



**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN (ARKL) KANDUNGAN
TIMBAL (PB) PADA IKAN LEMURU DI TEMPAT PELELANGAN IKAN
(TPI) MUNCAR KABUPATEN BANYUWANGI**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Kesehatan Masyarakat.*

SKRIPSI

PUTRI APRILIA

212110101072

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT

PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN

2025



**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN KANDUNGAN (ARKL)
TIMBAL (PB) PADA IKAN LEMURU DI TEMPAT PELELANGAN IKAN
(TPI) MUNCAR KABUPATEN BANYUWANGI**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Kesehatan Masyarakat.*

SKRIPSI

PUTRI APRILIA

212110101072

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT

PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN

2025

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Persembahan ini penulis tujukan kepada orang-orang yang memberikan dukungan tiada henti selama penulisan skripsi ini. Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Diri sendiri yang telah berusaha dengan maksimal dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Kedua orang tua yang penulis cintai, yaitu Bapak Agung Wijianto dan Ibu Sugiati yang telah memberikan segalanya dan limpahan kasih sayang sehingga penulis bisa menyelesaikan pendidikan hingga sarjana.
3. Adik kandung saya, Aisyah Fitria Anggraeni yang selalu memberikan semangat dan keluh kesah penulis.
4. Sepupu-sepupu saya Rafika, Arga, Fatta, Fefe, Nabil, Beryl, dan Shanum yang memberi semangat kepada penulis.
5. Keluarga besar yang telah memberi doa dan semangat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Pembimbing penulis, Ibu Ellyke, S.KM., M.KL. selaku DPU dan Ibu Globila Nurika, S.KM., S.KL. selaku DPA yang telah memberikan bimbingan arahan, serta kesabaran dalam membimbing penulisan skripsi ini.

MOTTO

Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya

QS. An-Najm: 39¹

¹ Kementerian Agama, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, (Jakarta: Kementerian Agama, 2022), Surah An-Najm [53]:39

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Aprilia

NIM : 212110101072

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Lemuru di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Muncar Kabupaten Banyuwangi* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 31 Juli 2025

Yang menyatakan

Putri Aprilia

NIM 212110101072

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Lemuru di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Muncar Kabupaten Banyuwangi* telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 05 Agustus 2025

Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Ellyke, S.KM., M.KL.

(.....)

NIP : 198104292006042002

2. Pembimbing Anggota

Nama : Globila Nurika, S.KM., M.KL.

(.....)

NIP : 199306142019032022

Penguji

1. Ketua Penguji

Nama : Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes.

(.....)

NIP : 197509142008121002

2. Sekretaris Penguji

Nama : Sulistiyani, S.KM., M.Kes.

(.....)

NIP : 197606152002122002

3. Penguji Luar

Nama : Rahmania Permatasari, S.T., M.T.

(.....)

NIP : 198111252011012008

RINGKASAN

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Lemuru di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Muncar Kabupaten Banyuwangi; Putri Aprilia; 212110101072; 2025; 40 halaman; Peminatan Kesehatan Lingkungan; Program Studi Kesehatan Masyarakat; Fakultas Kesehatan Masyarakat; Universitas Jember

Pelabuhan perikanan Muncar merupakan salah satu pelabuhan perikanan terbesar dan menjadi pusat perikanan di Kabupaten Banyuwangi. Adanya fasilitas tersebut dapat memberikan dampak positif dan negatif bagi masyarakat dan pemerintah daerah. Salah satu dampak negatif yang dapat terjadi yaitu adanya pencemaran timbal di perairan Selat Bali. Ikan lemuru merupakan komoditas utama sumberdaya perikanan di Kabupaten Banyuwangi. Selain itu, masyarakat di Desa Kedungrejo Kecamatan Muncar juga memiliki minat yang tinggi untuk mengkonsumsi ikan lemuru. Meskipun konsentrasi timbal dalam ikan lemuru masih berada dibawah standar baku mutu yang telah ditetapkan, apabila dikonsumsi secara berkala dapat menimbulkan dampak negatif pada kesehatan manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan kandungan timbal (Pb) pada ikan lemuru di TPI Muncar Kabupaten Banyuwangi.

Penelitian ini menggunakan penelitian deskriptif. Sampel air laut yang digunakan pada penelitian ini berasal dari titik 3 titik perairan Selat Bali dengan masing-masing volume sampel sebesar 250 ml. Sampel ikan lemuru berasal dari 9 titik perairan Selat Bali dengan masing-masing berat sampel sebesar 500 gram. Sampel air laut dan ikan lemuru tersebut kemudian diuji di Laboratorium UPT. PMP2KP Banyuwangi dengan menggunakan metode ICP-MS. Sampel masyarakat yaitu masyarakat Desa Kedungrejo Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi yang biasa mengkonsumsi ikan lemuru dari TPI Muncar minimal minimal 4 kali dalam 1 minggu. Teknik pengambilan sampel masyarakat secara *accidental sampling* sebanyak 45 orang.

Hasil uji laboratorium kandungan timbal pada air laut dan ikan lemuru dari TPI Muncar masih dibawah standar baku mutu BPOM RI Nomor 9 Tahun 2022 tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Panganan Olahan. Hasil perhitungan intake non-karsinogenik pada tingkat populasi berada pada rentang 0,0187 hingga 0,0464 mg/kg/hari. Hasil perhitungan *intake* non-karsinogenik pada tingkat individu berada pada rentang 0,0014 hingga 0,1274 mg/kg/hari. Hasil karakterisasi risiko (RQ) pada tingkat populasi berada pada rentang nilai 4,675 hingga 11,6 sehingga nilai $RQ \geq 1$ dan termasuk kategori tidak aman. Hasil RQ pada tingkat individu menunjukkan bahwa terdapat 3 responden termasuk ke dalam kategori aman dan 42 responden lainnya termasuk ke dalam tidak aman karena nilai $RQ \geq 1$. Pengelolaan risiko diperlukan karena hasil perhitungan tingkat risiko termasuk dalam kategori tidak aman. Pengelolaan risiko dilakukan dengan menentukan nilai konsentrasi timbal aman untuk masyarakat Desa Kedungrejo yaitu $< 0,0057$ mg/kg/hari. Nilai laju konsumsi aman masyarakat Desa Kedungrejo yaitu $< 6,77$ gram/hari yang setara dengan 1 porsi ikan lemuru dalam 1 minggu. Cara menurunkan konsentrasi timbal pada ikan dapat dilakukan dengan melakukan perendaman dengan larutan asam sitrat seperti jeruk nipis, jeruk purut, filtrat tomat, dan filtrat asam jawa sebelum ikan dimasak. Tahap terakhir dalam ARKL yaitu melakukan komunikasi risiko dengan pihak terkait untuk menyampaikan hasil ARKL dan upaya pengelolaan risiko yang dapat dilakukan.

Analisis risiko kesehatan kandungan timbal pada ikan lemuru di TPI Muncar termasuk dalam kategori tidak aman. Saran yang dapat dilakukan oleh masyarakat yaitu dengan membatasi konsumsi ikan lemuru maksimal 1 porsi ikan lemuru dalam satu minggu serta merendam ikan lemuru menggunakan bahan yang mengandung asam sitrat. Bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Banyuwangi, dapat melakukan pengecekan dan monitoring kandungan logam berat terkait kualitas air laut dan perikanan di perairan Selat Bali dan tempat pelelangan ikan yang ada di Kabupaten Banyuwangi secara berkala.

SUMMARY

Environmental Health Risk Analysis of Lead (Pb) Content in Lemuru Fish at Muncar Fish Auction Place, Banyuwangi Regency; Putri Aprilia; 212110101072; 2025; 40 pages; Environmental Health Studies; Undergraduate Public Health Study Program; Faculty of Public Health; University of Jember

Muncar Fishing Port is one of the largest fishing ports and serves as the fishing hub in Banyuwangi Regency. The presence of such facilities can have both positive and negative impacts on the local community and government. One of the potential negative impacts is lead contamination in the waters of the Bali Strait. Lemuru fish is the primary commodity of the fisheries resources in Banyuwangi Regency. Additionally, residents of Kedungrejo Village in Muncar Subdistrict have a high preference for consuming lemuru fish. Although lead concentrations in lemuru fish remain below established quality standards, regular consumption could pose health risks to humans. The objective of this study is to analyze the environmental health risks associated with lead (Pb) content in lemuru fish at the Muncar Fishing Port in Banyuwangi Regency.

This research uses descriptive research. Seawater samples used in this study came from 3 points of the Bali Strait waters with each sample volume of 250 ml. Lemuru fish samples came from 9 points of the Bali Strait waters with each sample weight of 500 grams. The seawater and lemuru fish samples were then tested at the PMP2KP Banyuwangi Laboratory using the ICP-MS method. The community sample is the people of Kedungrejo Village, Muncar Subdistrict, Banyuwangi Regency who usually consume lemuru fish from TPI Muncar at least 4 times in 1 week. The sampling technique was accidental sampling of 45 people.

Laboratory test results of lead content in seawater and lemuru fish from TPI Muncar are still below the quality standard set in BPOM RI Number 9 of 2022 concerning Requirements for Heavy Metal Contaminants in Processed Food. The results of the calculation of non-carcinogenic intakes at the population level are in the range of 0.0187 to 0.0464 mg/kg/day. While the results of the calculation of non-

carcinogenic intakes at the individual level are in the range of 0.0014 to 0.1274 mg/kg/day. The results of risk characterization (RQ) at the population level are in the range of values 4.675 to 11.6 so that the RQ value ≥ 1 and is included in the unsafe category. The RQ results at the individual level show that there are 3 respondents included in the safe category because they have an RQ value < 1 and 42 other respondents are included in the unsafe category because the RQ value ≥ 1 . Risk management is needed because the results of the calculation of the risk level are included in the unsafe category.

Risk management was conducted by determining the safe lead concentration value for the people of Kedungrejo Village, which is below 0.0057 mg/kg/day. The safe consumption rate for the people of Kedungrejo Village is below 6.77 grams/day, which is equivalent to 1 serving of fried lemuru fish or 2 servings of lemuru pepes in 1 month. The way to reduce lead concentration in fish can be done by soaking with citric acid solutions such as lime, kaffir lime, tomato filtrate, and tamarind filtrate before cooking the fish. The last stage in ARKL is to conduct risk communication with related parties to convey the results of ARKL and risk management efforts that can be carried out.

The health risk analysis of lead content in lemuru fish at the Muncar Fish Auction Market falls into the unsafe category. Recommendations for the community include limiting consumption of lemuru fish to a maximum of one serving per week and soaking the fish in a solution containing citric acid. For the Banyuwangi Regency Environmental Agency, regular checks and monitoring of heavy metal content related to seawater quality and fisheries in the waters of the Bali Strait and the fish auction sites in Banyuwangi Regency should be conducted.

PRAKATA

Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Ikan Lemuru di Tempat Pelelangan Ikan Muncar Kabupaten Banyuwangi” dengan baik. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membimbing dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini, antara lain:

1. Dr. Farida Wahyu Ningtyias, S.KM, M.Kes, selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Dr. Elok Dwi Permatasari, S.KM., M.Kes, selaku Kepala Program Studi Fakultas Kesehatan Masyarakat Univeritas Jember;
3. Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes., selaku dosen penguji utama;
4. Sulistiyani, S.KM., M.Kes., selaku dosen sekretaris penguji;
5. Rahmania Permatasari, S.T., M.T., selaku Penguji Eksternal yang telah memberikan saran untuk penyelesaian skripsi;
6. Adistha Eka Noveyani, S.KM., M.P.H., selaku Dosen Pembimbing Akademik selama menjadi mahasiswa;
7. Seluruh sahabat dan teman-teman yang turut membantu dan mendukung penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini dan melewati masa-masa kuliah yang naik turun, terutama Anin, Ira, Yessi, Zila, Hasna, Yunita, Manda, JM dan teman-teman Kesling 24 serta Angkatan 21.
8. Almamater tercinta semasa sekolah yakni SDN Blawe, SMPN 1 Kunjang, dan SMAN 2 Pare yang telah memberikan banyak pelajaran sehingga dapat mengantarkan penulis hingga akhir masa studi S1 Kesehatan Masyarakat
9. Almamater tercinta, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah memberikan wadah dan banyak kesempatan bagi penulis untuk bisa mengembangkan potensi diri dalam bidang akademik maupun non akademik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik, saran, dan masukan yang membangun demi perbaikan skripsi ini sehingga dapat memberikan manfaat dan ilmu pengetahuan bagi penulis maupun pembaca

Jember, 31 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan	3
1.4.1 Tujuan umum	3
1.4.2 Tujuan khusus	3
1.5 Manfaat	4
1.5.1 Manfaat teoritis	4
1.5.2 Manfaat praktis	4
1.6 Keaslian Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Logam Berat Timbal	5
2.1.1 Definisi timbal	5

2.1.2	Sumber timbal	5
2.1.3	Toksikan timbal.....	5
2.2	Ikan Lemuru (Sardenilla lemuru).....	6
2.3	Bioakumulasi dan Biomagnifikasi timbal pada Biota.....	6
2.4	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	7
2.4.1	Identifikasi bahaya	8
2.4.2	Analisis dosis respon.....	8
2.4.3	Analisis pajanan.....	8
2.4.4	Karakterisasi risiko.....	9
2.5	Pengelolaan atau Manajemen Risiko.....	10
2.6	Komunikasi Risiko.....	10
2.7	Kerangka Teori	11
2.8	Kerangka Konsep	12
BAB 3.	METODE PENELITIAN	13
3.1	Desain Penelitian.....	13
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	13
3.3	Populasi dan Sampel/Subjek.....	13
3.3.1	Populasi.....	13
3.3.2	Sampel.....	14
3.4	Definisi Operasional Variabel.....	14
3.5	Pengumpulan Data Penelitian.....	16
3.5.1	Pengumpulan data sampel ikan.....	16
3.5.2	Pengumpulan data sampel air laut.....	17
3.5.3	Pengumpulan data sampel masyarakat	17
3.6	Alat/Instrumen Penelitian.....	17
3.7	Validitas dan Reabilitas Penelitian.....	18
3.8	Metode Analisis	18
3.9	Prosedur Penelitian.....	18
3.10	Laik Etik Penelitian.....	18
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1	Hasil Penelitian	19
4.1.1	Identifikasi timbal di lingkungan.....	19

