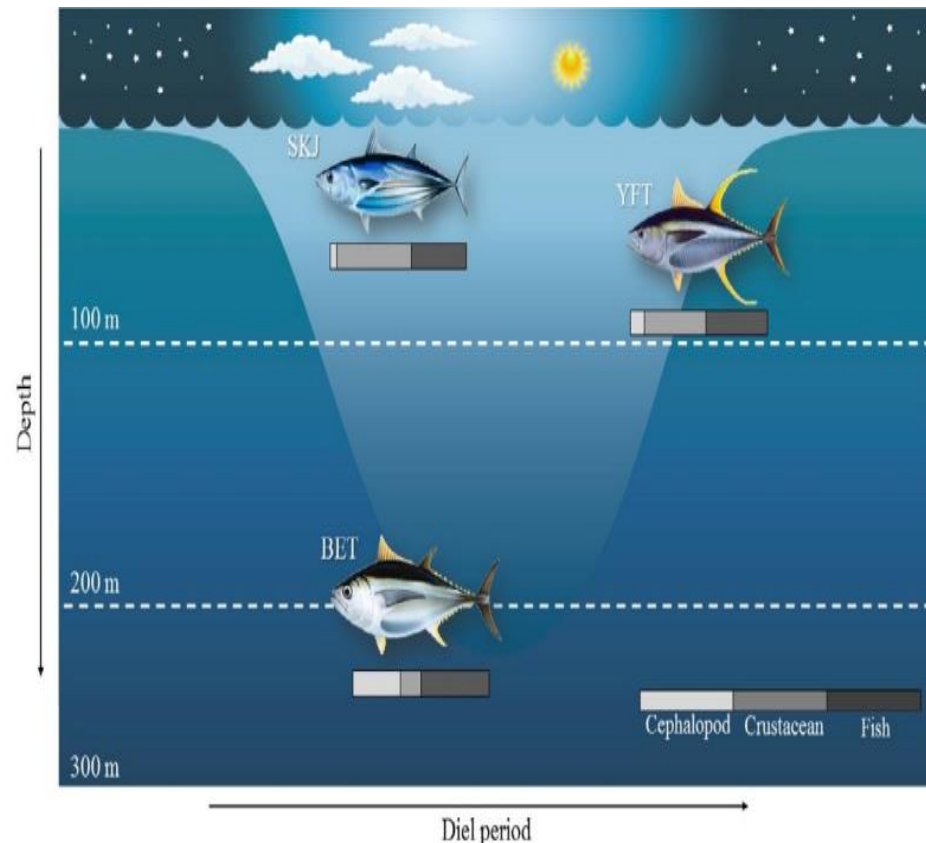
Menurut ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*), nomenklatur dari ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dijelaskan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Taksonomi Tuna Mata Besar

Klasifikasi	Nama
<i>Kingdom</i>	<i>Animalia</i>
<i>Subkingdom</i>	<i>Bilateria</i>
<i>Infrakingdom</i>	<i>Deuterostomia</i>
<i>Phylum</i>	<i>Chordata</i>
<i>Subphylum</i>	<i>Vertebrata</i>
<i>Infraphylum</i>	<i>Actinopterygii</i>
<i>Superclass</i>	<i>Teleostei</i>
<i>Class</i>	<i>Acanthopterygii</i>
<i>Superorder</i>	<i>Perciformes</i>
<i>Order</i>	<i>Scombroidei</i>
<i>Suborder</i>	<i>Scombroidei</i>
<i>Family</i>	<i>Scombridae</i>
<i>Subfamily</i>	<i>Scombrinae</i>
<i>Tribe</i>	<i>Thunnini</i>
<i>Genus</i>	<i>Thunnus</i>
<i>Subgenus</i>	<i>Thunnus (Thunnus)</i>
<i>Species</i>	<i>Thunnus obesus</i>

Sumber : (Integrated Taxonomic Information System, 2022b).

Tuna mata besar (*Thunnus obesus*) merupakan spesies pelagis besar yang populer di seluruh dunia (Wang & Xie, 2019). Tuna mata besar (*Thunnus obesus*) tersebar di wilayah laut tropis dan subtropis beriklim sedang di seluruh dunia seperti Samudra Pasifik dan Atlantik (Huang *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021; Yi & Xie, 2022). Ikan muda cenderung menghuni perairan permukaan yang hangat dan bercampur dengan tongkol (*Euthynnus affinis*), sirip kuning (*Thunnus albacares*) dan cakalang (*Katsuwonus pelamis*), sedangkan ikan dewasa menjelajahi lapisan yang lebih dalam dan memilih untuk bertelur di perairan tropis yang hangat atau di perairan subtropis (Huang *et al.*, 2021).



Gambar 2. Tingkat Kedalaman Laut.

Keterangan :

BET (Big Eye Tuna) : Tuna mata besar

YFT (Yellowfin Tuna) : Tuna sirip kuning

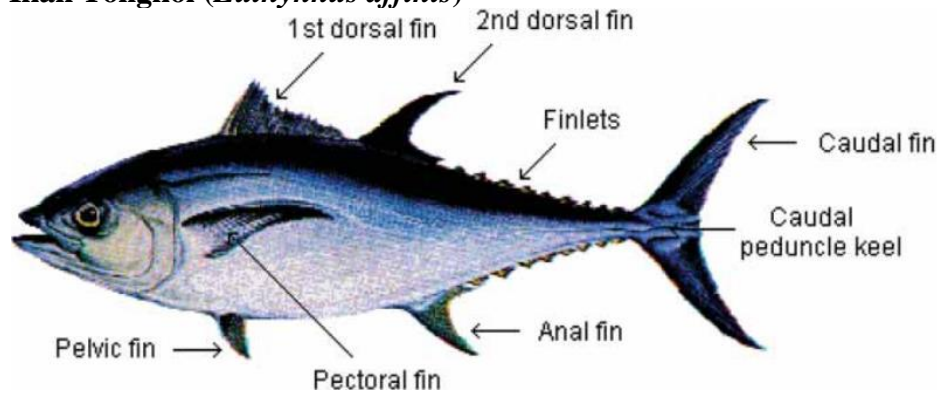
SKJ (Skipjack Tuna) : Ikan Cakalang

Sumber : (Artetxe-Arrate *et al.*, 2021).

Tuna mata besar (*Thunnus obesus*) sangat populer di kalangan konsumen karena memiliki nilai gizi yang relatif tinggi. Ikan ini kaya akan mineral, vitamin, lipid, karbohidrat, protein, asam *docosahexaenoic*, asam *eicosapentaenoic* dan asam lemak tak jenuh ganda lainnya (Wang *et al.*, 2021; Wang & Xie, 2019; Yi & Xie, 2022).

Ikan Tuna Mata Besar dewasa mempunyai panjangnya mencapai 230 cm dan berat 250 kg (Duarte-Neto *et al.*, 2012). Daging ikan biasanya mengandung sejumlah besar protein dan senyawa nitrogen non-protein yang diuraikan oleh protease ekstraseluler mikroorganisme pembusuk menjadi molekul kecil asam amino dan oligopeptida yang dapat digunakan sebagai energi untuk pertumbuhan yang cepat (Yi & Xie, 2022).

2.1.1.2. Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*)



Gambar 3. Morfologi Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*).

Sumber : (Ahmed *et al.*, 2015).

Menurut ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*), nomenklatur dari ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) dijelaskan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Taksonomi Tongkol

Klasifikasi	Nama
<i>Kingdom</i>	<i>Animalia</i>
<i>Subkingdom</i>	<i>Bilateria</i>
<i>Infrakingdom</i>	<i>Deuterostomia</i>
<i>Phylum</i>	<i>Chordata</i>
<i>Subphylum</i>	<i>Vertebrata</i>
<i>Infraphylum</i>	<i>Actinopterygii</i>
<i>Superclass</i>	<i>Teleostei</i>
<i>Class</i>	<i>Acanthopterygii</i>
<i>Superorder</i>	<i>Perciformes</i>
<i>Order</i>	<i>Scombroidei</i>
<i>Suborder</i>	<i>Scombroidei</i>
<i>Family</i>	<i>Scombridae</i>
<i>Subfamily</i>	<i>Scombrinae</i>
<i>Tribe</i>	<i>Thunnini</i>
<i>Genus</i>	<i>Euthynnus</i>
<i>Species</i>	<i>Euthynnus affinis</i>

Sumber : (Integrated Taxonomic Information System, 2022a).

Tongkol (*Euthynnus affinis*) merupakan salah satu sumber daya kelautan komersial utama perikanan Indonesia yang memiliki potensi nilai ekonomi (Andreas *et al.*, 2021). Tongkol (*Euthynnus affinis*) tersebar luas di seluruh perairan tropis dan subtropis di landas kontinen kawasan Indo-Pasifik. Tongkol (*Euthynnus affinis*) termasuk dalam famili Scombridae tuna epipelagik yang panjangnya dapat mencapai 45-60 cm dan matang pada usia sekitar 2-3 tahun (Havelka *et al.*, 2021; Khoa *et al.*, 2021; Yazawa *et al.*, 2015). Tongkol (*Euthynnus affinis*) mencapai panjang 45-60 cm dan matang pada usia sekitar 3 tahun (Havelka *et al.*, 2021).

Tongkol (*Euthynnus affinis*) merupakan bagian penting dari perikanan komersial dan artisanal di banyak negara di kawasan Indo-Pasifik dan banyak ditemukan di hampir seluruh ekosistem perairan laut Indonesia sehingga menjadikan Indonesia sebagai salah satu penghasil dan pengekspor ikan Tongkol terbesar di dunia (Andreas *et al.*, 2021; Havelka *et al.*, 2021; Khoa *et al.*, 2021).

Daging Tongkol (*Euthynnus affinis*) berkualitas tinggi memiliki tingkat asam *dokosaheksaenoat* yang relatif tinggi sehingga cepat rusak jika tidak ditangani dengan benar. Tongkol (*Euthynnus affinis*) menunjukkan mekanisme renang tuna sejati tetapi tidak memiliki kantung renang dan berbeda dari tuna sejati dalam distribusi otot merah, alometri, dan anatomi vascular (Ahmed *et al.*, 2015).

2.1.2. Mineral

Unsur-unsur esensial adalah unsur-unsur kimia yang diperlukan untuk pemeliharaan normal tubuh manusia. Unsur-unsur ini (Ca, Mg, Zn, dan Mn) berpartisipasi dalam beberapa reaksi biokimia; kalsium dan

magnesium sangat penting dalam pembentukan tulang dan gigi; seng banyak ditemukan sebagai kofaktor dalam reaksi enzim, besi merupakan bagian dari molekul hemoglobin yang mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Ketika unsur-unsur ini tidak cukup disediakan untuk tubuh, terutama oleh asupan makanan, individu mungkin menderita penyakit kekurangan mineral misalnya anemia, osteoporosis, gondok, pertumbuhan terhambat dan kelainan genetic (Mogobe *et al.*, 2015).

