

Analysis of environmental health risk of lead (Pb) pollution in marine products circulating at Sambu market Medan

Analisis resiko kesehatan lingkungan pencemaran timbal (Pb) pada hasil laut yang beredar di pasar Sambu Medan

Tina Meirindany^{1*)}, Khodijah Tussolihin Dalimunthe¹⁾

¹⁾Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan, Universitas Haji Sumatera Utara, Medan Sumatera Utara, Indonesia.

*e-mail author: Meirindanytina@gmail.com

ABSTRACT

Plumbum (Pb) is a heavy metal that damages and pollutes the environment. The presence of these heavy metal damages and pollutes the environment. The presence of these heavy metals changes marine biota's life and threatens human health through contaminated food chains. The results of measuring lead (Pb) levels in anchovies and squid circulating in the Sambu Market in Medan exceed the 2009 SNI threshold. This study aims to estimate the exposure to lead (Pb) of those who eat anchovies and squid in the Sambu Market with Desktop Risk Analysis of Environmental Health. The research results show that the risk magnitude (RQ) of exposure to Plumbum (Pb) in people who consume anchovies and squid is $RQ > 1$. Based on risk management, the safe consumption rate is at least 0.06 grams per day for adults with a body mass of 55 kg. Risk management is also carried out by managing sources of reciprocal pollutants (Pb) by controlling the amount of industrial waste that may be discharged into waters, which requires direct supervision from the local Environmental Service.

Keywords: Desktop Risk Analysis; Environmental Health; Exposure; Plumbum (Pb).

ABSTRAK

Plumbum (Pb) merupakan logam berat yang merusak dan mencemari lingkungan. Keberadaan logam berat ini mengubah kehidupan biota laut serta mengancam kesehatan manusia melalui rantai makanan yang terkontaminasi. Hasil pengukuran kandungan Plumbum (Pb) pada teri dan cumi di Pasar Sambu melebihi ambang batas SNI 2009. Penelitian ini bertujuan mengestimasi pajanan Plumbum(Pb) masyarakat yang mengkonsumsi teri dan cumi di Pasar Sambu melalui Desktop Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan Besaran Risiko (RQ) pajanan Plumbum (Pb) pada masyarakat yang mengkonsumsi teri dan cumi adalah $RQ > 1$. Berdasarkan manajemen risiko maka laju konsumsi yang aman minimal 0,06 gr per hari kategori dewasa dengan 55 kg massa tubuh. Manajemen risiko dapat diwujudkan melalui kegiatan pengendalian khususnya dari asal pencemar timbal (Pb) melalui kegiatan peninjauan limbah industri yang mungkin dibuang ke perairan dan perlu pengawasan langsung dari Dinas Lingkungan hidup setempat.

Kata Kunci: Desktop Analisis Risiko; Kesehatan Lingkungan; Pajanan; Plumbum (Pb).

PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan keseimbangan kondisi sejahtera yang bukan sekedar terhindar dari penyakit maupun kelemahan akan tetapi baik secara mental, fisik, maupun sosial. Berdasarkan Undang - Undang No 36 tahun 2009 menyatakan kesehatan merupakan sejahteranya kondisi mental, fisik dan sosial dimana seseorang mampu produktif menjalani aktivitasnya.

Plumbum merupakan logam berbahaya dimana dapat merusak serta mencemari lingkungan. Keberadaannya terjadi secara alamiah ataupun dari percikan gunung berapi. Kehadiran logam berat ini akan mengubah kehidupan biota laut serta dapat mengancam dan menurunkan kesehatan dengan rangkaian fluktuasi makanan yang terkontaminasi. Plumbum diuraikan dalam akan tetapi mudah terlarut diperairan serta terakumulasi pada biota laut maupun sedimen laut (Azizah dkk, 2018).