4.1.2 Identifikasi timbal di ikan lemuru	19
4.1.3 Dosis-respon timbal.....	20
4.1.4 Analisis pemajanan	20
4.1.5 Karakterisasi Risiko	25
4.1.6 Pengelolaan risiko.....	27
4.1.7 Komunikasi risiko.....	29
4.2 Pembahasan.....	30
4.2.1 Identifikasi timbal di lingkungan.....	30
4.2.2 Identifikasi timbal di ikan lemuru	30
4.2.3 Analisis dosis respon	31
4.2.4 Analisis pemajanan	31
4.2.5 Karakterisasi risiko	33
4.2.6 Pengelolaan risiko.....	34
4.2.7 Komunikasi risiko.....	37
BAB 5. PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Keterbatasan	39
5.3 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keterangan Perhitungan <i>Intake</i>	9
Tabel 3.1 Definisi Operasional.....	15
Tabel 4.1 Tabel Hasil Uji Laboratorium Kandungan Timbal (Pb) pada Air Laut .	19
Tabel 4.2 Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Lemuru di TPI Muncar	19
Tabel 4.3 Nilai RfD Timbal Berdasarkan IRIS	20
Tabel 4.4 Karakteristik responden.....	21
Tabel 4.5 Laju Konsumsi, Durasi Paparan, dan Frekuensi Paparan.....	21
Tabel 4.6 Nilai intake timbal pada tingkat Populasi	23
Tabel 4.7. Nilai RQ pada tingkat populasi	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ikan Lemuru	6
Gambar 2.2 Kerangka Teori	11
Gambar 2.3 Kerangka Konsep	12
Gambar 4.1 Grafik Distribusi Nilai Intake Responden	24
Gambar 4.2 Grafik Distribusi Nilai RQ Responden	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 <i>Literature Review</i>	41
Lampiran 3.1 Denah Pengambilan Sampel Ikan dan Air Laut.....	41
Lampiran 3.2 SOP Pengambilan Sampel Air Laut.....	41
Lampiran 3.3 Prosedur Pengiriman Sampel.....	41
Lampiran 3.4 Pengujian Timbal dengan Metode ICP-MS.....	41
Lampiran 3.5 <i>Food Picture</i>	41
Lampiran 3.6 Lembar Kuesioner Penelitian	41
Lampiran 3.7 Prosedur Penelitian	41
Lampiran 4.1 Tabel Hasil Wawancara	41
Lampiran 4.2 Hasil Uji Laboratorium.....	41
Lampiran 4.3 Hasil Perhitungan Nilai Intake	41
Lampiran 4.4 Hasil Perhitungan Nilai RQ.....	42
Lampiran Hasil Analisis Statistik.....	42
Lampiran Surat Izin Penelitian.....	42
Lampiran Laik Etik	42
Lampiran Dokumentasi Penelitian	42
Lampiran Barcode Detail Pembahasan	42

DAFTAR NOTASI

$\%$: Persen
\leq	: Kurang dari sama dengan
$>$: Lebih dari
\pm	: Kurang lebih
$^{\circ}$: Derajat
$?$: Tanda tanya

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Singkatan/Istilah	Arti dan Keterangan
ARKL	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
BPOM RI	Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia
FFQ	<i>Food Frequency Questionnaire</i>
IRIS	<i>Integrated Risk Information</i>
ICP-MS	<i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i>
Kemenkes RI	Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
KEPK	Kaji Etik Penelitian Kesehatan
Pb	Timbal
UPT. PMP2KP	Unit Pelaksanaan Teknis Pengujian Mutu dan Pengembangan Produk Kelautan dan Perikanan
RQ	<i>Risk Quotient</i> (Tingkat Risiko)
RfC	<i>Reference Concentration</i> (Konsentrasi Referensi)
RfD	<i>Reference Dose</i> (Dosis Referensi)
SF	<i>Slope Factor</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
SOP	<i>Standard Operating Procedure</i>
TPI	Tempat Pelelangan Ikan
WIB	Waktu Indonesia bagian Barat
US-EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan perikanan Muncar merupakan salah satu pelabuhan perikanan terbesar dan menjadi pusat perikanan di Kabupaten Banyuwangi. Pada pelabuhan perikanan terdapat beberapa fasilitas seperti tempat pelelangan ikan, pabrik pengolahan ikan, dermaga kapal nelayan, dan tempat perawatan kapal (Pemerintah Provinsi Jawa Timur, 2024). Adanya fasilitas tersebut memberikan dampak positif berupa peningkatan pendapatan masyarakat dan pemerintah daerah, serta membantu ketahanan pangan lokal dan nasional. Namun, fasilitas ini juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan akibat aktivitas pelabuhan seperti pengisian bahan bakar dan perawatan kapal. Selain itu, limbah dari proses pengolahan ikan yang tidak dikelola dengan baik dan bermuara ke laut juga dapat menyebabkan pencemaran laut (Wardana & Kuntjoro, 2023). Logam berat menjadi salah satu bahan pencemar dari hasil kegiatan produksi pengolahan ikan dan kegiatan pelabuhan (Cantika et al., 2023).

Logam berat merupakan polutan lingkungan yang banyak ditemukan pada perairan. Logam berat yang bersifat toksik untuk tubuh manusia dan mencemari perairan salah satunya yakni timbal. Selain itu, timbal juga sangat mudah larut dalam air dan memiliki bioavailabilitas yang tinggi sehingga dapat terjadi proses bioakumulasi (Irianti et al., 2017). Sumber pencemaran timbal di perairan pantai muncar berasal dari kegiatan lalu lalang kapal nelayan, pengisian bahan bakar dan perbaikan kapal yang rusak serta limbah dari pabrik pengalengan ikan di sekitar TPI Muncar. Berdasarkan hasil penelitian (Islamiyah, 2020) menyatakan kadar timbal (Pb) di perairan pantai muncar sebesar 0,45 mg/L sehingga melewati batas baku mutu air laut untuk biota laut yang sudah tercatat dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut yakni 0,05 mg/L (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004). Tingginya cemaran timbal pada air laut juga dapat diketahui melalui bioindikator seperti tanaman dan ikan (Vidyastuti et al., 2022).

Tanaman dan ikan berinteraksi langsung dengan kondisi air sehingga menyerap zat/partikel mikro, kemudian menjadi bagian dari rantai makanan manusia (Arkianti et al., 2019). Adapun beberapa jenis varietas ikan dengan hasil tangkapan tertinggi di Kabupaten Banyuwangi pada tahun 2023 yaitu ikan lemuru sebanyak 14.704 ton, ikan layang sebanyak 7.934 ton, dan ikan tongkol sebanyak 3.875 ton (Badan Pusat Statistik, 2023). Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa ikan lemuru merupakan komoditas utama sumberdaya perikanan yang paling banyak ditangkap oleh nelayan. Selain itu, masyarakat di Desa Kedungrejo Kecamatan Muncar juga memiliki minat yang tinggi untuk mengkonsumsi ikan lemuru di tempat pelelangan ikan Muncar yaitu minimal 4 kali dalam satu minggu.

Proses masuknya logam berat timbal kedalam tubuh ikan dapat melalui dua cara yaitu paparan langsung melalui sistem pencernaan dan paparan tidak langsung melalui kulit dan insang. Kadar logam berat tertinggi sering ditemukan pada insang, saluran pencernaan, dan daging ikan karena proses difusi air melalui insang yang kemudian terakumulasi dalam darah dan daging ikan (Pradona & Partaya, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh (Islamiyah, 2020) menyatakan bahwa terdapat kandungan timbal (Pb) pada ikan lemuru di perairan pantai muncar sebanyak $3,527 \pm 0,382$ mg/kg sehingga melewati batas baku mutu yang ditetapkan dalam BPOM RI Nomor 9 Tahun 2022 tentang Persyaratan Cemar Logam Berat dalam Pangan Olahan. Sedangkan kandungan timbal dalam tubuh ikan lemuru di TPI Muncar menunjukkan hasil sebesar 0,1492 mg/kg sehingga masih berada dibawah standar baku mutu yang telah ditetapkan. Walaupun kadar timbal pada ikan lemuru di TPI Muncar masih dibawah baku mutu, jika ikan tersebut dikonsumsi secara berkala maka timbal dapat terakumulasi didalam tubuh dan dapat berisiko menyebabkan dampak negatif pada kesehatan manusia.

Timbal yang terakumulasi pada tubuh dapat menyebabkan penyakit non-karsinogenik seperti gangguan sistem saraf, kardiovasikular, gangguan ginjal, anemia, gangguan perkembangan otak pada janin, infertilitas hingga penyakit karsinogenik seperti kanker otak. (Putra et al., 2023). Berdasarkan potensi pencemaran timbal pada ikan lemuru di TPI Muncar tersebut diperlukan analisis risiko kesehatan lingkungan untuk mengetahui pajanan timbal dalam ikan lemuru

yang dikonsumsi masyarakat Desa Kedungrejo masih tergolong aman atau tidak aman. Selain itu, ARKL kandungan timbal pada ikan lemuru yang ada di TPI Muncar belum pernah dilakukan sebelumnya dan mayoritas masyarakat mengkonsumsi ikan lemuru dalam waktu yang lama sehingga penting dilakukan ARKL ini.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini yaitu “Bagaimana risiko kesehatan lingkungan kandungan timbal (Pb) pada ikan lemuru di TPI Muncar Kabupaten Banyuwangi?”

1.3 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini yaitu jenis ikan yang dijual di TPI Muncar Kabupaten Banyuwangi memiliki banyak jenis, tetapi hanya ikan lemuru yang diteliti dan penelitian dilakukan pada saat musim hujan.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan umum

Penelitian ini memiliki tujuan guna mendeskripsikan risiko kesehatan lingkungan kandungan timbal (Pb) pada ikan lemuru di TPI Muncar Kabupaten Banyuwangi.

1.4.2 Tujuan khusus

- a. Mengukur konsentrasi timbal (Pb) pada air laut perairan Banyuwangi.
- b. Mengukur konsentrasi timbal (Pb) pada ikan lemuru dari TPI Muncar.
- c. Menghitung dosis respon timbal (Pb) pada masyarakat Desa Kedungrejo yang mengkonsumsi ikan lemuru.
- d. Menganalisis pajanan timbal (Pb) pada ikan lemuru yang dikonsumsi masyarakat Desa Kedungrejo.
- e. Mengkarakterisasi risiko non-karsinogenik akibat pajanan timbal (Pb) pada ikan lemuru yang dikonsumsi di Desa Kedungrejo.

- f. Menentukan pengelolaan risiko yang dapat dilakukan masyarakat Desa Kedungrejo.
- g. Menentukan tindakan komunikasi risiko yang dapat dilakukan kepada masyarakat Desa Kedungrejo

1.5 Manfaat

1.5.1 Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk menambah pengetahuan dan mengembangkan terkait keilmuan kesehatan masyarakat dalam bentuk ARKL yang berguna untuk melihat risiko bahaya untuk saat ini atau beberapa tahun kedepan terkait timbal di wilayah desa Kedungrejo dari konsumsi ikan lemuru.

1.5.2 Manfaat praktis

a Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

Penelitian ini dapat bermanfaat untuk referensi atau acuan untuk penelitian selanjutnya dengan topik sejenis.

b Bagi pemerintah

Dapat digunakan untuk acuan melakukan pengelolaan risiko dalam penurunan kadar timbal agar tidak menimbulkan risiko kesehatan yang mungkin dapat terjadi.

c Bagi masyarakat

Sebagai sumber informasi dalam mengkonsumsi ikan lemuru yang dibeli di TPI Muncar serta dapat menjadi acuan untuk melakukan pengelolaan risiko.

1.6 Keaslian Penelitian

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan pada lampiran 1.1 yang menjadi pembeda dari penelitian lain yaitu ARKL menggunakan timbal pada ikan lemuru jarang dilakukan sebelumnya. Selain itu penggunaan metode IKM 3.14 ICP-MS dalam metode pengujian kadar timbal pada ikan lemuru juga jarang dilakukan serta pengambilan sampel ikan dan masyarakat Desa Kedungrejo sebagai responden belum pernah dilakukan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat Timbal

2.1.1 Definisi timbal

Timbal memiliki lambang Pb dan termasuk dalam kelompok pasca transisi dari kelompok karbon. Bentuk timbal yaitu berupa logam lembut, memiliki densitas tinggi, konduktivitas lemah, dan ditemukan bebas di alam. Massa jenis timbal adalah $11,34 \text{ g/cm}^3$ dan struktur atomnya berbentuk kubik pada Tabel struktur kimia. Pada kegiatan sehari-hari, timbal digunakan untuk elektroda baterai timbal, bahan insulasi kabel listrik bertekanan tinggi dan lain sebagainya (Maksum Septian & Nurfadillah Rofia, 2020).