2.1.3.1. Magnesium (Mg)

Magnesium adalah kation divalen intraseluler penting yang memainkan peran fisiologis penting dalam banyak fungsi dalam tubuh. Magnesium membentuk kompleks kunci dengan ATP dan memainkan peran kunci dalam banyak proses biologis penting seperti sintesis protein, replikasi sel dan metabolisme energi. Magnesium ekstraseluler sangat penting untuk konduksi saraf normal, fungsi otot dan metabolisme jaringan rangka (Lall & Kaushik, 2021).

2.1.3.2. Kalsium (Ca)

Kalsium adalah mineral penting lainnya dalam nutrisi manusia yang penting untuk kepadatan tulang. Garam kalsium memberikan kekakuan pada kerangka dan ion kalsium berperan dalam banyak jika tidak sebagian besar proses metabolisme. Hampir 99% kalsium dalam tubuh manusia ditemukan di tulang. Asupan kalsium harian yang direkomendasikan oleh WHO/FAO adalah 400 hingga 500 mg/hari untuk orang dewasa. Dibandingkan dengan mineral lain, penyerapan kalsium ke dalam tubuh relatif tidak efisien (Khalili Tilami & Sampels, 2018).

Secara umum, hanya sekitar 25% sampai 30% kalsium makanan yang diserap secara efektif. Selain susu dan produk susu, ikan dan tulang ikan merupakan sumber kalsium yang baik dan juga telah ditunjukkan sebelumnya bahwa penyerapan kalsium dari ikan sebanding dengan misalnya susu skim. Ikan dan produk makanan hewani air lainnya merupakan sumber kalsium yang kaya. Rata-rata 68 sampai 26 mg/100

g kalsium dalam krustasea, moluska dan ikan, didokumentasikan dibandingkan dengan sekitar 14 mg/100 g dalam daging darat (Khalili Tilami & Sampels, 2018).

2.1.3.3. Zink (Zn)

Zink adalah mineral paling melimpah kedua pada manusia. Zink sangat penting untuk aktivitas lebih dari 300 enzim dan untuk menjaga integritas struktural dari hampir 2000 faktor transkripsi. Dengan demikian, Zink memainkan peran penting dalam homeostasis seluler, respon imun, stres oksidatif, apoptosis, dan penuaan. Kekurangan Zink dapat menyebabkan berbagai cacat klinis, termasuk retardasi pertumbuhan, hipogonadisme, kulit kasar, kekebalan melemah, dan gangguan neurosensori dan kognitif (Al-Mutairi *et al.*, 2022; Lall & Kaushik, 2021; Zhao *et al.*, 2014).

Zink baik bentuk akut maupun kronis telah dilaporkan menyebabkan kelainan hematopoietik dan arteriosklerosis, perubahan metabolisme lipoprotein, dan gangguan fungsi kekebalan tubuh. Sistem kekebalan tubuh manusia (respon stimulasi limfosit yang lebih rendah) dan metabolisme kolesterol akan terganggu jika mereka secara teratur melakukan diet tinggi Zink (Al-Mutairi *et al.*, 2022; Lall & Kaushik, 2021; Zhao *et al.*, 2014).

2.1.3.4. Mangan (Mn)

Mangan memainkan peran penting dalam metabolisme protein dan energi, mineralisasi tulang, sintesis *glikosaminoglikan*, pertahanan seluler terhadap radikal bebas dan regulasi metabolisme. Pentingnya Mn dalam proses biokimia di atas didasarkan pada fungsinya sebagai aktivator enzim (misalnya, *oksidoreduktase*, *liase*, *ligase*, *hidrolase*, *kinase*, *dekarboksilase*) dan penyusun beberapa metaloenzim. Banyak enzim yang diaktifkan oleh Mn dapat juga diaktifkan oleh logam lain, terutama Mg, dengan pengecualian *glutamin sintetase*, *glikosiltransferase*, *farnesil pirofosfat sintetase* dan *fosfoenolpiruvat*

karboksikinase, yang menunjukkan aktivasi Mn spesifik (Lall & Kaushik, 2021).

2.1.3. Logam Berat

Logam berat merupakan komponen alami dari kerak bumi. Logam berat tidak dapat didegradasi atau dihancurkan. Sebagian kecil mereka masuk ke tubuh kita melalui makanan, air minum, dan udara. Keracunan logam berat dapat terjadi, misalnya, dari kontaminasi air minum, konsentrasi udara ambien yang tinggi di dekat sumber emisi, atau asupan melalui rantai makanan (Ogidi *et al.*, 2021).

Sekelompok logam berat diklasifikasikan sebagai non-esensial, karena tidak memiliki kepentingan biologis, kimia dan fisiologis pada manusia. Logam berat dapat menyebabkan berbagai efek kesehatan yang merugikan bagi manusia seperti perubahan kulit, pernapasan, paru, kardiovaskular, gastrointestinal, hematologi, hati, ginjal, neurologis, perkembangan, reproduksi, imunologi, genotoksik, mutagenik, dan efek karsinogenik (Zeitoun & Mehana, 2014).

Beberapa logam berat, seperti kadmium dan timbal, melukai ginjal dan menyebabkan gejala toksisitas kronis, termasuk gangguan fungsi organ, kapasitas reproduksi yang buruk, hipertensi, tumor, dan disfungsi hati. Efek subletal dari logam berat menjadi perhatian karena terakumulasi dan ditransfer melalui rantai makanan ke manusia (Ogidi *et al.*, 2021). Logam berat seperti tembaga (Cu) pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan keracunan, sedangkan logam berat seperti kadmium (Cd), timbal (Pb), dan merkuri (Hg) pada konsentrasi rendah dapat menyebabkan keracunan (Zeitoun & Mehana, 2014).

2.1.4.1. Tembaga (Cu)

Tembaga diperlukan untuk penggunaan besi dan sebagai kofaktor untuk enzim yang terlibat dalam metabolisme glukosa dan sintesis hemoglobin, jaringan ikat, dan fosfolipid. Jumlah tembaga yang sangat

tinggi dapat menyebabkan keracunan akut. Makan yang disengaja dalam jumlah yang signifikan dari tembaga sulfat telah dilaporkan mengakibatkan kematian manusia. Dengan demikian, konsentrasi tembaga ditetapkan pada tingkat yang aman. Tembaga dari ikan laut merupakan sumber penting bagi kesehatan manusia; Meskipun asupan tembaga dalam jumlah yang sangat tinggi dari ikan laut dapat menyebabkan masalah kesehatan, seperti kerusakan hati dan ginjal, namun tidak bersifat karsinogenik bagi manusia atau hewan (Al-Mutairi *et al.*, 2022). Batas maksimal tembaga dalam ikan yang dapat dikonsumsi manusia menurut BPOM adalah 5 mg/kg (Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 Tentang Persyaratan Cemar Logam Berat Dalam Pangan Olahan, 2022).

2.1.4.2. Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) adalah kontaminan logam yang masuk ke lingkungan melalui proses alami (emisi vulkanik dan pelapukan batuan) dan aktivitas antropogenik seperti peleburan logam lain, pembakaran bahan bakar fosil, pembakaran bahan limbah dan penggunaan pupuk tertentu. Kadmium dapat dengan mudah melintasi berbagai membran biologis, memiliki afinitas tinggi untuk mengikat ligan, dan membentuk kompleks kadmium yang lebih stabil. Kadmium diserap ke dalam tubuh ikan dan tereliminasi pada tingkat yang sangat lambat, sehingga menyebabkan bioakumulasi dalam tubuh. Kadmium dapat masuk ke ikan dengan difusi pasif melalui insang atau dengan memasuki rantai makanan laut pada tingkat plankton dan mikroorganisme dan dengan demikian memasuki ikan melalui makanan.

Kadmium sangat beracun bagi manusia dan memiliki waktu paruh biologis yang panjang sehingga mencegah pengurangan beban tubuh yang terakumulasi. Efek pada kesehatan manusia termasuk hipertensi dan fungsi kardiovaskular, gangguan neurologis, efek karsinogenik dan kelemahan dan cacat tulang (Bosch *et al.*, 2016). Batas maksimal kadmium dalam ikan yang dapat dikonsumsi manusia menurut BPOM

adalah 0,3 mg/kg dan menurut SNI adalah 0,5 mg/kg (Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan, 2006; Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 Tentang Persyaratan Cemar Logam Berat Dalam Pangan Olahan, 2022).

2.1.4.3. Timbal (Pb)

Timbal adalah salah satu kontaminan utama yang ada di lingkungan dan secara alami terjadi di bebatuan, tanah dan hidrosfer. Bensin bertimbal adalah sumber utama timbal atmosfer. Pengurangan polusi timbal antropogenik ini terbukti dalam pengurangan konsentrasi timbal air laut. Timbal yang berada di lingkungan laut mudah diserap ke dalam aliran darah ikan dan terakumulasi dalam jaringan tubuh, tulang, insang, ginjal, hati, dan sisik. Dengan demikian, dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan dapat terakumulasi, terutama bila makanan laut dikonsumsi secara teratur (Bosch *et al.*, 2016).

Toksitas timbal tergantung pada bentuk kimianya dimana senyawa timbal organik lebih toksik daripada bentuk timbal anorganik. Lingkungan laut merupakan sumber yang signifikan dari paparan racun timbal pada ikan dan manusia. Pada masyarakat tertentu konsumsi ikan merupakan sumber utama paparan timbal dimana paparan berlebih dapat mengakibatkan masalah neurologis, efek hematologi, gagal ginjal, hipertensi dan kanker (Bosch *et al.*, 2016). Batas maksimal timbal dalam ikan yang dapat dikonsumsi manusia menurut BPOM adalah 1 mg/kg dan menurut SNI adalah 0,4 mg/kg (Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan, 2006; Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 Tentang Persyaratan Cemar Logam Berat Dalam Pangan Olahan, 2022).

2.1.4.4. Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) adalah logam yang berbentuk cair pada suhu dan tekanan lingkungan dan dapat hadir dalam beberapa bentuk dan senyawa kimia yang berbeda di lingkungan. Ikan dianggap sebagai sumber utama

merkuri pada manusia. Merkuri biasa digunakan untuk produksi cat, peralatan listrik, baterai dan fungisida serta dalam kedokteran, kedokteran gigi, pembuatan pulp kayu dan sektor militer (Bosch *et al.*, 2016).