Kegiatan yang sering dilakukan dipesisir pantai seperti aktivitas nelayan membuat akumulasi kadar timbal semakin besar. Logam berat ini justru di hasilkan dari bahan bakar yang dipakai oleh kapal-kapal nelayan dimana kondisi dilakukan dari tahun ke tahun mengakibatkan kandungan timbal diperairan semakin tidak terelakkan. Penelitian oleh Malik dkk (2021) mengutarakan adanya kadar Plumbum (Pb) yang terlarut pada air laut di Tanggul Perairan Soreang Kota Parepare Dimana kandungan pada titik II yaitu 0,06 ppm dan kandungan Plumbum (Pb) pada sedimen titik I Tanggul Perairan Soreang Kota Parepare yaitu 78,61 ppm yang merupakan kadar Plumbum (Pb) tertinggi diwilayah tersebut, hal ini disebabkan tingginya aktivitas pada wilayah perairan tersebut sebagai pusat jasa pelabuhan.

Tingginya kadar timbal (Pb) dalam perairan mengakibatkan pencemaran dan mengganggu biota yang ada dalam perairan. Penelitian Afrilla & Puspikawati (2021) mengenai uji kadar Plumbum pada biota laut udang di Kabupaten Banyuwangi menemukan bahwa terdapat kandungan Plumbum (Pb) terasi udang melewati ambang batas oleh Aturan Badan Pengawas Obat dan Makanan RI NoHK.00.06.1.52.4011 tahun 2009 sebesar 1,0 mg/kg

Bahaya Plumbum dapat berdampak pada kesehatan. Paparan logam ini justru mengganggu system saraf dengan menurunkan kecepatan saraf dalam merespon sesuatu dan menurunkan kecerdasan anak secara berkesinambungan.

Toksistas logam berat timbal (Pb) pada manusia juga dapat menyebabkan timbulnya kerusakan jaringan terutama jaringan detoksifikasi serta ekskresi yaitu hati dan ginjal, bahkan, logam timbal (Pb) memiliki sifat karsinogenik yang berpotensi menjadi kanker (Irianti dkk, 2017).

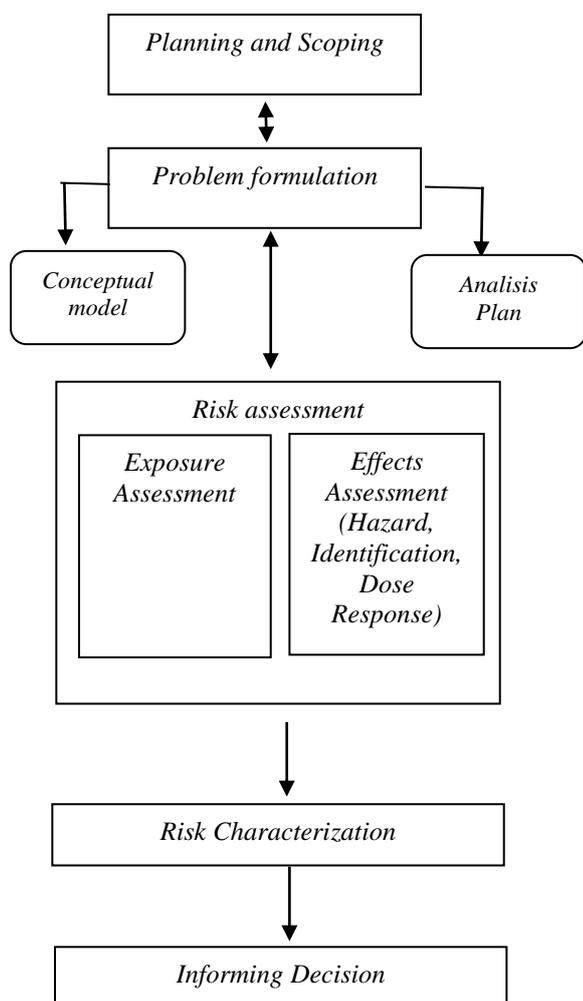
Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan studi untuk memprediksi resiko kesehatan yang diakibatkan pencemaran baik dari pencemaran logam berat, zat kimia maupun asap kendaraan yang mengandung senyawa yang berpotensi merusak lingkungan. Menurut *United States Environmental Protection Agency* (2014) bahwa prinsip umum penilaian kerangka resiko kesehatan manusia harus sesuai dengan tujuan yang dimaksudkan, menyatakan tujuan, konteks dan ruang lingkup yang jelas, didasarkan pada scenario paparan yang konsisten dengan tujuan dan konteks, mencakup pertimbangan kelompok populasi rentan dan tahapan kehidupan dan penilaian risiko harus mengikuti jalur yang dapat diterima dan logis menggunakan penilaian yang masuk akal .