2.1.2 Sumber timbal

Timbal secara alami terdapat pada lapisan bumi sekitar 0,0002%. Timbal juga dapat berasal dari aktivitas gunung berapi dan batuan mineral. Selain itu, sumber paparan timbal dapat berasal dari berbagai aktivitas dan produk seperti cat, emisi kendaraan bermotor, bensin, keramik, pipa air korosif, kosmetik, peralatan makan, industri penambangan dan peleburan timbal, minuman serta makanan yang terkontaminasi. Timbal dapat mencemari lingkungan melalui air limbah industri dan rumah tangga, serta melalui pembakaran aditif bensin yang mengandung senyawa timbal seperti tetraetil Pb dan tetrametil Pb. (Adhani & Husaini, 2017)

2.1.3 Toksikologi timbal

Konsentrasi tinggi timbal di lingkungan dapat mengakumulasi dalam organisme. Tubuh manusia dapat terkontaminasi timbal melalui jalur pernafasan (inhalasi), pencernaan (ingesti), dan kontak selaput/kulit. Timbal memiliki sifat toksik dan dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia. Timbal dapat menyebabkan masalah penyakit non-karsinogenik seperti pada sistem reproduksi manusia berupa gangguan pada perkembangan embrio dan penurunan jumlah sperma. Paparan akut timbal dapat menyebabkan masalah gastrointestinal, kerusakan otak, dan ginjal. Paparan kronis timbal dapat menyebabkan gangguan pada sistem pembuluh darah. Selain itu, timbal juga dapat menyebabkan kanker

otak dan meningioma. Mekanisme toksisitas timbal melibatkan interaksi dengan protein dan mengganggu fungsi kalsium melalui proses biokimia (Maksum Septian & Nurfadillah Rofia, 2020).

2.2 Ikan Lemuru (*Sardenilla lemuru*)

Ikan lemuru dapat ditemukan hampir seluruh wilayah perairan Indonesia terutama perairan selat Bali dan menjadi komoditas pelagis kecil. Berikut merupakan klasifikasi dan morfologi ikan lemuru.



Gambar 2.1 Ikan Lemuru

(Sumber: <https://dkp.jatimprov.go.id/unit/p3-puger//news/view/3081>)

Ikan lemuru termasuk dalam kelompok famili *Clupeidae* dan genus *Sardenella* yang memakan fitoplankton dan zooplankton sehingga biasanya hidup pada kedalaman 15-100 meter. Ikan lemuru memiliki ciri fisik tubuh berbentuk bulat Panjang, bagian perut membulat serta memiliki sisik duri tumpul dan tidak memonjol. Ikan ini berwarna biru kehijauan di punggung ikan dan berwarna perak di bagian perut. Terdapat sebaris bulatan hitam sebanyak 10-20 buah di penutup insang sampai pangkal ekor. Memiliki warna abu kekuningan pada sirip dan berwarna kehitaman pada ujung moncong dan sirip ekor. Rata-rata panjang tubuh ikan lemuru berkisar 11 cm hingga 18 cm (Pelabuhan Perikanan Pantai Muncar, 2024).

2.3 Bioakumulasi dan Biomagnifikasi timbal pada Biota

Bioakumulasi pada lingkungan dapat terjadi apabila bahan pencemar masuk ke dalam lingkungan. Hal tersebut dapat meningkatkan akumulasi secara hayati dan masuk ke dalam suatu rantai makanan. Bioakumulasi pada lingkungan perairan juga dapat meningkatkan tingkat bioakumulasi pada biota didalamnya seperti ikan. Sebagian besar organisme dalam rantai makanan laut mengakumulasi timbal dari air. Plankton memiliki peran penting dalam memindahkan timbal dari air ke

sedimen sehingga terjadi transfer timbal dalam rantai makanan. Selain itu, timbal dapat ditransfer dari hewan laut yang terkontaminasi ke konsumen baik manusia maupun hewan yang mengkonsumsi sehingga pada tingkat tropik, akumulasi timbal dapat meningkat. Berikut merupakan tahapan proses bioakumulasi timbal pada ikan menurut (Sembel, 2015):

1. Pengambilan (*Uptake*), yaitu timbal masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, pencernaan, atau absorpsi melalui kulit. Konsentrasi bahan kimia yang larut dalam air dan residu di sedimen dapat masuk ke dalam ekosistem jaringan makanan melalui plankton yang kemudian dimakan oleh ikan-ikan kecil. Selain itu, pada ikan uptake timbal dapat melalui insang.
2. Penyimpanan (*Storage*), yaitu penyimpanan sementara di jaringan tubuh atau organ. Kadar bahan kimia ini akan terus bertambah di dalam tubuh organisme dan bila kadarnya sampai melebihi kadar bahan tersebut di lingkungan (air atau udara). Pada ikan, bahan kimia yang masuk ke dalam tubuh biasanya terakumulasi pada aliran darah dan daging ikan.
3. Eliminasi, dapat berupa pemecahan bahan kimia menjadi senyawa yang lebih sederhana, dapat dilakukan dengan proses biologik disebut metabolisme. Timbal yang masuk ke dalam sel, mengalami dealkilasi melepaskan sel timbal ionik bebas yang bereaksi dengan makromolekul seluler untuk menyebabkan menyebabkan efek beracun. Komposisi logam berat yang berlebih dapat menyebabkan perubahan bentuk sel.

2.4 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) berguna untuk mengidentifikasi potensi risiko terhadap kesehatan manusia sebagai akibat dari permasalahan lingkungan yang berkaitan secara langsung. ARKL berfungsi untuk memperkirakan tingkat risiko saat ini yang akan terjadi di masa depan dan dapat menilai hasil risiko tersebut dapat diterima atau ditoleransi. Dalam pelaksanaan ARKL terdapat beberapa tahapan yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respon,

analisis pajanan, karakterisasi risiko, dan komunikasi risiko (Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012).

2.4.1 Identifikasi bahaya

Identifikasi bahaya merupakan proses identifikasi jenis, karakteristik, dan kapasitas agen risiko dengan potensi menimbulkan dampak negatif pada kelompok, sistem, atau organisme tertentu. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor agen risiko yang mungkin menyebabkan masalah kesehatan jika terjadi paparan pada tubuh. Pada tahap ini juga dijelaskan mengenai sumber dan penggunaannya, media lingkungan yang berpotensi, agen risiko, konsentrasi, gejala, serta dampak yang mungkin timbul akibat paparan agen pada tubuh manusia (Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012).

2.4.2 Analisis dosis respon

Analisis dosis respon perlu memperhatikan langkah-langkah berikut (Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012):

- a. Memahami jalur pajanan agen berisiko masuk dalam tubuh manusia
- b. Mengetahui dampak kesehatan dan perubahan gejala saat agen masuk dalam tubuh dengan dosis/konsentrasi yang tinggi atau melebihi baku mutu
- c. Menganalisis konsentrasi referensi (RfC) atau dosis referensi (RfD) atau *slope factor* (SF) pada agen risiko

2.4.3 Analisis pajanan

Tahapan selanjutnya dengan melakukan analisis pajanan untuk menghitung *intake* atau asupan dengan menggunakan rumus. Langkah ini membutuhkan data primer maupun sekunder serta nilai *default*. Rumus perhitungan intake yang terkontaminasi ke dalam tubuh melalui ingesti/oral sebagai berikut:

$$I = \frac{C \times R \times fE \times Dt}{Wb \times tavg} \quad (1)$$

Tabel 2.1 Keterangan Perhitungan *Intake*

Notasi	Arti notasi	Satuan	Nilai Default
I_{nk}/I_k (<i>Intake</i>)	Jumlah konsentrasi <i>risk agent</i> yang masuk ke tubuh seseorang dibandingkan berat badan setiap harinya	mg/kg/hari	Tidak ada nilai <i>default</i>
C (<i>Concentration/</i> Konsentrasi)	Konsentrasi <i>risk agent</i> pada makanan atau air bersih/minum	mg/kg (makanan)	Tidak ada nilai <i>default</i>
R (<i>Rate/</i> konsumsi)	Laju Jumlah air yang dikonsumsi atau berat makanan yang masuk masuk setiap jamnya	gram/hari (makanan)	Makanan a. Buah-buahan: 42 gram/hari b. Sayur: 80 gram/hari c. Ikan tangkap: 54 gram/hari
F_e (<i>Frecuency of</i> <i>exposure/</i> Frekuensi pajanan)	Jumlah hari yang terjadi dalam pajanan setiap tahunnya	Tahun	Pajanan pada pemukiman 192 hari/tahun
D_t (<i>duration time</i> /Durasi pajanan)	Jumlah atau lamanya tahun dimana paparan terjadi	Tahun	Pajanan pada pemukiman pajanan seumur hidup: 30 tahun
W_b (<i>weight of body/</i> <i>Berat badan</i>)	Berat badan manusia	kg	Dewasa asia : 55 kg Anak-anak asia: 15 kg
T_{avg} (<i>time average/</i> Periode waktu rata-rata)	Periode waktu rata-rata untuk efek non karsinogenik/karsinogenik	Hari	Non-karsinogenik: 30 tahun x 192 hari/tahun = 5.760 hari

Sumber: Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan (2012)

2.4.4 Karakterisasi risiko

Karakterisasi risiko digunakan guna menetapkan atau melihat seberapa besar agen risiko dengan konsentrasi tertentu berisiko mengakibatkan gangguan kesehatan. Berikut rumus penghitungan karakterisasi risiko efek non-karsinogenik: Karakterisasi risiko efek non karsinogenik pemajan jalur ingesti:

$$RQ = \frac{I}{RfD} \quad (2)$$

Keterangan:

- RQ (*Risk Question*) = nilai karakterisasi risiko
- I (*Intake*) = *intake* yang telah dihitung pada analisis pajanan
- RfD (*Reference Dose*) = nilai referensi agen risiko pada pemajan inhalasi

Tingkat risiko termasuk ke dalam kategori aman apabila $intake \leq RfD$ atau dinyatakan dengan $RQ \leq 1$. Tingkat risiko dinyatakan tidak aman apabila $intake > RfD$ atau $RQ > 1$ (Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012)

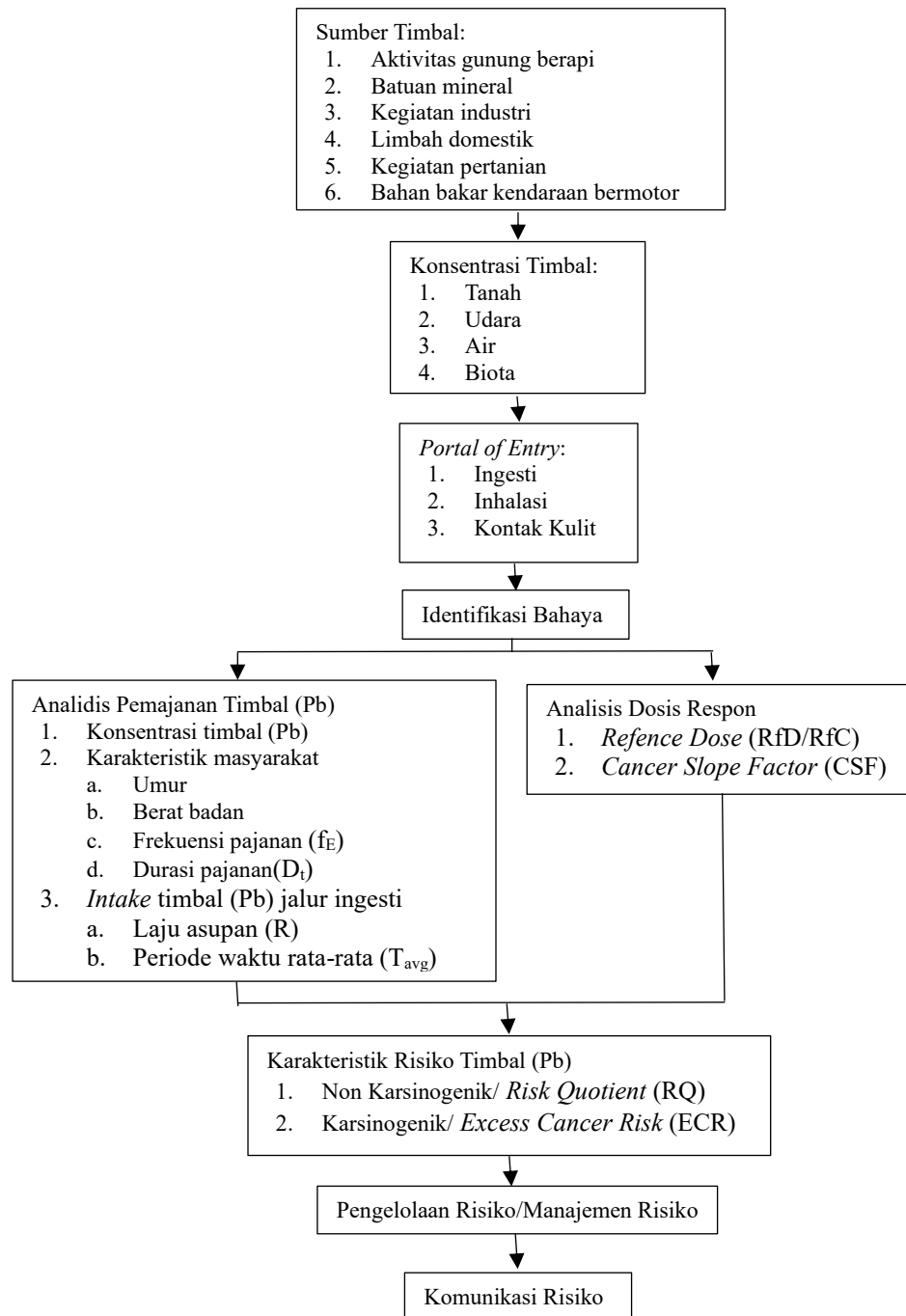
2.5 Pengelolaan atau Manajemen Risiko

Setelah melewati empat langkah dalam ARKL, dapat diputuskan agen risiko dapat dikatakan aman dapat diterima atau tidak. Apabila hasil karakterisasi yakni dalam jangkauan tingkat risiko tidak aman maka diperlukan pengelolaan risiko. Strategi pengelolaan risiko dilakukan dengan cara menentukan batas aman yang terdiri atas menentukan konsentrasi aman (C), jumlah laju konsumsi aman (R), waktu pajanan aman (t_E), frekuensi pajanan aman (f_E), dan penentuan durasi pajanan aman (D_t). Strategi selanjutnya yaitu penapisan alternatif (pemilihan *scenario*) pengelolaan risiko. Pendekatan dalam pengelolaan risiko dapat berupa pendekatan sosial ekonomi, teknologi, dan institusional (Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012).