Metil merkuri adalah bentuk organik stabil utama merkuri yang diambil oleh tubuh manusia melalui konsumsi makanan laut. Akumulasi metil merkuri di otak menyebabkan hilangnya sel-sel di area otak tertentu seperti otak kecil, korteks visual dan area fokus lainnya. Metil merkuri mudah melintasi penghalang plasenta kemudian mempengaruhi perkembangan neurologis pada janin yang sedang berkembang (Bosch *et al.*, 2016). Batas maksimal kadmium dalam ikan yang dapat dikonsumsi manusia menurut BPOM adalah 0,3 mg/kg dan menurut SNI adalah 1 mg/kg (Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan, 2006; Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 Tentang Persyaratan Cemar Logam Berat Dalam Pangan Olahan, 2022).

2.1.4. Kontaminasi Logam Berat pada Ikan Laut

Tabel 3. Kontaminasi Logam Berat pada Ikan

Ikan	Bagian	Zn	Cu	Cd	Pb	Hg	Sumber
	Insang	69.20	0.79	0.19	0.13	-	(Salam et al., 2019)
Euthynnus affinis	Hati	43.74	0.45	1.19	0.41	-	
	Daging	30.19	0.48	0.24	0.51	-	(Gu et al., 2017)

	Insang	30.19	0.48	0.24	0.51	-	(Gu et al., 2017)
	Hati	-	-	-	-	0.10	(Torres et al., 2015)
Thunnus obesus	Tulang Belakang	25.61	0.48	0.01	0.54	-	(Gu et al., 2017)
	Isi Perut	28.48	4.39	0.53	0.96	-	
	Daging	4.39	1.75	0.15	0.54	0.04	(Gu et al., 2017; Torres et al., 2015)

2.1.5. Protein

Protein adalah komponen yang melimpah di semua sel, dan hampir semua (kecuali protein penyimpanan) penting untuk fungsi biologis dan struktur sel. Protein dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi, struktur, fungsi biologis, atau sifat kelarutannya (Chang, 2010). Sekitar 60% orang dari negara berkembang bergantung pada ikan untuk lebih dari 30% pasokan protein hewani mereka. Biaya per unit produksi ikan dibandingkan dengan sumber protein makanan lainnya seperti ayam, kambing, babi, sapi, dll jauh lebih murah. Ikan mengandung semua asam amino esensial termasuk asam amino yang mengandung belerang: sistein dan metionin yang tidak ada dalam protein nabati. Ikan merupakan sumber protein hewani yang penting dan memberikan efek kenyang yang lebih besar daripada sumber makanan lain seperti ayam, sapi, dll. Otot ikan juga lebih mudah dicerna daripada protein hewani lainnya karena adanya jaringan ikat tingkat rendah (Balami *et al.*, 2019).

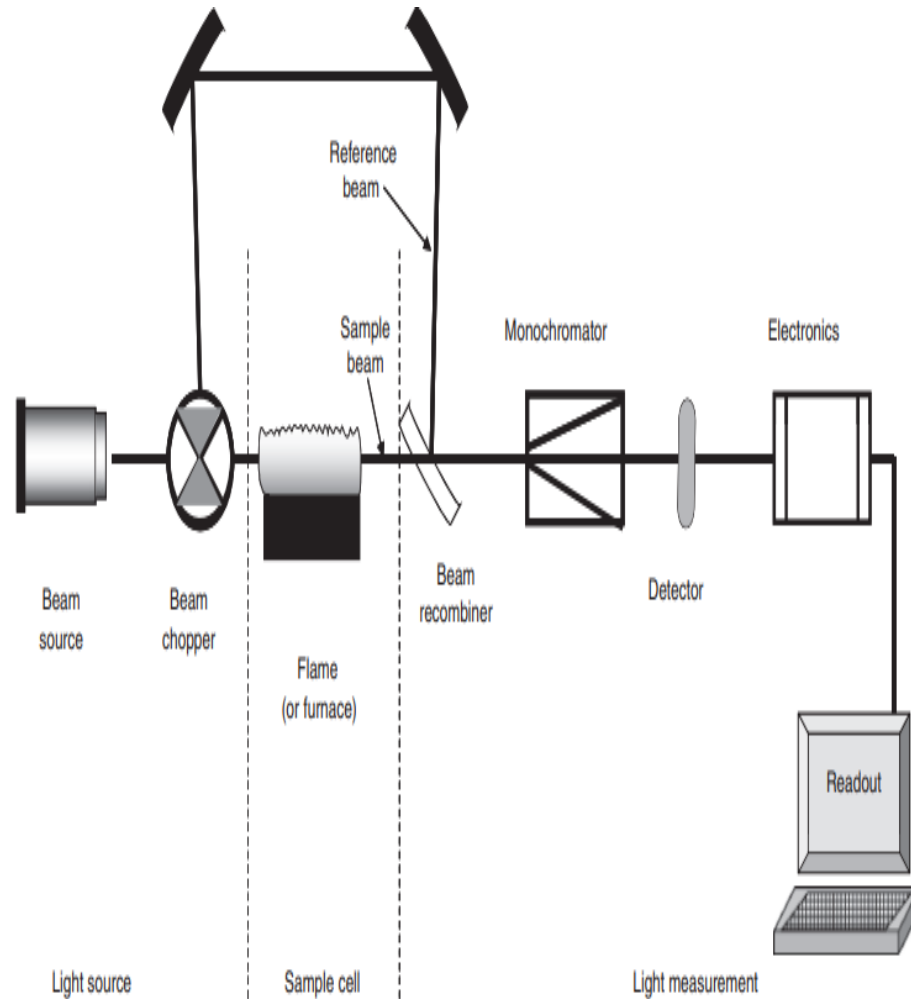
Ikan mengandung 15-20% protein dari keseluruhan berat badan hidup. Protein ikan mengandung asam amino (85-95%) esensial yang meningkatkan kualitas nutrisi keseluruhan dari makanan campuran. Porsi 140 gram ikan dapat menyediakan sekitar 50-60% protein harian yang dibutuhkan oleh manusia dewasa. Dibandingkan dengan hewan darat, ikan merupakan sumber protein yang kaya dan memiliki kandungan asam lemak tak jenuh poli rantai panjang omega-3 yang tinggi. Ikan sebagai sumber protein hewani yang potensial, dapat berperan penting dalam mencegah malnutrisi kalori protein. Immunoglobulin protein dapat bertindak sebagai pertahanan penting terhadap infeksi bakteri dan virus dan membantu dalam pemeliharaan keseimbangan elektrolit dan air dalam sistem manusia. Protein yang berasal dari ikan juga menyeimbangkan banyak faktor pengatur tubuh (Badoni *et al.*, 2021; Balami *et al.*, 2019).

2.1.6. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

2.1.5.1. Prinsip

Prinsip utama dari spektrofotometri serapan atom adalah penyerapan energi panas dari nyala api sehingga molekul berubah menjadi atom. Saat proses penyerapan energi, atom berpindah dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Energi yang diserap dibaca oleh lampu katoda berongga sebagai panjang gelombang. Pembacaan didapat dari perbedaan antara jumlah energi yang dipancarkan dari lampu katoda berongga dengan energi yang mencapai detektor. Penyerapan berbanding lurus dengan konsentrasi (Nielsen, 2017).

2.1.5.2. Instrumentasi



Gambar 4. Susunan Komponen dalam Spektrofotometri Serapan Atom.
Sumber : (Yeung *et al.*, 2017).

Spektrometer serapan atom, biasanya dengan desain berkas ganda, terdiri dari komponen berikut :

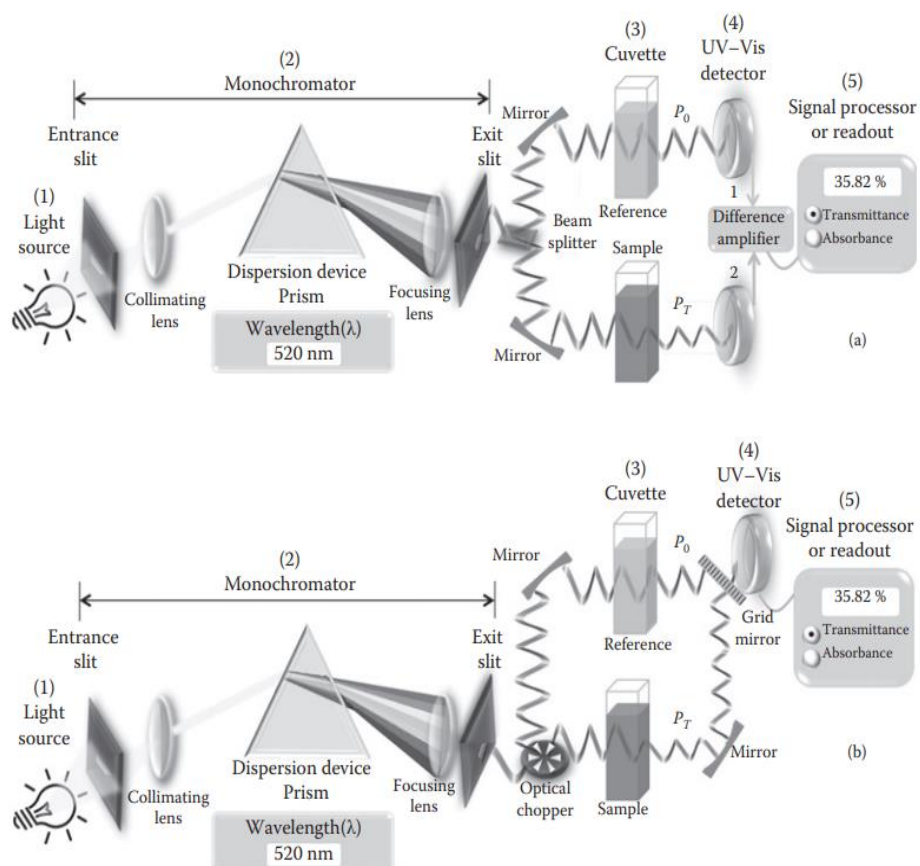
1. Sumber radiasi, lampu katoda berongga (HCL) atau lampu pelepasan tanpa elektroda (EDL)
2. Atomizer, biasanya sistem pembakar nebulizer atau tungku grafit
3. Monokromator, biasanya monokromator kisi UV-Vis
4. Detektor, tabung photomultiplier (PMT) atau detektor solid-state (SSD)
5. Perangkat pembacaan, analog atau pembacaan digital (Yeung *et al.*, 2017).