Di Indonesia Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) masih belum banyak dikenal dan digunakan sebagai metoda kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan. Padahal, di beberapa negara Uni Eropa, Amerika dan Australia, ARKL telah menjadi proses central idea legislasi dan regulasi pengendalian dampak lingkungan. Dalam konteks AMDAL, efek lingkungan terhadap kesehatan umumnya masih dikaji secara epidemiologis. Analisis risiko adalah padanan istilah untuk risk assessment, yaitu karakterisasi efek-efek yang potensial merugikan kesehatan manusia oleh paparan bahaya lingkungan (Kementerian Kesehatan RI, 2017; Fitra, 2020).

Susunan Kerangka Penilaian Risiko Kesehatan Manusia untuk Menginformasikan Pengambilan Keputusan melinatkan tahapan perencanaan dan pelingkupan, perumusan masalah yang mencakup model konseptual dan analisis perencanaan, kemudian masuk pada tahapan penilaian risiko yang mencakup penilaian paparan dan efek penilaian (identifikasi bahaya dan dosis respon) yang megarah pada karakterisasi risiko untuk pengambilan keputusan. Berdasarkan informasi yang dikembangkan selama perencanaan dan pelingkupan, maka akan dilakukan perumusan masalah untuk mengembangkan model konseptual dan menggabungkan informasi tersebut ke dalam rencana analisis. Rencana analisis menguraikan

bagaimana penilaian paparan, penilaian efek (bahaya dan dosis-respons) dan komponen karakterisasi risiko dalam penilaian risiko akan dilakukan, dengan mempertimbangkan kualitas data. Pertanyaan penting dalam fase ini adalah tingkat kompleksitas apa yang diperlukan (misalnya, penyaringan, penilaian risiko deterministik atau probabilistik) untuk menghasilkan keputusan yang diperlukan. Penjelasan dari bagan alur dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.

Pajanan Plumbum rata-rata bagi kelompok usia dewasa sekitar 1-63 μg per kg bb per minggu, dengan bersumber pada konsumsi makanan dan minuman. Penelitian kandungan Plumbum pada teri dan cumi oleh Faisal dkk (2021) diperoleh kandungan Plumbum pada teri dan cumi dimana kandungam Plumbum pada teri mencapai 7,04 mg/kg serta cumi mencapai 6,65 mg/kg. Kandungan Plumbum (Pb) ini jelas melebihi standar maksimum yang merujuk pada SNI No 7387 tahun 2009 pada ikan dan hasil olahannya sekitar 0,3 mg per kg, seementara pada moluska 1,5 mg/kg



Gambar 1. Alur Penilaian Risiko Kesehatan Manusia (*United States Environmental Protection Agency, 2014*).

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung estimasi dampak paparan Plumbum (Pb) masyarakat yang mengkonsumsi teri dan cumi yang dijual di Pasar Sambu. Oleh sebab itu peneliti akan menghitung besaran risiko kesehatan lingkungan logam Timbal (Pb) dengan metode *Desktop* ARKL yang terkandung pada hasil laut dan cumi yang dijual pada Pasar Sambu.