2.6 Komunikasi Risiko

Hasil ARKL yang telah dilaksanakan perlu disampaikan pada pihak yang berkepentingan seperti pemerintah dan masyarakat yang berisiko. Oleh karena itu, komunikasi penyampaian risiko diperlukan guna menyampaikan hasil dari ARKL pada wilayah yang dianalisis. Tahap ini dapat menjadi tanggung jawab pihak yang berwenang sehingga timbulnya risiko yakni pemrakarsa. Teknik dalam komunikasi risiko yakni diskusi interaktif ataupun ceramah dengan media massa, radio, televisi, ataupun *geographical information system* (GIS) (Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012).

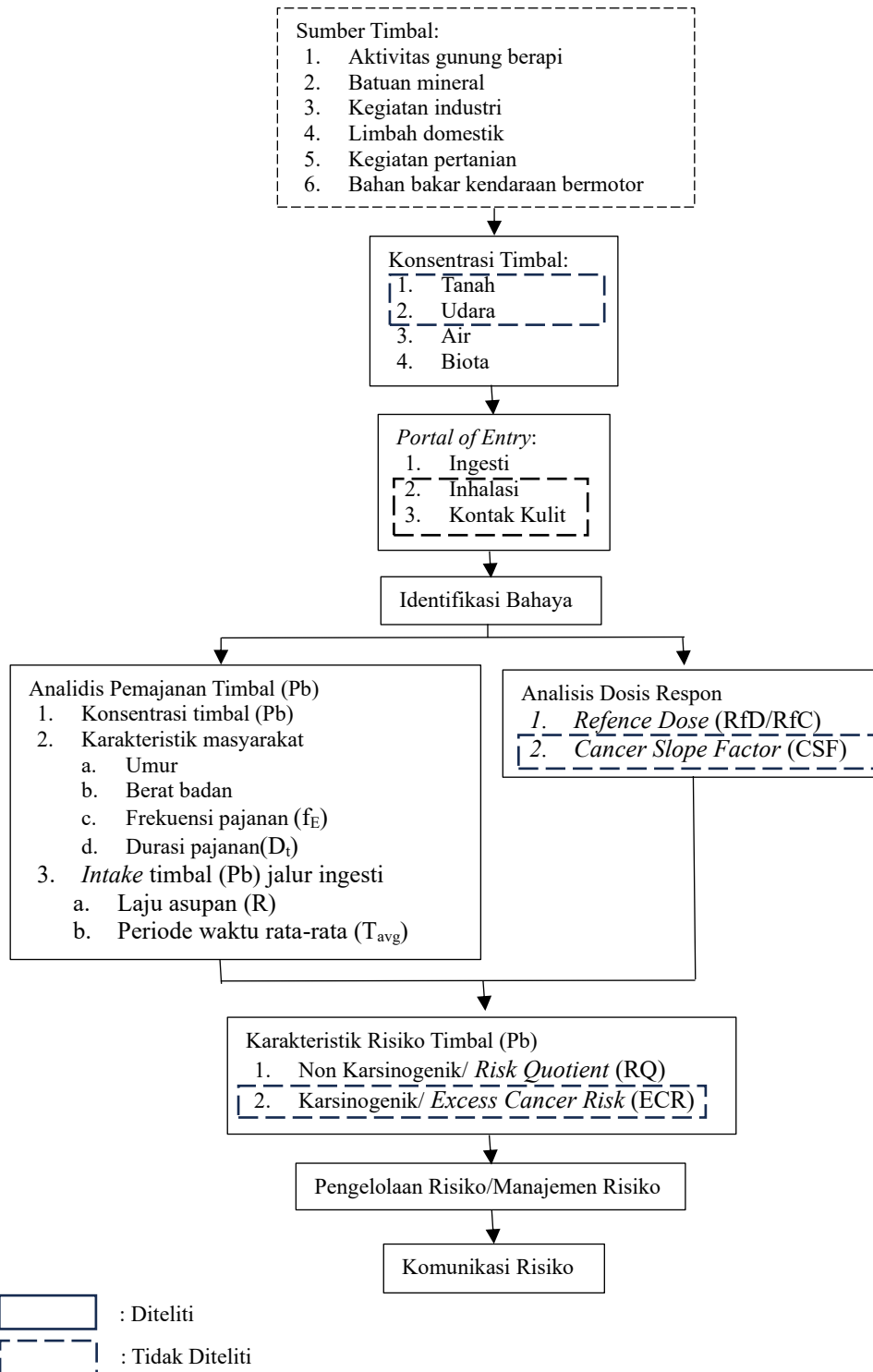
2.7 Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori

(Sumber: Adhani & Husaini, 2017; Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012; Maksum Septian & Nurfadillah Rofia, 2020)

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

(Sumber: Adhani & Husaini, 2017; Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012; Maksum Septian & Nurfadillah Rofia, 2020)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Jenis penelitian ini yakni penelitian deskriptif untuk mengukur serta menganalisis kandungan timbal dalam tubuh ikan lemuru yang dikonsumsi oleh masyarakat melalui metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Jenis metode ARKL yang digunakan yaitu ARKL lapang dengan melakukan observasi dan wawancara langsung di masyarakat.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di TPI Muncar, perairan Banyuwangi dan Desa Kedungrejo Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi. Lokasi pengambilan sampel ikan dilakukan di TPI Muncar. Sedangkan lokasi pengambilan sampel air laut dilakukan di perairan Banyuwangi lalu sampel ikan dan air laut tersebut dilakukan pengujian kandungan logam berat timbal di UPT. Pengujian Mutu dan Pengembangan Produk Kelautan dan Perikanan (PMP2KP) Banyuwangi. Kemudian pengambilan sampel masyarakat dilakukan di Desa Kedungrejo Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi. Adapun waktu pengambilan data sampel ikan dan masyarakat dilakukan pada bulan Mei hingga Juni 2025.

3.3 Populasi dan Sampel/Subjek

3.3.1 Populasi

Terdapat tiga populasi dalam penelitian ini yakni populasi ikan lemuru, populasi air laut, dan populasi masyarakat. Populasi ikan lemuru diteliti berasal dari perairan Selat Bali hingga Jimbaran yang kemudian didistribusikan di TPI Muncar. Populasi air laut berasal dari perairan Selat Bali hingga Jimbaran. Populasi masyarakat yaitu masyarakat Desa Kedungrejo Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi yang biasa mengonsumsi ikan lemuru dari TPI Muncar.

3.3.2 Sampel

a. Sampel ikan lemuru

Sampel ikan lemuru diambil sebanyak masing-masing 500 gram dari 9 pedagang dengan kriteria ikan memiliki berat 55 gram dan panjang 17,5 cm. Sampel ikan lemuru tersebut diambil dari hasil tangkapan nelayan dari 9 titik yaitu titik Selat Bali, Bilimbingsari, Pengambengan, Sekeben, Klosot, Karang Ente, Tanjung Pasir, Pemancar, dan Jimbaran. Pemilihan 9 titik tersebut dikarenakan mayoritas nelayan di TPI Muncar mengambil ikan lemuru di titik-titik tersebut dan tingginya lalu lintas kapal nelayan. Denah titik pengambilan sampel terdapat pada lampiran 3.1.

b. Sampel air laut

Pengambilan sampel air laut menggunakan teknik *grap sample* sebanyak 250 ml di 3 titik pengambilan sampel air laut yaitu di perairan Selat Bali, perairan Blimbingsari, dan perairan Sekeben dengan menggunakan SOP pengambilan sampel air laut yang terdapat dalam SNI 6964.8:2015 tentang kualitas air laut pada lampiran 3.2. Pemilihan titik A dan B dikarenakan terdapat aktivitas pelabuhan yang tinggi sehingga dapat memungkinkan terjadi pencemaran timbal di perairan tersebut, sedangkan pemilihan titik C dikarenakan mayoritas nelayan mendapatkan hasil tangkapan ikan lemuru yang tinggi. Denah titik pengambilan sampel air laut terdapat lampiran 3.1.

c. Sampel masyarakat

Pengambilan sampel masyarakat menggunakan teknik *accidental sampling* sebanyak 45 orang. Sampel masyarakat penelitian diambil dari 9 pedagang dengan jumlah 5 pembeli pada masing-masing pedagang. Kriteria pemilihan sampel masyarakat yaitu membeli ikan lemuru, berdomisili di Desa Kedungrejo, mengkonsumsi ikan lemuru 4 kali dalam 1 minggu dan bersedia menjadi responden.

3.4 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional merupakan penjelasan variabel yang didasarkan pada konsep teoritis secara operasional, sehingga sebuah variabel dapat dilakukan

pengukuran atau pengujian melalui penelitian (Swarjana, 2015). Berikut merupakan variabel penelitian dan definisi operasional:

Tabel 3.1 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Instrumen Pengukuran	Kategori Penilaian
1.	Konsentrasi Timbal (Pb)	Kandungan timbal (Pb) pada ikan lemuru di TPI Muncar dan air laut perairan Banyuwangi	Metode IKM 3.14 ICP-MS	Uji Laboratorium	0,3 mg/kg
2.	Karakteristik responden	Identitas yang dimiliki oleh responden			
	a. Umur	Jumlah tahun yang dilalui oleh responden sejak lahir hingga ulang tahun terakhir pada saat dilakukan wawancara	Wawancara	Kuisisioner	Tahun
	b. Berat Badan (W_b)	Nilai massa tubuh responden pada saat dilakukan wawancara	Timbangan digital	Kuisisioner	kg
	c. Frekuensi Paparan (t_E)	Intensitas responden mengonsumsi ikan lemuru dalam satu tahun	Wawancara	FQ FFQ	
	d. Durasi Paparan (D_t)	Lamanya responden mengonsumsi ikan lemuru	Wawancara	Kuisisioner	Tahun
3.	<i>Intake</i> /asupan (I)	Jumlah asupan <i>risk agent</i> Pb pada individu dengan mengalikan konsentrasi tumbal (C), laju konsumsi (R), frekuensi paparan (t_E), dan durasi paparan (D_t) dibagi dengan berat badan (W_b) dikali periode waktu rata-rata (T_{avg})	Perhitungan dengan rumus (1)	Berdasarkan rumus perhitungan:	mg/kg/hari
	a. Laju konsumsi (R)	Jumlah ikan lemuru yang dikonsumsi responden	Wawancara	Kuisisioner	Gram

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Instrumen Pengukuran	Kategori Penilaian
		(satuan gram) dalam satu hari			
	b. Periode waktu rata-rata (t_{avg})	Periode waktu rata-rata untuk non-karsinogenik.	Wawancara	$t_{avg} = 30 \times (4 \text{ kali} \times 4 \text{ minggu} \times 12 \text{ bulan})$	
4.	Dosis Referensi (RfD)	Estimasi pajanan harian yang tidak memberikan efek negatif bagi kesehatan dalam satuan mg/kg/hari	Studi Literatur	Data IRIS EPA	RfD timbal 0,004 mg/kg/hari
5.	Tingkat risiko/ <i>Risk Quotient</i> (RQ)	Suatu risiko kesehatan non-karsinogenik pada masyarakat yang mengonsumsi ikan lemuru dari TPI Muncar, dinyatakan dengan nilai <i>intake</i> (I) dibagi dengan dosis referensi (RfD)	Perhitungan dengan rumus (2)	Rumus RQ pada efek non-karsinogenik $RQ = \frac{I}{RfD}$	Berisiko: RQ > 1 atau Tidak Berisiko: RQ < 1
6.	Pengelolaan Risiko	Tindak lanjut dari hasil karakterisasi risiko untuk mengatasi apabila timbaloada ikan yang dikonsumsi masyarakat tidak aman		Dilihat dari nilai RQ > 1	

3.5 Pengumpulan Data Penelitian

3.5.1 Pengumpulan data sampel ikan

Penelitian ini menggunakan data primer yang didapat dari sampel ikan yang dilakukan dengan mengambil sampel ikan lemuru pada waktu 07.30-08.30 WIB dikarenakan pada waktu tersebut nelayan menurunkan hasil tangkapannya di TPI Muncar. Sampel ikan lemuru tersebut kemudian diuji di laboratorium UPT. PMP2KP Banyuwangi untuk mendapatkan hasil kandungan timbal pada ikan lemuru dengan metode IKM 3.14 ICP-MS. Adapun prosedur pengantaran sampel ikan dapat dilihat pada lampiran 3.3. Sedangkan alat, bahan, dan prosedur uji IKM 3.14 ICP-MS dapat dilihat pada lampiran 3.4.