2.1.6. Spektrofotometri UV-Vis

2.1.5.1. Prinsip

Penyerapan sinar ultraviolet atau cahaya tampak oleh senyawa kimia menghasilkan spektrum yang berbeda, yang merupakan dasar untuk spektroskopi. Interaksi cahaya dan materi adalah dasar dari spektroskopi. Ketika materi menyerap cahaya, ia mengalami eksitasi dan deeksitasi, yang menghasilkan pembentukan spektrum. Ketika gelombang elektromagnetik menyerang material, fenomena seperti transmisi, penyerapan, refleksi, dan hamburan dapat terjadi, dan spektrum yang diamati menggambarkan interaksi panjang gelombang dengan objek berdimensi diskrit seperti atom, molekul, dan makromolekul. Penyerapan terjadi ketika frekuensi cahaya yang masuk sama dengan perbedaan energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi suatu molekul (Patel *et al.*, 2022).

2.1.5.2. Instrumentasi



Gambar 5. Susunan Komponen dalam Spektrofotometri UV-Vis.
Sumber : (Nixdorf, 2017).

Spektrofotometer dasar terdiri dari lima komponen penting: sumber cahaya, monokromator, pemegang sampel/referensi, detektor radiasi, dan perangkat pembacaan yang terhubung dengan sumber daya (Penner, 2017).

a. Sumber Cahaya

Sumber cahaya yang paling umum adalah lampu deuterium, dan lampu halogen tungsten. Lampu deuterium memberikan cahaya di wilayah UV spektrum elektromagnetik (160–375 nm), sedangkan lampu tungsten memberikan cahaya di wilayah Vis dari spektrum elektromagnetik (350–2500 nm). Lampu deuterium memiliki waktu paruh terbatas sekitar 100 jam, sedangkan lampu tungsten memiliki waktu paruh lebih dari 1000 jam (Munjanja & Sanganyado, 2015).

b. Detektor

Detektor mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Detektor yang baik harus memberikan linearitas tinggi pada rentang yang lebih luas bersama-sama dengan sensitivitas tinggi. Detektor dapat berupa tabung photomultiplier atau tabung fotodioda (Munjanja & Sanganyado, 2015).

c. Monokromator

Monokromator berfungsi sebagai cahaya yang terdispersi. Monokromator terdiri dari celah masuk, penyebar, dan celah keluar. Cahaya yang keluar dari monokromator adalah satu panjang gelombang, maka istilah "mono". Ini mengurangi aberasi optik (Munjanja & Sanganyado, 2015).

d. *Sample Holding Cell*

Berbagai bahan, terutama plastik, silika sintetis, dan kuarsa leburan, digunakan dalam pembuatan kuvet. Namun, kuvet plastik hanya dapat menyerap cahaya dengan panjang gelombang tidak <300 nm. Sifat penting lainnya dari kuvet untuk dipertimbangkan adalah panjang lintasannya. Sel sampel terjadi dalam berbagai panjang

jalur; namun, sel persegi panjang 10 mm adalah yang paling banyak digunakan (Munjanja & Sanganyado, 2015).

2.1.7. Validasi Metode

2.1.7.1. Presisi (*Precision*)

Nilai presisi dalam prosedur analisis dapat diperoleh dengan pengukuran dari beberapa pengambilan sampel dari sampel homogen yang sama di bawah kondisi yang ditentukan. Ketepatan prosedur analitis biasanya dinyatakan sebagai varians, standar deviasi atau koefisien variasi dari serangkaian pengukuran. Presisi dapat diperoleh dengan tiga metode, yaitu pengulangan, presisi menengah, dan reproduibilitas (International Council for Harmonisation, 2022). Presisi pengulangan dilakukan pada hari, alat, analis, dan laboratorium yang sama, presisi menengah dilakukan di laboratorium yang sama dengan variasi hari, analis, atau alat yang berbeda, dan reproduibilitas biasanya dilakukan untuk studi kolaboratif karena dilakukan di laboratorium berbeda (Chauhan et al., 2015; Indrayanto, 2022).

2.1.7.2. Akurasi (*Accuration*)

Akurasi dalam prosedur analisis menyatakan perbandingan hasil yang diukur dengan nilai yang diharapkan (nilai yang diterima baik sebagai nilai benar konvensional atau sebagai nilai referensi). Akurasi dilaporkan sebagai persen perolehan rata-rata. Ada 3 metode untuk menentukan akurasi, yaitu perbandingan bahan referensi, studi spiking, dan perbandingan prosedur orthogonal. Metode perbandingan bahan referensi dilakukan jika memiliki *certified reference material* (CRM), studi spiking dilakukan jika jumlah dan konsentrasi analit yang ditambahkan diketahui, dan perbandingan prosedur orthogonal dilakukan untuk memverifikasi nilai pengukuran yang telah memiliki metode yang telah terstandar (International Council for Harmonisation, 2022).

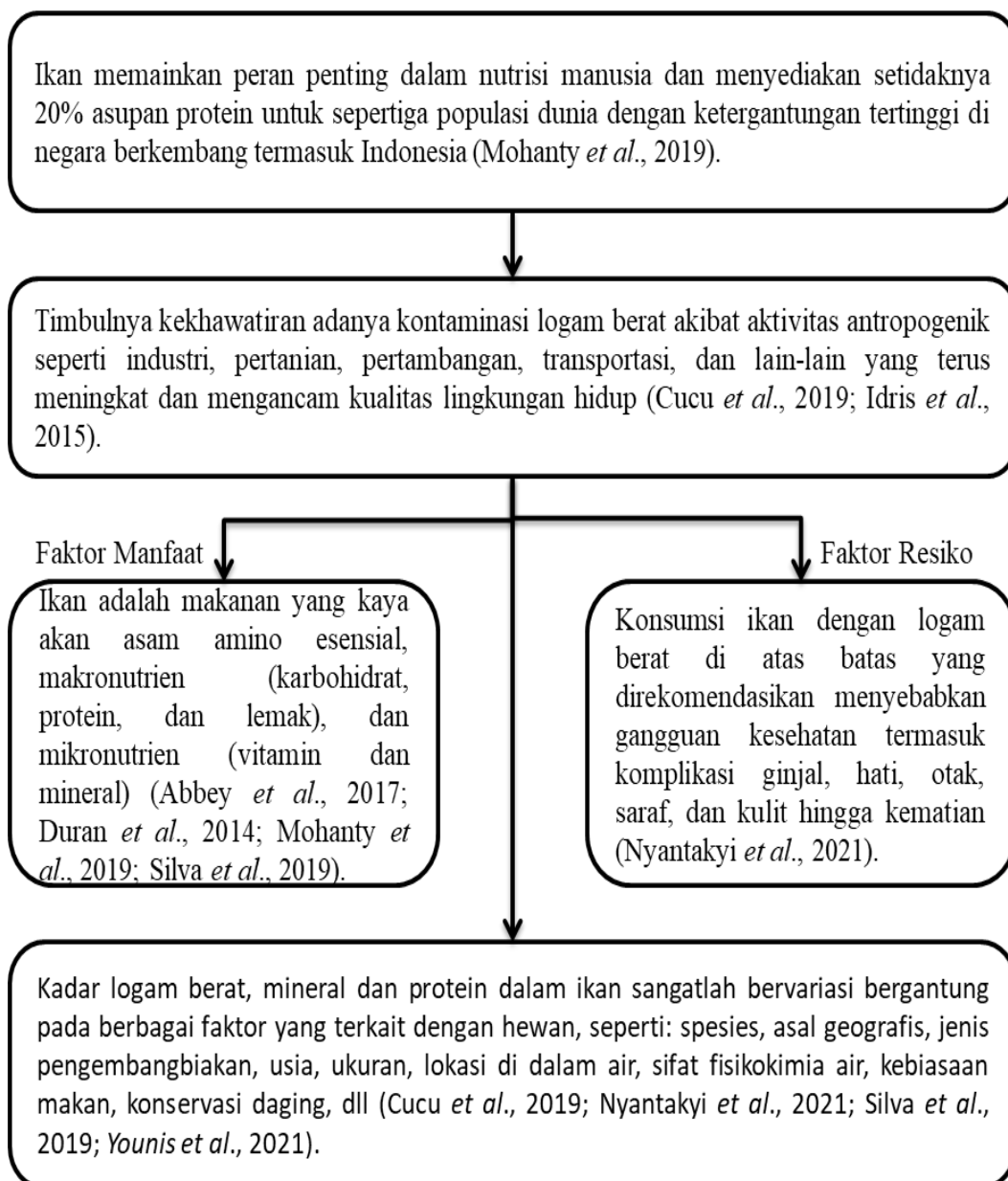
2.1.7.3. Rentang (*Range*) dan Linearitas (*Linearity*)

Bergantung pada persiapan sampel (misalnya, pengenceran) dan prosedur analitis yang dipilih, rentang yang dapat dilaporkan akan mengarah ke rentang kerja tertentu. Biasanya, satu set konsentrasi sampel atau tingkat kemurnian yang sesuai disajikan ke instrumen analitik dan respons sinyal masing-masing dievaluasi (*International Council for Harmonisation, 2022*).

2.1.7.4. Batas Deteksi / *Limit of Detection* (LOD) dan Batas Kuantifikasi / *Limit of Quantification* (LOQ)

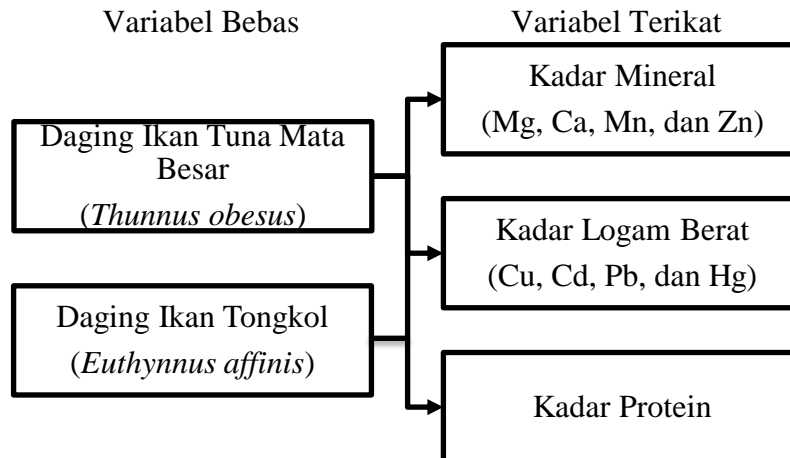
Batas deteksi adalah jumlah analit terendah dalam sampel yang dapat dideteksi tetapi tidak harus dikuantifikasi sebagai nilai yang tepat. Batas kuantifikasi adalah jumlah analit terendah dalam sampel yang dapat ditentukan secara kuantitatif dengan presisi dan akurasi yang sesuai (*International Council for Harmonisation, 2022*).