METODE PENELITIAN

Langkah yang digunakan pada penelitian ini menggunakan penelitian analitik dengan Teknik Estimasi Risiko Kesehatan Lingkungan menggunakan *Desktop* ARKL. *Desktop* ARKL merupakan metode analisis estimasi kesehatan lingkungan dengan penggunaan data dari perhitungan penelitian yang sudah dilakukan sebagai data yang akan dihitung besaran risikonya dan tidak perlu dilakukan pengumpulan data primer secara langsung. Adapun tahapan yang dilakukan dibagi atas 4 (empat) tahapan dalam *Desktop* ARKL.

Peneliti menggunakan data sekunder dari hasil penelitian Faisal dkk (2021) melalui hasil pengujian kandungan Plumbum (Pb) teri dan cumi yang beredar di Pasar Sambu. Besaran estimasi risiko kesehatan lingkungan ini terdiri dari identifikasi bahaya, dosis respon yang dianalisis, analisis pajanan serta karakteristik risiko.

1. Identifikasi Bahaya

Konsentrasi Timbal (Pb) yang akan menentukan Besaran Risiko dan sudah diukur.

2. Analisis Dosis-Respon

Analisis Dosis Repon ditujukan mendapatkan kandungan yang terpajan dalam tubuh serta tidak memunculkan efek kesehatan, dinyatakan sebagai dosis referensi. Dosis referensi dalam efek non-karsinogenik disebut Reference Dose (RfD) sementara efek karsinogenik disebut *Cancer Slope Factor* (CSF). Terdapat perbedaan pada setiap logam berat antara nilai RfD dan CSF dan didapatkan berdasarkan nilai RfD yang ditetapkan oleh *United State Environmental* yaitu 0,004 (US EPA 2005) serta CSF sebesar 0,042 (Huboyo dan Syafrudin 2007 dalam Simbolon, 2018).

3. Analisis Pajanan

Langkah ini terbagi atas perkiraan pajanan Plumbum (Pb) pada orang yang mengkonsumsi teri dan cumi. Analisis pajanan bagi pengonsumsi teri dan cumi dilakukan dengan mengkalkulasi laju asupan ikan teri dan cumi dan frekuensi pajanan per harinya.

4. Karakteristik Risiko

Langkah ini memperkirakan adanya nilai yang memberikan efek kerugian pada manusia yang akibat dari pajanan timbal (Pb). Estimasi ini bisa dianalisis dengan mengestimasi risiko melalui kuantifikasi probabilitas kejadian risiko yang dikaitkan dengan analisis pada tahapan identifikasi bahaya akibat pajanan suatu zat atau bahan yang dibedakan efek analisis dan pajanan analisis (Kementerian Kesehatan RI, 2012).

Risk Quotients (RQ) yang merupakan tahapan dari perhitungan akhir risiko kesehatan lingkungan tahapan dalam memprediksi besaran risiko. Interpretasi RQ menyajikan adanya risiko bagi dampak non karsinogenik maupun karsinogenik. Risiko yang telah diestimasi menunjukkan penting atau tidak perlu upaya pengendalian apabila $RQ > 1$. Efek karsinogenik dari perhitungan karakteristik risiko pada dijabarkan melalui ECR (*Excess Cancer Risk*) (US EPA 2005 dalam Simbolon, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kandungan Plumbum (Pb) pada Sampel Teri dan Cumi

Berdasarkan Grafik kandungan Plumbum (Pb) (gambar 2) menunjukkan pada setiap sampel terkandung Plumbum (Pb) yang secara keseluruhan melebihi batas Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2009. Kandungan Plumbum (Pb) tertinggi untuk sampel teri ditunjukkan oleh sampel F sebesar 7,04 mg/kg dan kadar timbal (Pb) pada cumi ditunjukkan pada sampel G yang juga melewati ambang batas SNI tahun 2009 yaitu 6,65 mg/kg.