3.5.2 Pengumpulan data sampel air laut

Penelitian ini menggunakan data primer yang didapat dari sampel air laut yang dilakukan dengan mengambil sampel air laut pada pukul 13.00-15.00 WIB dikarenakan pada waktu tersebut air laut berada pada kondisi antara pasang dan surut serta nelayan berangkat untuk menangkap ikan lemuru di perairan Banyuwangi. Sampel air laut tersebut kemudian diuji di laboratorium UPT. PMP2KP Banyuwangi untuk mendapatkan hasil kandungan timbal pada air laut dengan metode IKM 3.14 ICP-MS. Adapun prosedur pengantaran sampel air laut dapat dilihat pada lampiran 3.3. Sedangkan alat, bahan, dan prosedur uji IKM 3.14 ICP-MS dapat dilihat pada lampiran 3.4.

3.5.3 Pengumpulan data sampel masyarakat

Pengumpulan data primer juga dilakukan pada sampel masyarakat menggunakan metode wawancara terstruktur melalui kuesioner untuk mengetahui data variabel umur, berat badan responden, tinggi badan responden, frekuensi konsumsi, dan durasi konsumsi ikan lemuru. Data sekunder diperoleh dari nilai dosis referensi (RfD) pajanan timbal secara ingesti yang terdapat pada IRIS. Pengumpulan data menggunakan bantuan alat meteran untuk mengukur data tinggi badan serta alat timbangan digital untuk mengukur data berat badan. Pada pengumpulan frekuensi konsumsi dan laju konsumsi menggunakan metode FFQ semi kuantitatif dengan menggunakan *food picture* lampiran 3.5 dari Studi Diet Total (SDT) untuk menanyakan konsumsi ikan lemuru.

3.6 Alat/Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan instrumen penelitian berupa kuisisioner wawancara dan lembar untuk pengujian hasil laboratorium. Kuesioner berisikan data umur, berat badan, frekuensi, dan durasi pajanan konsumsi ikan lemuru masyarakat Desa Kedungrejo yang berada pada lampiran 3.6. Instrumen untuk alat pengujian timbal pada ikan lemuru dan air laut berasal dari hasil laboratorium Pengujian Mutu dan Pengembangan Produk Kelautan dan Perikanan (PMP2KP) Banyuwangi.

3.7 Validitas dan Reabilitas Penelitian

Instrumen berupa kuesioner wawancara tingkat konsumsi individu yang sudah terstandarisasi (Sohorah, 2024).

3.8 Metode Analisis

Analisis data penelitian ini menggunakan univariat dengan melihat rata-rata, median, jumlah, persentase dari jawaban responden dan hanya ingin mendeskripsikan data sampel. Data konsentrasi timbal, umur, berat badan, frekuensi, dan durasi pajanan konsumsi ikan lemuru untuk mengetahui *intake* asupan akan dianalisis sesuai dengan rumus yang sudah menjadi ketentuan perhitungan ARKL dari Kemenkes RI. Perhitungan ini dilaksanakan untuk memecahkan rumusan masalah yang sudah dirumuskan sebelumnya. Data penelitian ini termasuk deskriptif yang disajikan dalam bentuk tabel dan narasi.

3.9 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian digambarkan melalui bagan. Prosedur tersebut terlampir dalam lampiran 3.7.

3.10 Laik Etik Penelitian

Kaji etik penelitian ini akan dilakukan di Komisi Etik Penelitian (KEP) Fakultas Kedokteran Universitas Jember dengan Nomor: 1743/UN25.1.10.2/KE/2025.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Identifikasi timbal di lingkungan

Pengukuran timbal dilakukan pada air laut perairan Selat Bali yang diambil dari 3 titik yaitu titik A (Selat Bali), titik B (Blimbingsari), dan titik C (Sekeben) dan diuji dengan menggunakan metode ICP-MS. Hasil konsentrasi timbal pada air laut disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel Hasil Uji Laboratorium Kandungan Timbal (Pb) pada Air Laut

Titik	Radius jarak titik dengan TPI Muncar (m)	Konsentrasi Pb (mg/L)	Baku mutu (0,05 mg/L)
A	35,890.59 m	< 0,0029	Di bawah baku mutu
B	15,072.91 m	< 0,0029	Di bawah baku mutu
C	27,138.72 m	< 0,0029	Di bawah baku mutu

Hasil pengukuran timbal pada air laut di ketiga titik menunjukkan bahwa masih di bawah baku mutu yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut yakni 0,05 mg/L.

4.1.2 Identifikasi timbal di ikan lemuru

Identifikasi bahaya timbal merupakan tahap pertama dalam pelaksanaan analisis risiko kesehatan lingkungan yang bertujuan untuk mengetahui agen risiko yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan akibat timbal. Timbal dapat ditemukan pada media lingkungan seperti ikan lemuru (*Sardinella lemuru*). Pengukuran timbal pada ikan lemuru di ambil dari 9 titik yaitu titik Selat Bali, titik Blimbingsari, titik Pengambengan; titik Klosot; Titik Sekeben; titik Karang Ente; titik Tanjung Pasir, titik Pemancar; dan titik Jimbaran yang diuji dengan menggunakan metode ICP-MS. Hasil konsentrasi timbal (Pb) pada ikan lemuru disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Lemuru di TPI Muncar

Titik	Radius jarak titik dengan TPI Muncar (m)	Konsentrasi Pb (mg/kg)	Baku mutu (0.3 mg/kg)
1	35,890.59 m	0,0310	Di bawah baku mutu
2	15,072.91 m	0,0361	Di bawah baku mutu

Titik	Radius jarak titik dengan TPI Muncar (m)	Konsentrasi Pb (mg/kg)	Baku mutu (0.3 mg/kg)
3	25,228.52 m	0,0333	Di bawah baku mutu
4	19,138.39 m	0,0320	Di bawah baku mutu
5	27,138.72 m	0,0564	Di bawah baku mutu
6	42,732.99 m	0,0666	Di bawah baku mutu
7	48,023.09 m	0,0268	Di bawah baku mutu
8	88,894.86 m	0,0322	Di bawah baku mutu
9	88,245.61 m	0,0290	Di bawah baku mutu

Hasil laboratorium timbal pada ikan lemuru pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi timbal pada ikan lemuru di seluruh titik masih dibawah baku mutu yang telah ditetapkan dalam keputusan Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2022 tentang persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan, pada katagori produk olahan ikan yaitu 0,3 mg/kg. Konsentrasi tertinggi terdapat pada titik 6 (Karang Ente) sebesar 0,0666 mg/kg dan konsentrasi paling rendah terdapat pada titik 7 (Tanjung Pasir) sebesar 0,0268 mg/kg serta rata-rata konsentrasi sebesar 0,038156 mg/kg.

4.1.3 Dosis-respon timbal

Logam berat timbal yang terdapat pada ikan lemuru di TPI Muncar dan air laut perairan Selat Bali merupakan agen risiko dapat masuk ke tubuh manusia melalui jalur ingesti/oral sehingga menggunakan nilai RfD. Berdasarkan *United States Environmental Protection Agency* (EPA) nilai RfD timbal yaitu 0.004 mg/kg/hari dan dapat menimbulkan efek karsinogenik. Analisis dosis respon pada nilai referensi (RfD) besi dari *Integrated Risk Information System* (IRIS) disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai RfD Timbal Berdasarkan IRIS

No.	Agent	Dosis Respon	Efek Kritis dan Referensi
1	Timbal (Pb)	0,004 mg/kg/hari	Neurotoksisitas, keterlambatan perkembangan, hipertensi, kardiovaskular gangguan reproduksi, keracunan timbal, dll (CDC, 1991).

4.1.4 Analisis pemajanan

Pajanan timbal (Pb) dilakukan dengan mengukur nilai *intake* atau asupan dari agen risiko. Data yang digunakan untuk menghitung *intake* yaitu data primer dari hasil pengukuran konsentrasi timbal pada ikan lemuru (C), banyaknya konsumsi ikan lemuru yang dikonsumsi responden dalam satu hari (R), frekuensi

pajanan dalam satu tahun (f_E), jumlah tahun terjadinya pajanan (D_t), berat badan responden (W_b), dan periode waktu rata-rata (T_{avg}).

a. Karakteristik responden

Karakteristik responden didapatkan dari data primer yang berasal dari wawancara dengan responden. Beberapa aspek yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu jenis kelamin, umur, berat badan, laju konsumsi ikan lemuru, dan durasi pajanan. Karakteristik responden penelitian disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Karakteristik responden

Karakteristik	Jumlah (Orang)	Presentase (%)
Jenis Kelamin		
Laki-laki	10	22,2
Perempuan	35	77,8
Umur (Tahun)		
11-20	7	15,6
21-30	6	13,3
31-40	8	17,8
41-50	10	22,2
51-60	10	22,2
61-70	3	6,7
71-80	1	2,2
Berat badan (kg)		
31-40	1	2,2
41-50	9	20,0
51-60	14	31,0
61-70	12	26,7
71-80	9	20,0

Total responden pada penelitian ini berjumlah 45 responden. Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa responden yang berjenis kelamin perempuan lebih banyak jumlahnya dibandingkan dengan responden laki-laki, yaitu jumlah responden perempuan sebanyak 35 orang (77,8%). Umur responden didominasi pada rentang 41-50 dan 51-60 tahun yang masing-masing sebanyak 10 orang (22,2%). Kemudian, untuk berat badan paling banyak berada pada rentang 51-60 kg yaitu sebanyak 14 orang (31%). Sementara itu, untuk karakteristik responden seperti laju konsumsi, durasi pajanan, dan frekuensi pajanan disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Laju Konsumsi, Durasi Pajanan, dan Frekuensi Pajanan

Karakteristik Responden	Mean	Min	Max	Median
Laju konsumsi (R)	48,18	9	178	38,00
Durasi Pajanan (D_t)	36,93	11	65	40,00
Frekuensi Pajanan (f_E)	154,00	51	313	157,00

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa laju konsumsi (R) ikan lemuru rata-rata sebesar 48,18 gram, dengan nilai minimal sebesar 9 gram dan nilai maksimal sebesar 178 gram. Karakteristik durasi pajanan (D_t) rata-rata sebesar 36,93 tahun, dengan nilai minimal sebesar 11 tahun dan nilai maksimal sebesar 65 tahun. Karakteristik frekuensi pajanan (f_E) memiliki nilai rata-rata sebesar 154 hari/tahun, dengan nilai minimal sebesar 51 hari/tahun dan nilai maksimal sebesar 313 hari/tahun. Intake timbal melalui jalur ingesti

1) Intake timbal melalui jalur ingesti tingkat populasi

Intake timbal (Pb) pada tingkat populasi dihitung berdasarkan data yang didapatkan dari uji normalitas menggunakan *Shapiro wilk* yaitu data konsentrasi timbal, berat badan responden, laju konsumsi, durasi pajanan, dan frekuensi pajanan. Sehingga didapatkan perhitungan intake Pb sebagai berikut:

a) Konsentrasi timbal (C)

1. Konsentrasi (C) maksimum : 0,0666 mg/kg
2. Konsentrasi (C) rata-rata : 0,0322 mg/kg (median)
3. Konsentrasi (C) minimum : 0,0268 mg/kg

- b) Laju konsumsi (R) : 38 gram/hari (median)
- c) Frekuensi pajanan (f_E) : 157 hari/tahun (median)
- d) Durasi pajanan (D_t) : 40 tahun (median)
- e) Berat badan (W_b) : 59,42 kg (*mean*)
- f) Periode waktu rata-rata (T_{avg}) : 5760 hari

Perhitungan:

1. Intake konsentrasi maksimum timbal (Pb) pada tingkat populasi

$$I_{nk} = \frac{C \text{ maksimum} \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I_{nk} = \frac{0,0666 \frac{mg}{kg} \times 38 \frac{gram}{hari} \times 157 \frac{hari}{tahun} \times 40 \text{ tahun}}{59,42 \text{ kg} \times 5760 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{15.893,424}{342.259,2} \text{ mg/kg/hari}$$

$$I_{nk} = 0,0464368058 \approx 0,0464 \text{ mg/kg/hari}$$

2. Intake konsentrasi rata-rata timbal (Pb) pada tingkat populasi

$$I_{nk} = \frac{C \text{ rata-rata} \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I_{nk} = \frac{0,0322 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times 38 \frac{\text{gram}}{\text{hari}} \times 157 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 40 \text{ tahun}}{59,42 \text{ kg} \times 5760 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{7.684,208}{342.259,2} \text{ mg/kg/hari}$$

$$I_{nk} = 0,0224514286 \approx 0,0225 \text{ mg/kg/hari}$$

3. Intake konsentrasi minimum timbal (Pb) pada tingkat populasi

$$I_{nk} = \frac{C \text{ minimum} \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I_{nk} = \frac{0,0268 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times 38 \frac{\text{gram}}{\text{hari}} \times 157 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 40 \text{ tahun}}{59,42 \text{ kg} \times 5760 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{6.395,552}{342.259,2} \text{ mg/kg/hari}$$

$$I_{nk} = 0,0186862822 \approx 0,0187 \text{ mg/kg/hari}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka nilai intake timbal pada tingkat populasi disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai intake timbal pada tingkat Populasi

Intake timbal (Pb) pada tingkat populasi	Nilai intake (mg/kh/hari)
Intake konsentrasi maksimum timbal (Pb)	0,0464
Intake konsentrasi rata-rata timbal (Pb)	0,0225
Intake konsentrasi minimum timbal (Pb)	0,0187

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa rentang nilai *intake* non-karsinogenik timbal (Pb) pada tingkat populasi adalah antara 0,0187 sampai dengan 0,0464 mg/kg/hari. Sehingga dapat diartikan bahwa masyarakat Desa Kedungrejo yang mengonsumsi ikan lemuru dari TPI Muncar diperkirakan mengonsumsi timbal sebanyak 0,0187 sampai dengan 0,0464 mg/kg/hari.