2.2 Kerangka Teori



Gambar 6. Kerangka Teori

2.3 Kerangka Konsep



Gambar 7. Kerangka Konsep

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental dengan melakukan identifikasi dan analisis kadar kandungan senyawa mineral, logam berat, dan protein dalam ikan laut secara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom dan spektrofotometri UV-Vis.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi, yaitu Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung untuk melakukan determinasi sampel dan Laboratorium Kimia Farmasi Analisa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung untuk identifikasi dan analisis kadar kandungan mineral, logam berat, dan protein pada sampel.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada November – Desember 2022.

3.3 Populasi dan Sampel

3.3.1 Populasi

Populasi dari penelitian ini adalah ikan laut yang didapatkan dari pasar gudang lelang yang berlokasi di Jalan Ikan Bawal No.62, Kangkung, Kecamatan Telukbetung Selatan, Kota Bandar Lampung, Lampung, Indonesia.

3.3.2 Sampel

Sampel dari penelitian ini adalah 15 gram daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dengan ukuran (1500 – 2000 gram) dan 15 gram daging tongkol (*Euthynnus affinis*) dengan ukuran (250 – 350 gram) yang

didapatkan dari pasar gudang lelang yang berlokasi di Jalan Ikan Bawal No.62, Kungkung, Kecamatan Telukbetung Selatan, Kota Bandar Lampung, Lampung, Indonesia.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.5.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau, tabung reaksi, neraca analitik, spatula, batang pengaduk, labu takar, pipet volume 1 mL, gelas ukur 50 mL, bola hisap, pipet tetes, beaker glass 250 mL, lempeng pemanas (*hot plate*), corong, blender, lemari asam, satu set kuvet, lampu katoda berongga (magnesium, zink, kalsium, mangan, tembaga, kadmium, timbal, dan merkuri) (*Hanamatsu Photonics K. K.*) dan satu set alat Spektrofotometer UV-Vis *Shimadzu* 1900i dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) *Shimadzu* AA-7000.

3.5.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan tuna dan ikan tongkol, larutan biuret, larutan standar magnesium (II) nitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) (*Supelco*), larutan standar zink (II) nitrat ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$) (*Supelco*), larutan standar kalsium (II) nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) (*Supelco*), larutan standar mangan (II) nitrat ($\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$) (*Supelco*), larutan standar tembaga (II) nitrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) (*Supelco*), larutan standar kadmium (II) nitrat ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$) (*Supelco*), larutan standar timbal (II) nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) (*Supelco*), larutan standar merkuri (II) nitrat ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$) (*Supelco*), asam nitrat pekat (HNO_3 65%) (*Merck*), asam klorida pekat (HCl 65%) (*Merck*), Baku standar albumin (BSA) dan aquadest bebas mineral.

3.5 Prosedur dan Alur Penelitian

3.5.1 Prosedur Penelitian

3.5.1.1. Persiapan Sampel

Seluruh sampel ikan dicuci terlebih dahulu menggunakan aquades, bagian dalam tubuh ikan (jeroan), insang, dan tulang dipisahkan.

Sampel ikan yang akan diidentifikasi dilumatkan/haluskan hingga homogen menggunakan blender dan tempatkan dalam wadah yang bersih dan tertutup rapat. Sampel yang tidak langsung dianalisis akan disimpan dalam *freezer*. Pastikan sampel masih tetap homogen sebelum ditimbang jika terjadi pemisahan antara cairan dan sampel maka dilakukan blender ulang sebelum dilakukan analisis.

3.5.1.2. Destruksi Sampel

a. Destruksi Sampel untuk Uji Mineral dan Logam Berat

Destruksi sampel berfungsi agar sampel dapat teroksidasi sempurna sehingga meninggalkan berbagai elemen - elemen pada larutan asam dalam bentuk senyawa anorganik. Metode destruksi sampel dibagi menjadi 2, yaitu destruksi kering dan destruksi basah. Destruksi basah dipilih karena kemungkinan hilangnya mineral dalam sampel lebih rendah dibandingkan destruksi kering (Alegría et al., 2015).

Asam nitrat dianggap sebagai pereaksi dekomposisi universal karena tidak mengganggu sebagian besar penentuan analisis. Kombinasi asam nitrat dengan asam kuat lainnya seperti asam sulfat, hidrogen peroksida, dan asam klorida digunakan untuk meningkatkan kualitas dekomposisi dan nilai perolehan kembali (Das & Ting, 2017; Maharaj et al., 2021).

Sekitar 15 gram sampel ikan ditimbang ke dalam wadah. Dengan menggunakan metode destruksi basah. Sebanyak 112,5 mL (v/v) HNO_3 dan H_2SO_4 dengan perbandingan 1 : 2 ditambahkan ke dalam masing-masing sampel yang ditimbang, dicampur, dan direndam selama 12 jam. Larutan dibiarkan dingin sampai suhu kamar dan dipindahkan ke dalam botol coklat 250 mL. Sampel yang digunakan untuk pengujian merupakan sampel dengan faktor pengenceran 100X (Kwaansa-Ansah et al., 2018).

b. Destruksi Sampel untuk Uji Protein

Sekitar 10 gram sampel ikan ditimbang dan dimasukkan ke dalam glass baker. Sebanyak 25 mL aquabides ditambahkan ke dalam glass baker lalu dipanaskan dengan suhu 30 °C dan diputar dengan kecepatan 250 rpm menggunakan *hot plate* selama 10 menit. Pemanasan dan pemutaran berfungsi agar protein terdenaturasi sehingga dapat dilakukan analisisnya (Chang & Zhang, 2017). Larutan dibiarkan di suhu ruangan sampai dingin, lalu saring menggunakan kertas saring. Sampel yang digunakan untuk pengujian merupakan sampel dengan faktor pengenceran 50X dan ditambahkan 6 mL larutan Biuret (Bahri et al., 2020; Walin et al., 2022).

3.5.1.3. Validasi Metode Analisis

a. Presisi (*Precision*)

Pengujian ini menggunakan metode repeabilitas. Metode ini dipilih karena pengujian dilakukan pada hari, alat, analis, dan laboratorium yang sama. Konsentrasi larutan baku diukur sebanyak 3 kali pengulangan menggunakan larutan baku dengan 3 konsentrasi berbeda. Akurasi dinyatakan baik jika berada dalam kisaran 75-120% (International Council for Harmonisation, 2022).

b. Akurasi (*Accuration*)

Pengujian ini menggunakan metode *certified Reference Material* (CRM). Metode ini dipilih karena memiliki baku CRM dan salah satu metode yang simple. Konsentrasi larutan baku diukur sebanyak 3 kali pengulangan menggunakan larutan baku dengan 3 konsentrasi berbeda. Presisi dinyatakan baik jika nilai RSD kurang dari 2% (International Council for Harmonisation, 2022).

c. Rentang (*Range*) dan Linearitas (*Linearity*)

Pengujian dilakukan dengan menggunakan larutan baku dengan kemurnian yang telah diketahui sebanyak 3 kali pengulangan dengan 3 konsentrasi berbeda. Nilai linearitas dapat diterima ketika

koefisien determinasi $\geq 0,996$ (Forero-Mendieta et al., 2022; *International Council for Harmonisation, 2022*).

- d. Batas Deteksi / *Limit of Detection* (LOD/DL) dan Batas Kuantifikasi / *Limit of Quantification* (LOQ/QL)

$$LOD = \frac{3 \times 3 \times \sigma}{S}$$

$$LOQ = \frac{10 \times \sigma}{S}$$

Keterangan

LOD = Batas Deteksi / *Limit of Detection* (mg/Kg)

LOQ = Batas Kuantifikasi / *Limit of Quantification* (mg/Kg)

σ = Simpangan Baku

S = Kemiringan Kurva

(*International Council for Harmonisation, 2022*).

3.5.1.4. Analisis Sampel Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom

Konsentrasi mineral dan logam berat diukur dengan kondisi operasional pada Tabel 4 yang diperoleh berdasarkan studi literatur. Konsentrasi logam berat dalam larutan sampel dihitung berdasarkan persamaan kurva standar $Y = bx+a$, yang merupakan kurva hubungan antara absorbansi larutan standar dengan konsentrasi standar (Muti'ah *et al.*, 2022).

Tabel 4. Kondisi Operasional Spektrofotometri Serapan Atom

Mineral/ Logam Berat	Mode BGC	Panjang Gelombang	Arus Lampu	Lebar Celah	Tipe Pembakaran	Laju Alir C ₂ H ₂	Tinggi Burner
Ca	BGC- D2	422,7 nm	10 mA	0,7 nm	Udara- C ₂ H ₂	2,0 L/min	7 mm
Mg	BGC- D2	285,2 nm	8 mA	0,7 nm	Udara- C ₂ H ₂	1,8 L/min	7 mm
Mn	BGC- D2	279,5 nm	10 mA	0,7 nm	Udara- C ₂ H ₂	2,0 L/min	7 mm
Zn	BGC- D2	213,9 nm	8 mA	0,7 nm	Udara- C ₂ H ₂	2,0 L/min	7 mm

Cu	BGC-D2	324,8 nm	8 mA	0,7 nm	Udara- C ₂ H ₂	1,8 L/min	7 mm
Cd	BGC-D2	228,8 nm	8 mA	0,7 nm	Udara- C ₂ H ₂	1,8 L/min	7 mm
Pb	BGC-D2	283,3 nm	10 mA	0,7 nm	Udara- C ₂ H ₂	2,0 L/min	7 mm
Hg	BGC-D2	253,7 nm	4 mA	0,7 nm	Udara- C ₂ H ₂	2,0 L/min	16 mm

Sumber : (Shimadzu Corporation, 2022).

3.5.1.5. Analisis Sampel Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis

Penelitian ini menggunakan metode biuret untuk identifikasi dan penentuan kandungan protein di dalam sampel. Metode ini biasa digunakan untuk menentukan protein dalam sereal, daging, protein kedelai, dan lain-lain. Metode ini dipilih karena lebih murah, cepat, sederhana, dan lebih sedikit interferensi dibandingkan metode kjeldahl (Chang & Zhang, 2017).

a. Identifikasi Sampel

Ambil sampel yang telah didestruksi sebanyak 1 mL lalu tambahkan 6 mL reagen Biuret. Sampel yang mengandung protein akan berwarna ungu violet (Chang & Zhang, 2017; Walin et al., 2022).

b. Preparasi Larutan

Sebanyak 0,05 gram Bovine Serum Albumin (BSA) dilarutkan dengan akuabides dalam labu ukur 10 ml hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan baku dengan konsentrasi 5000 ppm (Walin et al., 2022).

c. Pembuatan Kurva Standar

Kurva standar dibuat untuk menentukan persamaan regresi linier. Setiap larutan standar dibuat sesuai tabel dibawah dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm kemudian dibuat kurva untuk mendapatkan persamaan linier (Walin et al., 2022).

Tabel 5. Komposisi Kurva Standar

No	Larutan BSA Standar (mL)	H ₂ O (mL)	Reagen Biuret	Konsentrasi Standar (ppm)
1.	0,0	4	6	0
2.	0,4	3,6	6	500
3.	0,8	3,2	6	1000
4.	1,2	2,8	6	1500
5.	1,6	2,4	6	2000

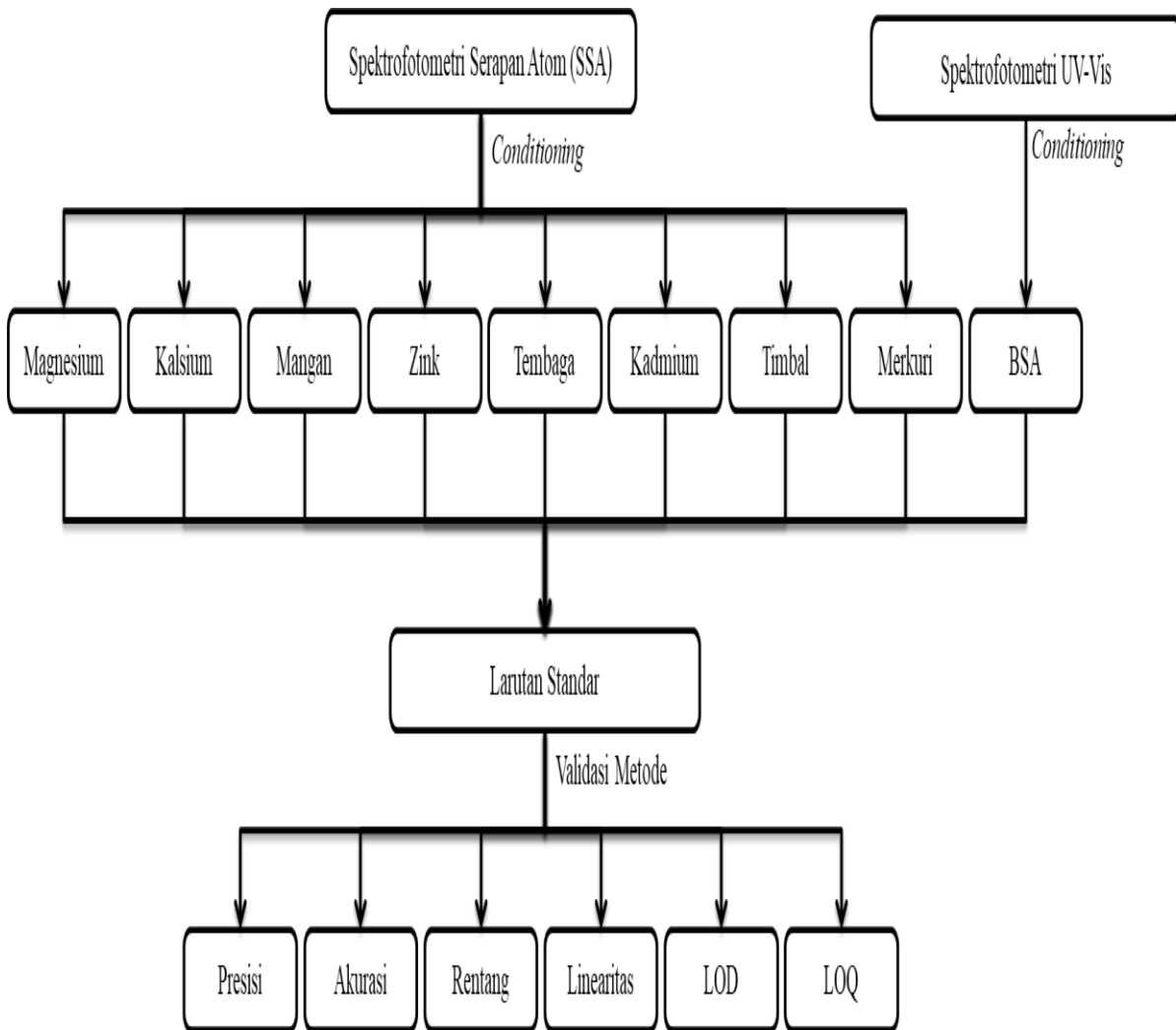
Sumber : (Walín et al., 2022).

d. **Penentuan Kadar Protein dalam Sampel**

Sebanyak 1 mL sampel ditambahkan 6 mL reagen Biuret lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm (Chang & Zhang, 2017; Walín et al., 2022).