2) Intake timbal melalui jalur ingesti pada tingkat individu

Perhitungan intake non-karsinogenik penelitian dilakukan pada masing-masing individu. Berikut merupakan gambaran perhitungan *intake* timbal pada salah satu responden yang dipilih secara acak.

- 1) Responden dengan no urut 14 pada lampiran 4.1 yang berada di titik pengambengan
- 2) Konsentrasi besi (C) : 0,0333 mg/kg
- 3) Laju konsumsi (R) : 73 mg/kg
- 4) Frekuensi pajanan (f_E) : 106 hari/tahun
- 5) Durasi pajanan (D_t) : 43 tahun
- 6) Berat badan (W_b) : 78 kg
- 7) Periode waktu rata-rata (t_{avg}) : 5760 hari

Perhitungan:

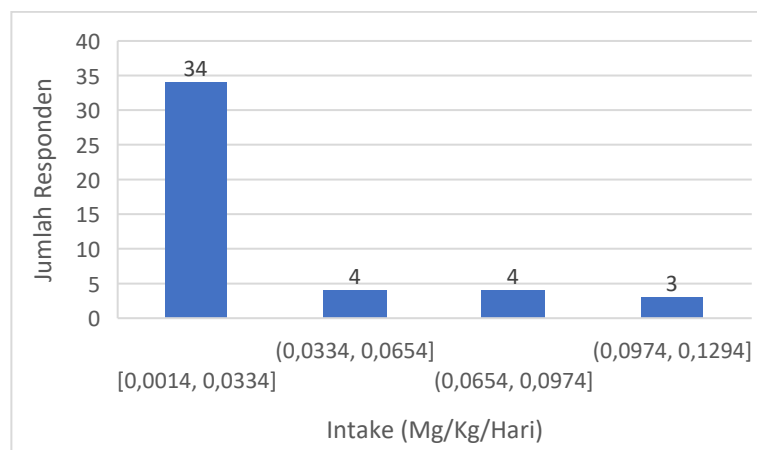
$$I_{nk} = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I_{nk} = \frac{0,0333 \frac{mg}{kg} \times 73 \frac{gram}{hari} \times 106 \frac{hari}{tahun} \times 43 tahun}{78 kg \times 5760 hari}$$

$$I_{nk} = \frac{11,080,0422}{449,280} mg/kg/hari$$

$$I_{nk} = 0,0246617748 \approx 0,0247 mg/kg/hari$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan bahwa jumlah konsentrasi agen risiko timbal yang masuk ke tubuh responden setiap harinya adalah sebanyak 0,0247 mg/kg/hari. Perhitungan intake non-karsinogenik pada masing-masing responden yang disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Distribusi Nilai Intake Responden

Berdasarkan Gambar 4.1 diketahui bahwa jumlah responden dalam penelitian ini berjumlah 45 responden. Hasil perhitungan intake per

individu menunjukkan bahwa nilai intake terendah sebesar 0,0014 mg/kg/hari dan nilai intake tertinggi sebesar 0,1294 mg/kg/hari. Hasil perhitungan nilai RQ terdapat pada lampiran 4.4.

4.1.5 Karakterisasi Risiko

Langkah berikutnya dalam analisis risiko kesehatan lingkungan adalah perhitungan dan penentuan karakteristik risiko. Tahapan akhir ini dilakukan untuk menentukan tingkat risiko yang dapat ditimbulkan oleh suatu agen dengan konsentrasi tertentu. Penentuan tingkat risiko dalam penelitian ini dihitung dengan cara membagi nilai intake dengan nilai referensi agen risiko sesuai pemajanan ingesti (RfD) timbal yaitu 0,004 mg/kg/hari. Berikut merupakan perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik timbal (Pb) pada ikan lemuru yang dikonsumsi masyarakat Desa Kedungrejo.

- a. Perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik timbal pada tingkat populasi

- 1) Tingkat risiko non-karsinogenik timbal (Pb) pada konsentrasi maksimum

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$$RQ = \frac{0,0464}{0,004} \text{ mg/ kg/hari}$$

$$RQ = 11,6$$

- 2) Tingkat risiko non-karsinogenik timbal (Pb) pada konsentrasi rata-rata

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$$RQ = \frac{0,0225}{0,004} \text{ mg/ kg/hari}$$

$$RQ = 5,625$$

- 3) Tingkat risiko non-karsinogenik timbal (Pb) pada konsentrasi minimum

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$$RQ = \frac{0,0187}{0,004} \text{ mg/ kg/hari}$$

$$RQ = 4,675$$

Setelah dilakukan penentuan hasil perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik timbal (Pb) pada tingkat populasi masyarakat Desa

Kedungrejo maka nilai RQ pada tingkat populasi disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Nilai RQ pada tingkat populasi

Intake timbal (Pb) pada tingkat populasi	RQ
Intake konsentrasi maksimum timbal (Pb)	11,6
Intake konsentrasi rata-rata timbal (Pb)	5,625
Intake konsentrasi minimum timbal (Pb)	4,675

Berdasarkan Tabel 4.7 perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik diatas maka dapat diketahui bahwa rentang nilai RQ berkisar dari angka 4,675 sampai dengan 11,6. Secara keseluruhan nilai-nilai tersebut bernilai lebih besar dari sama dengan 1 atau $RQ \geq 1$. Hal ini menunjukkan bahwa Tingkat risiko non-karsinogenik timbal (PB) pada Masyarakat Desa Kedungrejo yang mengkonsumsi ikan lemuru dari TPI Muncar telah memasuki kategori tidak aman.

- b. Perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik timbal pada tingkat individu

Perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik dilakukan pada masing-masing individu. Berikut merupakan gambaran perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik timbal pada salah satu responden yang dipilih secara acak.

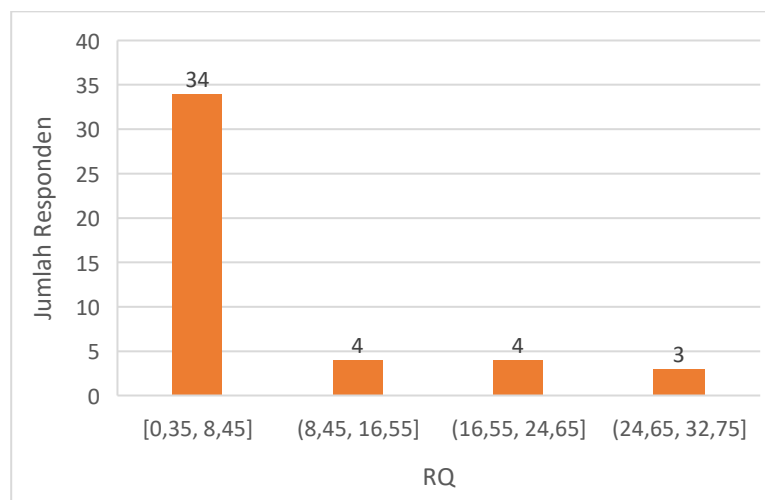
- 1) Responden dengan no urut 14 pada lampiran 4.1 yang berada di titik pengambengan

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$$RQ = \frac{0,0247}{0,004} \text{ mg/kg/hari}$$

$$RQ = 6,175$$

Berdasarkan hasil perhitungan risiko non-karsinogenik timbal pada tingkat individu di atas maka dapat diketahui nilai RQ adalah 6,175 atau $RQ \geq 1$. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat risiko non-karsinogenik pada responden no urut 14 pada lampiran 4.1 termasuk dalam kategori tidak aman. Perhitungan intake non-karsinogenik pada masing-masing responden yang disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Distribusi Nilai RQ Responden

Berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa dari 45 responden, hanya 3 responden yang memiliki nilai $RQ \leq 1$ dengan nilai RQ secara berturut-turut sebesar 0,35, ; 0,375 dan 0,5 sehingga masih dalam kategori aman. Sedangkan 42 responden lainnya termasuk ke dalam kategori tidak aman dikarenakan nilai $RQ \geq 1$. Hasil perhitungan nilai RQ terdapat pada lampiran 4.4.

4.1.6 Pengelolaan risiko

Hasil perhitungan tingkat risiko secara keseluruhan pada masyarakat Desa Kedungrejo yang mengkonsumsi ikan lemuru termasuk ke dalam kategori tidak aman karena nilai $RQ \geq 1$ baik pada tingkat populasi maupun individu. Oleh karena itu diperlukan upaya pengelolaan risiko paparan konsentrasi timbal (Pb) pada ikan lemuru yang dikonsumsi masyarakat Desa Kedungrejo agar tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Adapun strategi pengelolaan risiko paparan ingesti dapat ditentukan dengan menentukan batas konsentrasi aman dan laju konsumsi aman.

a. Strategi Pengelolaan Risiko

1) Penentuan konsentrasi aman non-karsinogenik ingesti (C Aman)

Berikut merupakan perhitungan penentuan konsentrasi aman non-karsinogenik ingesti (CnK).

RfD (Reference Dose) : 0,004 mg/kg/hari

W_b (Berat badan) : 59,42 kg

T_{avg} (Periode waktu rata-rata)	: 5760 hari
R (Laju Konsumsi)	: 38 gram/hari
f_E (Frekuensi konsumsi)	: 157 hari/tahun
D_t (Durasi pajanan)	: 40 tahun

Perhitungan:

$$C_{aman} = \frac{RfD \times Wb \times t_{avg}}{R \times fE \times Dt}$$

$$C_{aman} = \frac{0,004 \frac{mg}{kg} \times 59,42 \text{ kg} \times 5760 \text{ hari}}{38 \frac{gram}{hari} \times 157 \frac{hari}{tahun} \times 40 \text{ tahun}}$$

$$C_{aman} = 0,0057368287 \approx 0,0057 \text{ mg/kg/hari}$$

Berdasarkan hasil tersebut, konsentrasi timbal yang aman bagi masyarakat Desa Kedungrejo adalah $\leq 0,0057 \text{ mg/kg/hari}$. Detail Perhitungan laju konsumsi aman dan durasi pajanan aman terdapat pada tautan <https://unej.id/HasilStrategiPengelolaanRisiko>.

b. Cara Pengelolaan Risiko

Cara pengelolaan risiko perlu dilakukan setelah dilakukannya perhitungan batas konsentrasi aman dan laju konsumsi aman dalam mengkonsumsi ikan lemuru dari TPI Muncar. Detail Adapun cara pengelolaan risiko dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan, seperti:

1) Pendekatan teknologi

Pendekatan teknologi berfokus pada penggunaan alat atau metode teknis untuk mengurangi konsentrasi timbal pada ikan lemuru yang akan dikonsumsi. Metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi timbal pada ikan lemuru yaitu dengan perendaman dengan larutan asam sitrat seperti jeruk nipis selama 25 menit. Mayoritas masyarakat Desa Kedungrejo mengolah ikan lemuru dengan cara menggoreng dan dipepes. Selain itu, dalam proses pengolahan ikan lemuru, mayoritas masyarakat Desa Kedungrejo memarinasi ikan lemuru dengan perasan jeruk nipis untuk menghilangkan amis pada ikan.

2) Pendekatan sosial-ekonomi

Pendekatan sosio-ekonomi melibatkan aspek sosial kemasyarakatan dan ekonomi dalam pengelolaan risiko. Hal yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan intervensi berbasis ekonomi seperti subsidi alat pemantauan kualitas, pengolahan pencemaran, hingga edukasi dari berbagai pihak baik pemerintah maupun lembaga swadaya terkait keamanan pangan atau bahaya timbal dalam pangan.

3) Pendekatan institusional

Pendekatan institusional melibatkan peran pemerintah, lembaga swadaya masyarakat dan pihak terkait lainnya dalam pengelolaan risiko. Pendekatan ini dapat dilakukan dengan melakukan intervensi terkait bahaya timbal pada ikan konsumsi dan langkah-langkah penanggulangannya kepada masyarakat maupun ke pihak industri dengan melibatkan instansi terkait seperti Dinas Lingkungan Hidup, Dinas Kesehatan dan Dinas Perikanan Kabupaten Banyuwangi.

4.1.7 Komunikasi risiko

Tahap akhir dari analisis risiko kesehatan lingkungan adalah komunikasi risiko, yang dilakukan apabila hasil karakteristik risiko menunjukkan kondisi tidak aman. Tahap ini bertujuan untuk menyampaikan informasi terkait risiko kandungan timbal (Pb) pada ikan lemuru di TPI Muncar kepada masyarakat, terutama masyarakat Desa Kedungrejo. Dalam penelitian ini, media yang digunakan untuk komunikasi risiko adalah poster yang terdapat pada lampiran 4.5. Media tersebut berisi informasi terkait potensi penyebab kandungan timbal dalam ikan, dampak konsumsi ikan dengan kandungan timbal terutama bagi kelompok rentan, serta langkah-langkah manajemen risiko yang dapat dilakukan masyarakat. Poster akan dicetak dan ditempelkan di tempat-tempat strategis yang mudah diakses dan sering dilihat masyarakat yaitu di fasilitas umum Desa Kedungrejo seperti balai desa atau tempat pertemuan warga.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Identifikasi timbal di lingkungan

Perairan laut merupakan lingkungan yang rentan terhadap perubahan lingkungan dikarenakan berbagai aktivitas manusia baik di darat maupun di laut dapat mendorong terjadinya perubahan di kawasan tersebut, salah satunya yaitu terjadinya pencemaran timbal. Pencemaran timbal di wilayah perairan laut Selat Bali dapat terjadi karena adanya aktivitas pelabuhan seperti pengisian bahan bakar dan perawatan kapal serta bermuaranya limbah yang mengandung timbal ke laut (Sartimbul et al., 2021). Hasil pengukuran konsentrasi timbal pada sampel air laut yang telah diambil pada titik 1, 2, dan 3 menunjukkan bahwa kandungan timbal pada tiap titik memiliki konsentrasi yang sangat rendah yaitu dibawah $< 0,0029$ mg/l. Nilai $0,0029$ mg/l merupakan batas ukur konsentrasi yang dapat dibaca dari alat ICP-MS. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan timbal pada air laut di tiga titik masih dibawah baku mutu air laut yang ditetapkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut yaitu sebesar $0,05$ mg/L (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004). Detail pembahasan terkait rendahnya nilai konsentrasi timbal pada air laut terdapat pada tautan <https://unej.id/IdentifikasiTimbalDiLingkungan>.