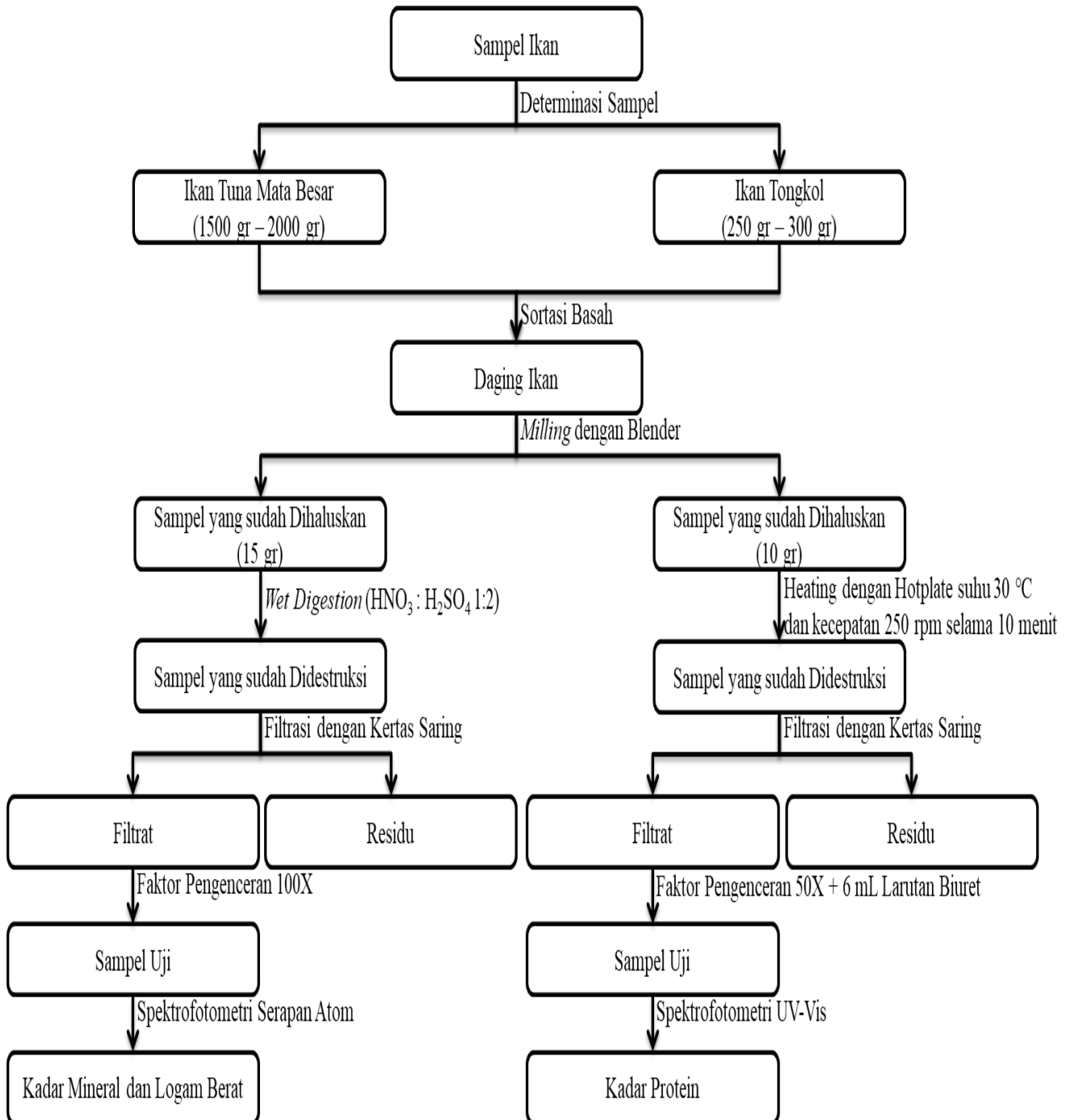
3.5.2 Alur Penelitian

3.5.1.1. Instrumentasi



Gambar 8. Alur Penelitian Instrumentasi

3.5.1.2. Persiapan Sampel



Gambar 9. Alur Penelitian Preparasi Sampel

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Terdapat kandungan mineral (Mg, Ca, Mn, dan Zn) dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*).
2. Terdapat kandungan logam berat (Cd, Pb, dan Hg) dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*).
3. Terdapat kandungan protein dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*).
4. Penelitian ini menunjukkan kadar mineral kalsium, magnesium, mangan, dan zink dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) adalah 97,75 mg/Kg; 3,25 mg/Kg; 3,37 mg/Kg; 2,5mg/Kg dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah 164,34 mg/Kg; 4,2 mg/Kg; 4,86 mg/Kg; 3,12 mg/Kg dimana tidak ada satupun kadar mineral dari kedua sampel melebihi batas maksimum yang ditetapkan BPOM dan Kemenkes.
5. Penelitian ini menunjukkan kadar logam berat tembaga, kadmium, timbal, dan merkuri dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) adalah 0 mg/Kg; 1,28 mg/Kg; 0,16 mg/Kg; 28,52 mg/Kg dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah 0 mg/Kg; 1,40 mg/Kg; 31,41 mg/Kg; 0,12 mg/Kg dimana kadar kadmium dan timbal pada kedua sampel melebihi batas aman yang disarankan BPOM dan SNI.
6. Penelitian ini menunjukkan kadar protein dalam daging ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) adalah 48902,5 mg/Kg dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah 77250 mg/Kg.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh bagian ikan terhadap kadar mineral, logam berat, dan protein.
2. Perlu pengujian untuk membuktikan hasil penelitian yang diperoleh untuk dibandingkan di laboratorium lain yg telah terstandarisasi dan analisis lain yang telah tersertifikasi
3. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait analisis konsentrasi \ logam berat dalam air tempat sampel diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbey, L., Glover-Amengor, M., Atikpo, M. O., Atter, A., & Toppe, J. (2017). Nutrient Content of Fish Powder From Low Value Fish and Fish by Products. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 379. <https://doi.org/10.1002/FSN3.402>
- Agustiyar, F., Umar, W. K., & Guritno, A. (2022). Validation of Calcium (Ca) Analysis in Dolomite Fertilizer Using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). *Anjoro: International Journal of Agriculture and Business*, 3(1), 7–18. <https://doi.org/10.31605/ANJORO.V3I1.1417>
- Ahmed, Q., Yousuf, F., Sarfraz, M., Mohammad Ali, Q., Balkhour, M., Safi, S. Z., & Ashraf, M. A. (2015). Euthynnus affinis (Little Tuna): Fishery, Bionomics, Seasonal Elemental Variations, Health Risk Assessment and Conservational Management. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 71–96. <https://doi.org/10.1080/21553769.2014.961617>
- Al-Mutairi, K. K. ; A., Khan, F. R., Kong Yap, C., & Al-Mutairi, K. A. (2022). Copper and Zinc Levels in Commercial Marine Fish from Setiu, East Coast of Peninsular Malaysia. *Toxics* 2022, 10(2), 52. <https://doi.org/10.3390/TOXICS10020052>
- Alegría, A., Cilla, A., & Lagarda, M. J. (2015). Inorganic Nutrients. In L. M. L. Nollet & F. Toldrá (Eds.), *Handbook of Food Analysis* (3rd ed., Vol. 1, pp. 733–754). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/B18668-40>
- Alsmadi, M. K., & Almarashdeh, I. (2022). A Survey on Fish Classification Techniques. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(5), 1625–1638. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUCI.2020.07.005>
- Amadi, C. N., Offor, S. J., Frazzoli, C., & Orisakwe, O. E. (2019). Natural Antidotes and Management of Metal Toxicity. *Environmental Science and*

Pollution Research International, 26(18), 18032–18052.
<https://doi.org/10.1007/S11356-019-05104-2>

Andianti, R., Mardiyah, S., & Purba, W. S. (2020). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia Air dan Lingkungan* (Krismawati, N. Supriyani, & C. Widya (eds.)). Badan Pusat Statistik/BPS – Statistics Indonesia.

Andreas, Hadibarata, T., Sathishkumar, P., Prasetia, H., Hikmat, Pusfitasari, E. D., Tasfiyati, A. N., Muzdalifah, D., Waluyo, J., Randy, A., Ramadhaningtyas, D. P., Zuas, O., & Sari, A. A. (2021). Microplastic Contamination in The Skipjack Tuna (*Euthynnus affinis*) Collected from Southern Coast of Java, Indonesia. *Chemosphere*, 276, 130185.
<https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.130185>

Ariño, A., Beltrán, J. A., Herrera, A., & Roncalés, P. (2013). Fish and seafood: Nutritional Value. In B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Human Nutrition* (3rd ed., Vols. 2–4, pp. 254–261). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00110-0>

Artetxe-Arrate, I., Fraile, I., Marsac, F., Farley, J. H., Rodriguez-Ezpeleta, N., Davies, C. R., Clear, N. P., Grewe, P., & Murua, H. (2021). A Review of The Fisheries, Life History and Stock Structure of Tropical Tuna (Skipjack *Katsuwonus pelamis*, Yellowfin *Thunnus albacares* and Bigeye *Thunnus obesus*) in The Indian Ocean. *Advances in Marine Biology*, 88, 39–89.
<https://doi.org/10.1016/BS.AMB.2020.09.002>

Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Lampung. (2018). *FGD Pengelolaan Sampah Teluk Lampung (Policy Paper)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Lampung.
[https://balitbangda.lampungprov.go.id/uploads/113_Pengelolaan_Sampah_teluk_lampung_\(Policy_Paper\).pdf](https://balitbangda.lampungprov.go.id/uploads/113_Pengelolaan_Sampah_teluk_lampung_(Policy_Paper).pdf)

Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 Tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan, (2022).
https://standarpangan.pom.go.id/dokumen/peraturan/202x/logam_2022.pdf

- Keputusan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK.00.05.23.3644 Tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Suplemen Makanan, (2004).
- Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan, Pub. L. No. ICS 67.220.20, 1 (2006). https://sertifikasibbia.com/upload/logam_berat.pdf
- Badoni, P., Nazir, I., Aier, M., Maity, B., Samanta, S., & Das, A. (2021). Significant Role of Fish Nutrients with Special Emphasis to Essential Fatty Acid in Human Nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(02), 2034–2046. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1002.243>
- Bahri, S., Ketut Sumarni, N., Abdul Rahim, E., Kimia, J., Mipa, F., Tadulako, U., Soekarno Hatta Km, J., Bumi Tadulako, K., & Palu, T. (2020). Comparison of Cork Fish (*Channa striata*) Albumin Content from Boiling and Steaming Process by Using Biuret Test. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(1), 67–73. <https://doi.org/10.22487/KOVALEN.2020.V6.I1.12699>
- Balami, S., Sharma, A., & Karn, R. (2019). Significance Of Nutritional Value Of Fish For Human Health. *Malaysian Journal of Halal Research*, 2(2), 32–34. <https://doi.org/10.2478/MJHR-2019-0012>
- Bernhoft, R. A. (2013). Cadmium Toxicity and Treatment. *The Scientific World Journal*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/394652>
- Bogard, J. R., Thilsted, S. H., Marks, G. C., Wahab, M. A., Hossain, M. A. R., Jakobsen, J., & Stangoulis, J. (2015). Nutrient Composition of Important Fish Species in Bangladesh and Potential Contribution to Recommended Nutrient Intakes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 120–133. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2015.03.002>
- Bosch, A. C., O'Neill, B., Sigge, G. O., Kerwath, S. E., & Hoffman, L. C. (2016). Heavy Metals in Marine Fish Meat and Consumer Health: a Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), 32–48. <https://doi.org/10.1002/JSFA.7360>

- Chang, S. K. C. (2010). Protein Analysis. In *Food Analysis* (pp. 133–146). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1_9
- Chang, S. K. C., & Zhang, Y. (2017). Protein Analysis. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis. Food Science Text Series* (pp. 315–331). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_18
- Chauhan, A., Mittu, B., & Chauhan, P. (2015). Analytical Method Development and Validation: A Concise Review. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 6(1), 1–5. <https://doi.org/10.4172/2155-9872.1000233>
- Cucu, A. K., Topkaya, M., Erdogan, G., & Aboul-Enein, H. Y. (2019). Quantitative Determination of Heavy Metal Contamination in Horse Mackerel and Whiting Caught in the Sea of Marmara. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 2019 102:4, 102(4), 498–503. <https://doi.org/10.1007/S00128-019-02574-5>
- Das, S., & Ting, Y. P. (2017). Evaluation of Wet Digestion Methods for Quantification of Metal Content in Electronic Scrap Material. *Resources* 2017, 6(4), 64. <https://doi.org/10.3390/RESOURCES6040064>
- Duarte-Neto, P., Higa, F. M., & Lessa, R. P. (2012). Age and Growth Estimation of Bigeye Tuna, *Thunnus obesus* (Teleostei: Scombridae) in The Southwestern Atlantic. *Neotropical Ichthyology*, 10(1), 148–158. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252012000100014>
- Duran, A., Tuzen, M., & Soylak, M. (2014). Assessment of Trace Metal Concentrations in Muscle Tissue of Certain Commercially Available Fish Species from Kayseri, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 2014 186:7, 186(7), 4619–4628. <https://doi.org/10.1007/S10661-014-3724-7>
- Forero-Mendieta, J. R., Varón-Calderón, J. D., Varela-Martínez, D. A., Riaño-Herrera, D. A., Acosta-Velásquez, R. D., & Benavides-Piracón, J. A. (2022). Validation of an Analytical Method for the Determination of Manganese and Lead in Human Hair and Nails Using Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. *Separations* 2022, 9(7), 158.

<https://doi.org/10.3390/SEPARATIONS9070158>

- Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., & Catalano, A. (2020). The Effects of Cadmium Toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(11), 3782. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17113782>
- Gu, Y. G., Lin, Q., Huang, H. H., Wang, L. gen, Ning, J. J., & Du, F. Y. (2017). Heavy Metals in Fish Tissues/Stomach Contents in Four Marine Wild Commercially Valuable Fish Species from The Western Continental Shelf of South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, *114*(2), 1125–1129. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.10.040>
- Havelka, M., Sawayama, E., Saito, T., Yoshitake, K., Saka, D., Ineno, T., Asakawa, S., Takagi, M., Goto, R., & Matsubara, T. (2021). Chromosome-Scale Genome Assembly and Transcriptome Assembly of Kawakawa *Euthynnus affinis*; A Tuna-Like Species. *Frontiers in Genetics*, *12*, 739781. <https://doi.org/10.3389/FGENE.2021.739781/FULL>
- Huang, H., Zhou, C., Xu, L., Zhu, J., Wang, X., & Cao, J. (2021). Spatial Variation in Bigeye Tuna *Thunnus obesus* Size at Sexual Maturity in The Eastern Pacific Ocean. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/J.AAF.2021.11.003>
- Idris, A. M., Said, T. O., Omran, A. A., & Fawy, K. F. (2015). Combining Multivariate Analysis and Human Risk Indices for Assessing Heavy Metal Contents in Muscle Tissues of Commercially Fish from Southern Red Sea, Saudi Arabia. *Environmental Science and Pollution Research* *22*:21, 22(21), 17012–17021. <https://doi.org/10.1007/S11356-015-4921-9>
- Indrayanto, G. (2022). Application of Accuracy and Precision Evaluations Based on the Current United States and Indonesian Pharmacopoeias: A Critical Review. *Makara Journal of Science*, *26*(4), 1. <https://doi.org/10.7454/mss.v26i4.1343>
- Integrated Taxonomic Information System. (2022a). *Euthynnus affinis*.

https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=172403#null

Integrated Taxonomic Information System. (2022b). *Thunnus obesus*. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=172428#null

International Council for Harmonisation. (2022). Validation of Analytical Procedures Q2(R2). *ICH Harmonised Guideline*, 1–38. https://database.ich.org/sites/default/files/ICH_Q2-R2_Document_Step2_Guideline_2022_0324.pdf

Iwegbue, C. M. A. (2015). Metal Concentrations in Selected Brands of Canned Fish in Nigeria: Estimation of Dietary Intakes and Target Hazard Quotients. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(3), 1–15. <https://doi.org/10.1007/S10661-014-4135-5/METRICS>

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Statistik Kualitas Air, Udara, dan Tutupan Lahan 2020* (H. Sakina (ed.)). Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Lingkungan.