4.2.2 Identifikasi timbal di ikan lemuru

Pencemaran timbal dapat berdampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan manusia apabila terjadi akumulasi pada tanah, air, udara, dan rantai makanan. Pada perairan laut, timbal dapat terakumulasi dalam air dan masuk ke dalam rantai makanan melalui biota laut (Raj & Das, 2023). Ikan merupakan salah satu biota laut yang dapat dijadikan bioindikator cemaran timbal karena ikan berinteraksi langsung dengan kondisi air sehingga menyerap zat/partikel mikro (Arkianti et al., 2019). Hasil analisis kandungan timbal pada ikan lemuru di TPI Muncar yang dilakukan pada sembilan sampel dengan masing-masing berat 500 gram menunjukkan bahwa kandungan timbal pada setiap sampel ikan memiliki konsentrasi sebesar $0,0268$ hingga $0,0666$ mg/kg sehingga masih di bawah baku mutu yang telah ditetapkan dalam keputusan Badzhan Pengawas Obat dan

Makanan Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2022 tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Panganan Olahan (BPOM RI, 2022). Detail pembahasan terkait rendahnya timbal pada ikan lemuru terdapat pada tautan <https://unej.id/IdentifikasiTimbalDiIkanLemuru>.

4.2.3 Analisis dosis respon

Agen risiko timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur ingesti dan inhalasi. Namun, dalam penelitian ini timbal dalam ikan lemuru dikonsumsi masyarakat Desa Kedungrejo dengan cara digoreng dan dipepes sehingga termasuk dalam jalur ingesti. Risiko paparan timbal pada ikan lemuru yang dikonsumsi dihitung berdasarkan nilai Reference Dose (RfD). Nilai RfD ini dapat ditemukan di IRIS dari United States Environmental Protection Agency (US EPA), dengan angka 0,004 mg/kg/hari (Meirindany et al., 2023). Nilai RfD tersebut juga diperoleh dari hasil eksperimen terdahulu dan digunakan dalam banyak penelitian lainnya. Menurut US EPA, paparan timbal melalui jalur ingesti berpotensi menimbulkan efek non-karsinogenik, meskipun umumnya timbal juga dapat bersifat karsinogenik. Detail pembahasan terkait dampak timbal pada tubuh terdapat pada tautan <https://unej.id/AnalisisDosisRespon>.

4.2.4 Analisis pemajanan

a. Karakteristik responden

Aspek pertama dalam karakteristik responden yaitu jenis kelamin. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan diketahui bahwa distribusi jenis kelamin responden lebih banyak yang berjenis kelamin perempuan dibandingkan dengan jenis kelamin laki-laki. Hal tersebut terjadi dikarenakan terdapat beberapa responden laki-laki yang masih belum pulang dari pelabuhan sehingga tidak dijadikan responden dan pengambilan data dilakukan pada pagi hari sehingga lebih banyak responden perempuan yang berada di rumah. Responden laki-laki mengkonsumsi ikan lemuru lebih banyak jumlahnya daripada responden perempuan tetapi tubuh perempuan memiliki kemampuan menyerap timbal sama dengan laki-laki.

Namun perempuan lebih rentan mengalami efek paparan timbal karena akan tetapi perempuan mengalami kondisi hamil. Apabila paparan timbal terlalu tinggi dalam tubuh ibu hamil maka dapat menyebabkan keguguran, lahir prematur, berat badan lahir rendah, dan kelahiran mati. Selain itu, paparan timbal pada perempuan juga dapat mengganggu siklus menstruasi, gangguan fungsi ovarium, dan mempengaruhi kehamilan (Udom et al., 2025). Paparan timbal juga tetap berdampak pada laki-laki karena dapat menyebabkan berkurangnya jumlah sperma yang mempengaruhi kesuburan (Zhang et al., 2021). Detail pembahasan terkait aspek karakteristik responden lainnya terdapat pada tautan <https://unej.id/PembahasanKarakteristikResponden>

b. Intake non-karsinogenik timbal pada tingkat populasi

Perhitungan nilai intake non-karsinogenik timbal pada tingkat populasi menggunakan nilai maksimum, rata-rata, dan minimum yang bertujuan untuk mengetahui besaran risiko pada tingkat populasi tersebut dengan rentang keberadaan konsentrasi timbal yang ada di ikan lemuru TPI Muncar. Adapun hasil perhitungan *intake* non-karsinogenik timbal pada tingkat populasi menghasilkan nilai sebesar 0,0187 mg/kg/hari pada konsentrasi minimum, pada konsentrasi rata-rata sebesar 0,0225 mg/kg/hari, dan pada konsentrasi maksimum sebesar 0,0464 mg/kg/hari. Nilai tersebut dapat diartikan bahwa masyarakat yang mengkonsumsi ikan lemuru dari TPI Muncar diperkirakan mengkonsumsi agen risiko timbal setiap harinya sebanyak 0,0187 mg/kg/hari hingga 0,0464 mg/kg/hari. Apabila dibandingkan dengan nilai RfD timbal dalam IRIS maka nilai tersebut telah melebihi standar yang ditetapkan sehingga termasuk dalam katagori tidak aman. Tingginya nilai intake pada tingkat populasi dapat berisiko meningkatkan prevalensi penyakit non-karsinogenik karena pada populasi terdapat beberapa kelompok rentan seperti lansia, ibu hamil, dan anak-anak (Udom et al., 2025).

c. Intake non-karsinogenik pada tingkat individu

Perhitungan nilai *intake* non-karsinogenik timbal pada individu dilakukan pada seluruh responden. Berdasarkan hasil perhitungan *intake* per individu diketahui bahwa nilai intake berada pada rentang 0,0014 mg/kg/hari hingga 0,1274 mg/kg/hari. Nilai tersebut dapat diartikan bahwa individu yang mengkonsumsi ikan lemuru mengkonsumsi agen risiko timbal setiap harinya sebanyak 0,0014 mg/kg/hari hingga 0,1274 mg/kg/hari. Jika dibandingkan dengan nilai RfD timbal pada US EPA yaitu 0,004 mg/kg/hari maka nilai intake non-karsinogenik pada tingkat individu maka terdapat 3 responden dalam kategori aman dan 42 responden lainnya termasuk kategori tidak aman karena telah melebihi nilai RfD timbal yang telah direkomendasikan. Tingginya nilai *intake* non-karsinogenik pada tingkat individu tersebut menyebabkan potensi risiko kesehatan lebih signifikan. Hal tersebut karena setiap individu memiliki batas toleransi tertentu terhadap paparan timbal dalam jumlah tinggi dan dalam jangka waktu yang lama. Adapun efek yang dapat ditimbulkan karena akumulasi timbal dalam tubuh yaitu terjadinya gangguan fungsi hingga kerusakan organ seperti jantung, ginjal, atau sistem syaraf (Raj & Das, 2023).

4.2.5 Karakterisasi risiko

a. Tingkat risiko non-karsinogenik timbal pada tingkat populasi

Hasil perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik timbal yang dilakukan pada tingkat populasi menghasilkan tingkat risiko bernilai 4,675 mg/kg/hari pada tingkat minimum, 5,625 mg/kg/hari pada tingkat rata-rata, dan 11,6 mg/kg/hari pada tingkat maksimum sehingga bernilai lebih dari 1 atau $RQ \geq 1$. Hal tersebut dapat diartikan bahwa tingkat risiko non-karsinogenik timbal pada tingkat populasi untuk masyarakat yang mengkonsumsi ikan lemuru di TPI Muncar termasuk dalam kategori tidak aman untuk 40 tahun kedepan. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ray & Vashishth (2024) yang menyatakan bahwa perhitungan tingkat risiko pada kelompok usia dewasa di Tamil Nadu, India

sebesar 1,1534 dan pada kelompok usia anak-anak mendapatkan nilai 2,0148 sehingga dapat disimpulkan bahwa baik pada populasi anak-anak maupun dewasa berisiko mengalami penyakit non-karsinogenik akibat konsumsi ikan yang mengandung timbal (Ray & Vashishth, 2024).

b. Tingkat risiko non-karsinogenik timbal pada tingkat individu

Perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik timbal yang dilakukan pada seluruh responden. Berdasarkan hasil perhitungan tingkat risiko non-karsinogenik pada tingkat individu, diketahui bahwa terdapat 3 responden yang termasuk kategori aman karena nilai $RQ < 1$ yaitu sebesar 0,35; 0,375; dan 0,5. Walaupun nilai RQ termasuk ke dalam kategori aman, akan tetapi nilai RQ tidak menghilangkan risiko kumulatif yang mungkin terjadi akibat paparan jangka panjang, terutama pada kelompok populasi rentan seperti anak-anak, ibu hamil, dan lansia jika terjadi peningkatan frekuensi konsumsi ikan lemuru tersebut. Hasil perhitungan tingkat risiko non karsinogenik pada tingkat individu pada 42 responden lainnya menunjukkan nilai RQ sebesar 1,05 hingga 31,85 sehingga termasuk ke dalam kategori tidak aman karena nilai $RQ \geq 1$. Penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Suryapratap, 2024 yang menyatakan bahwa perhitungan tingkat risiko pada kelompok usia dewasa di Tamil Nadu, India sebesar 1,1534. Adapun akumulasi kandungan timbal yang tinggi dalam tubuh manusia dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan, neurologis, pencernaan, kardiovaskular, dan ginjal (Raj & Das, 2023). Detail pembahasan perbedaan tingkat risiko pada responden terdapat pada tautan <https://unej.id/PerbedaanTingkatRQResponden>.

4.2.6 Pengelolaan risiko

Hasil perhitungan dari karakteristik risiko menunjukkan bahwa masyarakat Desa Kedungrejo yang mengkonsumsi ikan lemuru dari TPI Muncar termasuk ke dalam kategori tidak aman. Dengan demikian, diperlukan usaha untuk mengelola risiko yang sesuai untuk mengatasi masalah ini. Pengelolaan risiko dapat dilakukan dengan penyusunan strategi pengelolaan risiko dan cara pengelolaan risiko.

a. Strategi Pengelolaan Risiko

Strategi pengelolaan risiko dilakukan dengan menentukan nilai batas aman dari konsentrasi agen risiko (C), laju konsumsi (R) dan durasi pajanan (D_t). Berdasarkan hasil perhitungan batas konsentrasi aman bagi masyarakat Desa Kedungrejo yaitu $\leq 0,0057$ mg/kg. Konsentrasi timbal yang terakumulasi pada tubuh ikan dapat menyebabkan perubahan parameter darah ikan. Selain itu, toksisitas timbal dalam tubuh ikan juga dapat mengakibatkan perubahan signifikan dalam aktifitas enzim dalam plasma darah dan hati ikan sehingga menyebabkan beberapa patologi pada membran sel dan merusak sel hati. Timbal juga memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan ikan karena mengurangi pertambahan berat. Selain itu, timbal juga menurunkan kualitas reproduksi ikan karena dapat mempengaruhi kualitas sperma dan ovum, penurunan tingkat pembuahan dan penetasan hingga menurunnya kualitas hidup embrio dan larva ikan. Bioakumulasi timbal pada ikan umumnya tersimpan pada insang, otot, ginjal, hati, dan daging sehingga dapat menimbulkan potensi risiko kesehatan apabila dikonsumsi manusia (Jamil Emon et al., 2023). Detail pembahasan terkait perhitungan laju konsumsi aman terdapat pada tautan <https://unej.id/PembahasanStrategiPengelolaanRisiko>.

b. Cara Pengelolaan Risiko

Pengelolaan risiko yang tepat diperlukan disamping strategi pengelolaan risiko untuk menentukan batas aman. Cara pengelolaan risiko dilakukan agar meminimalisir dan mengurangi konsentrasi timbal dalam ikan dan mengurangi laju konsumsi sampai dibawah batas aman. Pendekatan yang dilakukan dapat melalui:

1) Pendekatan teknologi

Pengurangan konsentrasi timbal pada ikan dapat dilakukan dengan metode perendaman menggunakan bahan yang mengandung asam sitrat. Asam sitrat merupakan senyawa yang dapat mengikat logam berat karena kemampuannya membentuk senyawa kompleks dengan ion

logam. Pada asam sitrat terdapat tiga gugus COOH sehingga apabila asam sitrat yang dilarutkan dalam air maka dapat membentuk ion sitrat yang dapat berikatan dengan ion logam. Asam sitrat sering ditemukan pada buah-buahan dan sayuran (Putri et al., 2023). Mayoritas masyarakat Desa Kedungrejo memiliki kebiasaan untuk memarinasi ikan lemuru dengan jeruk nipis sebelum digoreng ataupun dipepes. Perendaman ikan menggunakan jeruk nipis dapat mengurangi kadar timbal pada ikan. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sunardi & Ningrum, 2022) yang menyatakan bahwa ikan bandeng yang diberi perasan jeruk nipis selama 25 menit dapat menurunkan kadar timbal lebih dari 80%. Detail pembahasan terkait cara menurunkan konsentrasi dalam ikan terdapat pada tautan <https://unej.id/PendekatanTeknologi>.

2) Pendekatan sosio-ekonomi

Pendekatan sosio-ekonomi dapat dilakukan dengan subsidi alat pemantauan kualitas berupa perangkat uji logam berat khususnya timbal seperti *photometer for food and water* atau alat pendeteksi cemaran logam berat berbasis sensor yang dapat dipantau secara *real time* kepada pihak yang melakukan monitoring kualitas air laut dan perikanan tangkap secara berkala. Adanya alat tersebut memungkinkan pemantauan kadar timbal atau logam berat lain lebih cepat tanpa biaya yang tinggi dan dapat mendeteksi dini cemaran timbal sehingga risiko kerugian akibat penurunan kualitas ikan dapat diminimalkan (Pratmanto et al., 2019).

3) Pendekatan institusional

Pendekatan institusional dalam pengelolaan risiko dapat diterapkan melalui upaya intervensi. Adanya konsentrasi timbal pada ikan lemuru dan air laut Selat Bali menunjukkan bahwa adanya pencemaran lingkungan akibat kegiatan industri maupun domestik. Menurut data, diperkirakan terdapat lebih dari 8 juta anak di Indonesia yang telah tercemar logam berat timbal yang telah ditemukan dalam darah dengan

angka diatas 5 µg/dL, sehingga termasuk dalam kadar kontaminasi yang membutuhkan tindakan (United Nations Children's Fund dan Pure Earth, 2020). Tindakan pengelolaan lingkungan membutuhkan sinergi dari berbagai pihak baik dari masyarakat maupun pemerintah. Oleh sebab itu, dinas lingkungan hidup dan dinas perikanan Kabupaten Banyuwangi dapat melakukan pengecekan dan monitoring kualitas air laut dan perikanan tangkap secara berkala. Apabila pengecekan dan monitoring kualitas air dan ikan telah dilakukan, maka pemerintah dapat memetakan area-area yang berisiko tinggi sehingga dapat dilakukan intervensi dan menentukan zona larangan penangkapan ikan. Selain itu, pemerintah juga harus memastikan industri di sekitar daerah pesisir melakukan pengelolaan limbah yang baik dengan cara mengurangi atau menghilangkan timbal dari limbah cair dan padat sebelum dibuang ke laut. Adapun metode yang mudah diaplikasikan, berbiaya rendah dan ramah lingkungan untuk pengelolaan limbah industri yaitu metode fitoremediasi (Leka et al., 2024).

4.2.7 Komunikasi risiko

Komunikasi risiko dilakukan apabila hasil analisis risiko kesehatan lingkungan termasuk dalam kategori tidak aman bagi masyarakat. Dalam penelitian ini, komunikasi risiko dilakukan dengan menggunakan media poster. Pemilihan media poster didasarkan pada media ini mampu secara efektif meningkatkan pengetahuan masyarakat (Sutrisno & Sinanto, 2022). Pada poster, terdapat informasi mengenai kondisi lingkungan yang berpotensi menyebabkan adanya kandungan timbal pada ikan lemuru hingga informasi terkait pihak-pihak yang rentan mengalami dampak akibat konsumsi ikan lemuru yang mengandung timbal. Media poster terdapat pada lampiran 4.5. Media ini juga digunakan untuk menginformasikan kepada pemerintah agar turut berpartisipasi dalam upaya pemantauan dan monitoring kualitas air laut dan perikanan serta memantau industri perikanan yang berada di sekitar pesisir pantai untuk melakukan pengelolaan limbah yang bebas logam berat.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- a. Kandungan timbal pada air laut di tiga titik sebesar $<0,0029$ mg/L.
- b. Kandungan timbal pada ikan lemuru di TPI Muncar pada sembilan titik berada pada rentang 0,0268 hingga 0,0666 mg/kg.
- c. Nilai dosis referensi (RfD) timbal melalui pajanan ingesti sebesar 0,004 mg/kg/hari yang mengacu pada *Integrated Risk Information System* IRIS
- d. Nilai pajanan non-karsinogenik kandungan timbal pada ikan lemuru pada tingkat populasi berada pada rentang 0,0187 hingga 0,0464 mg/kg/hari, sedangkan nilai pajanan non-karsinogenik kandungan timbal pada ikan lemuru pada tingkat individu berada pada rentang 0,0014 hingga 0,1274 mg/kg/hari.
- e. Karakterisasi risiko (RQ) pajanan non-karsinogenik timbal pada tingkat populasi berada pada rentang 4,675 hingga 11 sehingga termasuk dalam kategori tidak aman karena memiliki nilai $RQ \geq 1$. Karakterisasi risiko (RQ) non-karsinogenik pada tingkat individu, dari 45 responden hanya 3 responden yang memiliki nilai $RQ < 1$ sehingga masih dalam kategori aman, sedangkan 42 responden lainnya berada pada rentang nilai RQ 1,05 hingga 31,85 sehingga termasuk ke dalam kategori tidak aman dikarenakan nilai $RQ \geq 1$.
- f. Konsentrasi aman timbal yang dikonsumsi masyarakat yaitu $\leq 0,0057$ mg/kg, laju konsumsi aman masyarakat yaitu $\leq 6,77$ gram/hari atau 1 porsi (47,39 gram) ikan lemuru dalam 1 minggu dan durasi pajanan aman masyarakat yaitu $\leq 7,02$ tahun. Pengurangan kandungan timbal dalam ikan lemuru dapat dilakukan dengan perendaman ikan menggunakan buah atau sayuran yang mengandung asam sitrat seperti jeruk nipis, jeruk purut, filtrat asam jawa, dan filtrat tomat.
- g. Komunikasi risiko dilakukan dengan memberikan poster yang berisi informasi terkait dampak kesehatan akibat konsumsi timbal hingga pengelolaan risiko yang dapat dilakukan.

5.2 Keterbatasan

Penelitian dilakukan ketika cuaca hujan sehingga dapat mempengaruhi hasil uji laboratorium air laut. Dalam penentuan porsi makan dan durasi pajanan, responden penelitian hanya mengandalkan daya ingat sehingga dapat mempengaruhi ketepatan perhitungan *intake*.

5.3 Saran

a. Bagi masyarakat

Melakukan pengurangan konsumsi ikan lemuru menjadi 1 porsi ikan lemuru dalam 1 minggu. Selain itu, masyarakat juga dapat melakukan perendaman sebelum dimasak menggunakan bahan yang mengandung asam sitrat, serta tidak membuang sampah sembarangan baik di sungai maupun di pantai.

b. Bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Banyuwangi

Melakukan pengecekan dan monitoring kandungan logam berat terkait kualitas air laut dan perikanan di perairan Selat Bali dan TPI yang ada di Kabupaten Banyuwangi. Pemerintah juga dapat memetakan wilayah perairan dengan risiko tinggi berdasarkan data pencemaran sehingga dapat melakukan sosialisasi kepada nelayan agar tidak menebarkan jalanya di daerah tersebut.

c. Bagi Dinas Kesehatan Kabupaten Banyuwangi

Melakukan sosialisasi kepada masyarakat Desa Kedungrejo terkait dampak kesehatan akibat kandungan timbal pada ikan lemuru melalui kegiatan posyandu, pengajian, dan perkumpulan nelayan.

d. Bagi Nelayan

Nelayan tidak membuang sampah wadah bekas solar ke laut.

e. Bagi peneliti selanjutnya

Melakukan penelitian pada musim kemarau atau musim angin timur sehingga tidak mempengaruhi hasil uji laboratorium dan peneliti selanjutnya dapat melakukan ARKL pada jenis ikan lain di TPI Muncar atau ikan sarden hasil pabrik pengalengan ikan di Muncar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, M. M. M. (2024). Heavy Metal Levels and Cancer Risk Assessments of the Commercial Denis, Sparus aurata Collected from Bardawil Lake and Private Fish Farm Waters as a Cultured Source, Egypt. *Biological Trace Element Research*, 202(6), 2864–2877. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03880-0>
- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat sekitar Manusia* (S. Kholishotunnisa (ed.)). Lambung Mangkurat university Press.
- Agristiyani, N., Suprijanto, J., & Ario, R. (2022). Asupan Aman Konsumsi Logam Cu Pada Kerang Darah dari Tempat Pelelangan Ikan Tambak Lorok, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(1), 71–76. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.37143>
- Alia, T. K. . T. N., Hing, L. S., Sim, S. F., Pradit, S., Ahmad, A., & Ong, M. C. (2020). Comparative study of raw and cooked farmed sea bass (*Lates calcarifer*) in relation to metal content and its estimated human health risk. *Marine Pollution Bulletin*, 153(October 2019), 111009. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111009>
- Ananda, S. F., Redjeki, S., & Widowati, I. (2022). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, dan Jaringan Lunak Kerang Bambu (*Solen sp.*) Di Perairan Rembang Jawa Tengah Dan Gresik Jawa Timur. *Journal of Marine Research*, 11(2), 176–182. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.29956>
- Aphrodita, S. V., Santoso, A., & Riniatsih, I. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, dan Lamun Enhalus acoroides di Perairan Pantai Sanur Kota Denpasar. *Journal of Marine Research*, 11(2), 227–236. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.31978>
- Arkianti, N., Dewi, N. K., & Tri Martuti, N. K. (2019). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan di Sungai Lemat Kabupaten Magelang. *Life Science*, 8(1), 65–74. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v8i1.29991>
- Astari, F. D., Lumban Batu, D. T. F., & Setyobudiandi, I. (2021). Akumulasi Besi (Fe) pada Kerang Hijau di Perairan Tanjung Mas, Semarang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1), 120–127. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.120>
- ASTDR. (2020). *Toxicological profile for Lead*. August, 1–583.
- Azmi, A., & Winarsih, W. (2021). Upaya Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) dengan Menggunakan Filtrat Tomat (*Solanum lycopersicum*). *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 10(2), 213–219. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n2.p213-219>

Daftar pustaka selengkapnya terdapat pada lampiran.

LAMPIRAN



Daftar Pustaka

<https://unej.id/DaftarPustakaARKLIkanLemuru>



Barcode Lampiran-lampiran

Lampiran 1.1 *Literature Review*

Link: <https://unej.id/LiteratureReviewARKLIkanLemuru>

Lampiran 3.1 Denah Pengambilan Sampel Ikan dan Air Laut

Link: <https://unej.id/DenahPengambilanSampelIkanDanAirLaut>

Lampiran 3.2 SOP Pengambilan Sampel Air Laut

Link: <https://unej.id/SOPPengambilanSampelAirLaut>

Lampiran 3.3 Prosedur Pengiriman Sampel

Link: <https://unej.id/ProsedurPengirimanSampel>

Lampiran 3.4 Pengujian Timbal dengan Metode ICP-MS

Link: <https://unej.id/PengujianTimbalMetodeICPMS>

Lampiran 3.5 *Food Picture*

Link: <https://unej.id/FoodPicture>

Lampiran 3.6 Lembar Kuesioner Penelitian

link: <https://unej.id/LembarKuesionerPenelitianARKLIkanLemuru>

Lampiran 3.7 Prosedur Penelitian

Link: <https://unej.id/ProsedurPenelitianARKLIkanLemuru>

Lampiran 4.1 Tabel Hasil Wawancara

Link: <https://unej.id/TabelHasilWawancara>

Lampiran 4.2 Hasil Uji Laboratorium

Link: <https://unej.id/HasilUjiLaboratoriumIkanLemurudanAirLaut>

Lampiran 4.3 Hasil Perhitungan Nilai Intake

Link: <https://unej.id/HasilPerhitunganIntake>

Lampiran 4.4 Hasil Perhitungan Nilai RQ

Link: <https://unej.id/HasilPerhitunganRQ>

Lampiran 4.5 Poster Komunikasi Risiko

Link: <https://unej.id/PosterKomunikasiRisikoARKLIkanLemuru>

Lampiran Hasil Analisis Statistik

Link: <https://unej.id/HasilAnalisisStatistikARKLIkanLemuru>

Lampiran Surat Izin Penelitian

Link: <https://unej.id/SuratIzinPenelitianARKLIkanLemuru>

Lampiran Laik Etik

Link: <https://unej.id/LaikEtikARKLIkanLemuru>

Lampiran Dokumentasi Penelitian

Link: <https://unej.id/DokumentasiPenelitianARKLIkanLemuru>

Lampiran Barcode Detail Pembahasan



Hasil Strategi Pengelolaan Risiko
(Halaman 28)

<https://unej.id/HasilStrategiPengelolaanRisiko>



Identifikasi Timbal di Lingkungan
(Halaman 30)

<https://unej.id/IdentifikasiTimbaldiLingkungan>



Identifikasi Timbal di Ikan Lemuru
(Halaman 31)

<https://unej.id/IdentifikasiTimbaldiIkanLemuru>



Analisis Dosis Respon
(Halaman 31)

<https://unej.id/AnalisisDosisRespon>



Karakteristik Responden (Halaman 32)
<https://unej.id/PembahasanKarakteristikResponden>



Tingkat RQ Individu (Halaman 34)
<https://unej.id/PerbedaanTingkatRQResponden>



Strategi Pengelolaan Risiko
(Halaman 35)
<https://unej.id/PembahasanStrategiPengelolaanRisiko>



Pendekatan Teknologi
(Halaman 36)
<https://unej.id/PendekatanTeknologi>