Khalili Tilami, S., & Sampels, S. (2018). Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 243–253. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>

Khoa, T. N. D., Hayasaka, O., Matsui, H., Waqalevu, V., Honda, A., Nakajima, K., Yamashita, H., Ishikawa, M., Shiozaki, K., & Kotani, T. (2021). Changes in Early Digestive Tract Morphology, Enzyme Expression and Activity of Kawakawa Tuna (*Euthynnus affinis*). *Aquaculture*, 530, 735935. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735935>

Kiczorowska, B., Samolińska, W., Grela, E. R., & Bik-Małodzińska, M. (2019). Nutrient and Mineral Profile of Chosen Fresh and Smoked Fish. *Nutrients* 2019, 11(7), 1448. <https://doi.org/10.3390/NU11071448>

- Kim, J. J., Kim, Y. S., & Kumar, V. (2019). Heavy Metal Toxicity: An Update of Chelating Therapeutic Strategies. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 54, 226–231. <https://doi.org/10.1016/J.JTEMB.2019.05.003>
- Kwaansa-Ansah, E. E., Nti, S. O., & Opoku, F. (2018). Heavy Metals Concentration and Human Health Risk Assessment in Seven Commercial Fish Species from Asafo Market, Ghana. *Food Science and Biotechnology* 2018 28:2, 28(2), 569–579. <https://doi.org/10.1007/S10068-018-0485-Z>
- Lall, S. P., & Kaushik, S. J. (2021). *Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish*. 11, 2711. <https://doi.org/10.3390/ani11123510>
- Latimer Jr., G. W. (Ed.). (2023). Guidelines for Standard Method Performance Requirements. In *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.005.006>
- M. El-Sayed, A., & A.M. Ali, M. (2020). Heavy Metals Content in Canned Tuna Fish Marketed in Assiut City, Egypt and Its Related Human Health Risk Assessment. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 66(165), 1–20. <https://doi.org/10.21608/avmj.2020.166364>
- Maharaj, D., Mohammed, T., Mohammed, A., & Addison, L. (2021). Enhanced Digestion of Complex Cosmetic Matrices for Analysis of As, Hg, Cd, Cr, Ni, and Pb Using Triton X-100. *MethodsX*, 8, 101241. <https://doi.org/10.1016/J.MEX.2021.101241>
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia, Pub. L. No. Nomor 28 Tahun 2019 (2019). http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No__28_Th_2019_ttg_Angka_Kecukupan_Gizi_Yang_Dianjurkan_Untuk_Masyarakat_Indonesia.pdf
- Mogobe, O., Mosepele, K., & Masamba, W. R. L. (2015). Essential Mineral Content of Common Fish Species in Chanoga, Okavango Delta, Botswana.

African Journal of Food Science, 9(9), 480–486.
<https://doi.org/10.5897/AJFS2015.1307>

- Mohanty, B. P., Mahanty, A., Ganguly, S., Mitra, T., Karunakaran, D., & Anandan, R. (2019). Nutritional Composition of Food Fishes and Their Importance in Providing Food and Nutritional Security. *Food Chemistry*, 293, 561–570. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.11.039>
- Munjanja, B., & Sanganyado, E. (2015). UV–Visible Absorption, Fluorescence, and Chemiluminescence Spectroscopy. In L. M. . Nollet & F. Toldrá (Eds.), *Handbook of Food Analysis* (3rd ed., Vol. 2, pp. 1417–1432). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/B18668-80>
- Muti'ah, M., Siahaan, J., Loka, I. N., & Irawan, J. (2022). The Efficiency of Heavy Metal Analysis Method in Marine Fish Samples by Atomic Absorption Spectrophotometry. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(2), 963–968. <https://doi.org/10.29303/JPPIPA.V8I2.1489>
- Nielsen, S. S. (2017). Sodium and Potassium Determinations by Atomic Absorption Spectroscopy and Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy. In *Food Analysis Laboratory Manual. Food Science Text Series* (pp. 171–177). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_20
- Nixdorf, S. L. (2017). UV–Vis Spectroscopy. In A. S. Franca & L. M. . Nollet (Eds.), *Spectroscopic Methods in Food Analysis* (1st ed., pp. 35–68). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315152769-2>
- Nyantakyi, A. J., Wiafe, S., Akoto, O., & Fei-Baffoe, B. (2021). Heavy Metal Concentrations in Fish from River Tano in Ghana and the Health Risks Posed to Consumers. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5834720>
- Ogidi, O. I., Njoku, C. O., Onimisi, A. M., & Onomedjeke, P. E. (2021). Evaluation of Heavy Metal Contents and Potential Human Health Risk Assessment of Selected Canned Sardines Fish Sold in Yenagoa, Nigeria.

Archives of Ecotoxicology, 3(2), 39–43.
<https://doi.org/10.36547/AE.2021.3.2.39-43>

Patel, S., Raulji, A., Patel, D., Panchal, D., Dalwadi, M., & Upadhyay, U. (2022). A Review on “Uv Visible Spectroscopy.” *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 7(5), 1151.
<https://doi.org/10.35629/7781-070511441151>

Penner, M. H. (2017). Ultraviolet, Visible, and Fluorescence Spectroscopy. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis. Food Science Text Series*. (pp. 89–106). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_7

Petricorena, Z. C. (2015). Chemical Composition of Fish and Fishery Products. In P. C. K. Cheung & B. M. Mehta (Eds.), *Handbook of Food Chemistry* (pp. 1–1173). Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5>

Sachdeva, C., Thakur, K., Sharma, A., & Sharma, K. K. (2018). Lead: Tiny but Mighty Poison. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 33(2), 132.
<https://doi.org/10.1007/S12291-017-0680-3>

Sadeghi, P., Loghmani, M., & Frokhzad, S. (2020). Human Health Risk Assessment of Heavy Metals via Consumption Commercial Marine Fish (Thunnus albacares, Euthynnus affinis, and Katsuwonus pelamis) in Oman Sea. *Environmental Science and Pollution Research* 27:13, 27(13), 14944–14952. <https://doi.org/10.1007/S11356-020-07907-0>

Salam, M. A., Paul, S. C., Noor, S. N. B. M., Siddiqua, S. A., Aka, T. D., Wahab, R., & Aweng, E. R. (2019). Contamination Profile of Heavy Metals in Marine Fish and Shellfish. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(2), 225–236. <https://doi.org/10.22034/GJESM.2019.02.08>

Shimadzu Corporation. (2022). *Atomic Absorption Cook Book No. 3 Flame Atomic Absorption Spectrometer's Parameter for Each Element* (Issue 3). Analytical Applications Department Shimadzu Corporation.

- Silva, D. dos S., dos Santos, C. S., Pando, L. A., Gomes, M. S. R., Novaes, C. G., dos Santos, W. N. L., & Bezerra, M. A. (2019). Doehlert Design in The Optimization of Ultrasound Assisted Dissolution of Fish Fillet Samples with Tetramethyl Ammonium Hydroxide for Metals Determination Using FAAS. *Food Chemistry*, 273, 71–76. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.02.049>
- Torres, P., Rodrigues, A., Soares, L., & Garcia, P. (2015). Metal Concentrations in Two Commercial Tuna Species from an Active Volcanic Region in the Mid-Atlantic Ocean. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 2015 70:2, 70(2), 341–347. <https://doi.org/10.1007/S00244-015-0249-1>
- Wainwright, D. K., Ingersoll, S., & Lauder, G. V. (2018). Scale Diversity in Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*): Fat-Filled Trabecular Scales Made of Cellular Bone. *Journal of Morphology*, 279(6), 828–840. <https://doi.org/10.1002/JMOR.20814>
- Walín, Susanto, H., Widjanarko, B., & Nurjazuli, N. (2022). Protein Content Test of Tilapia Fish Extract (*Oreochromis Mossambicus*) before and after Freeze Dry Using Biuret Method. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 16(3), 365–369. <https://doi.org/10.37506/IJFMT.V16I3.18312>
- Wang, X. Y., & Xie, J. (2019). Evaluation of Water Dynamics and Protein Changes in Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) During Cold Storage. *LWT*, 108, 289–296. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.03.076>
- Wang, X. Y., Xie, J., & Chen, X. J. (2021). Differences in Lipid Composition of Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) During Storage at 0°C and 4°C. *Food Research International*, 143, 110233. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110233>
- Yazawa, R., Takeuchi, Y., Amezawa, K., Sato, K., Iwata, G., Kabeya, N., & Yoshizaki, G. (2015). GnRH α -Induced Spawning of The Eastern Little Tuna (*Euthynnus affinis*) in a 70-m³ Land-Based Tank. *Aquaculture*, 442, 58–68.

<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2015.01.016>

- Yemmen, C., & Gargouri, M. (2022). Potential Hazards Associated with The Consumption of Scombridae fish: Infection and Toxicity from Raw Material and Processing. *Journal of Applied Microbiology*, *132*(6), 4077–4096. <https://doi.org/10.1111/JAM.15499>
- Yeung, V., Miller, D. D., & Rutzke, M. A. (2017). Atomic Absorption Spectroscopy, Atomic Emission Spectroscopy, and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis. Food Science Text Series*. (5th ed., pp. 129–150). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_9
- Yi, Z., & Xie, J. (2022). Assessment of Spoilage Potential and Amino Acids Deamination & Decarboxylation Activities of *Shewanella putrefaciens* in Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*). *LWT*, *156*, 113016. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.113016>
- Younis, E. M., Abdel-Warith, A. W. A., Al-Asgah, N. A., Elthebite, S. A., & Mostafizur Rahman, M. (2021). Nutritional Value and Bioaccumulation of Heavy Metals in Muscle Tissues of Five Commercially Important Marine Fish Species from The Red Sea. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(3), 1860–1866. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2020.12.038>
- Zeitoun, M. M., & Mehana, E.-S. E. (2014). Impact of Water Pollution with Heavy Metals on Fish Health: Overview and Updates. *Global Veterinaria*, *12*(2), 219–231. <https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2014.12.02.82219>
- Zhao, L., Xia, Z., & Wang, F. (2014). Zebrafish in The Sea of Mineral (Iron, Zinc, and Copper) Metabolism. *Frontiers in Pharmacology*, *5*, 33. <https://doi.org/10.3389/FPHAR.2014.00033/BIBTEX>