Tingginya kandungan Plumbum (Pb) berkaitan dengan tingginya aktivitas manusia yang dijalankan disekitar perairan seperti aktivitas penangkapan ikan dengan kapal dan aktivitas penangkutan yang menggunakan transportasi laut. Plumbum yang mencemari perairan tentu saja merusak kualitas perairan dan mengganggu biota

air, volume kadar logam Plumbum (Pb) terlarut diperairan bahkan jika terlalu banyak maka logam berat mampu mencapai sampai ke dasar perairan. Endapan logam berat menempel pada sedimen dalam perairan. Endapan yang terdapat di dasar dapat menyebar ke perairan dan meluas keseluruhan badan air yang disebabkan hadimnya arus pasang surut. Zat pencemar ini tentu saja berpengaruh pada biota laut. akumulasi logam berat pada biota laut berproses dengan pengabsorbsian melalui pencernaan, pernafasan serta penetrasi kulit (Wardana dkk, 2023).

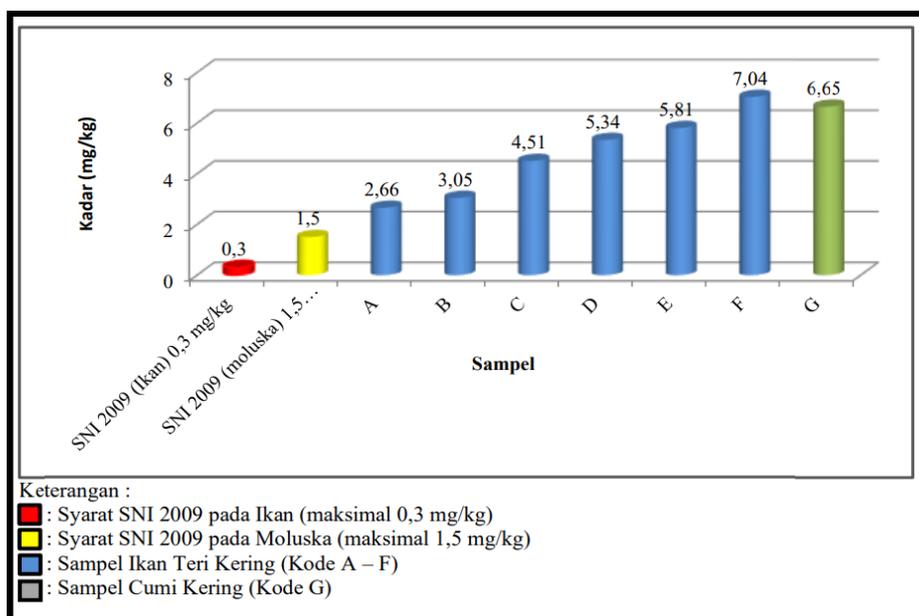
Akumulasi bahan logam berbahaya berlangsung secara hayati (bioaccumulation) melalui rantai makanan dalam system perairan. Proses bioakumulasi tersebut tidak sama dengan proses-proses lainnya. Pada proses bioakumulasi terjadi peningkatan konsentrasi dan tidak terjadi pengecunan bahan kimia. Bioakumulasi ini dari terdiri organisme yang menyerap logam tersebut melalui insang atau jaringan epitel dan melalui makanan atau asupan sedimen yang diambil oleh organisme tersebut (Menzer & Nelson, 1986 dalam Murwani, dkk, 2018).

Kadar timbal (Pb) pada tingkat 4,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menyebabkan gangguan neurobehavioral pada anak. Hal ini dikarenakan timbal bersifat neurotoksik. Menurut Perhimpunan Dokter Spesialis Syaraf Indonesia (Perdossi), "Neurobehaviour" adalah kondisi antara fungsi luhur dengan perilaku manusia. Fungsi luhur tersebut melibatkan fungsi bahan, persepsi, memori, emosi, dan kognitif. Plumbum dapat memasuki sistem saraf dan memengaruhi neurotransmitter serta struktur otak. Hal ini dapat mengakibatkan perubahan perilaku, masalah kognitif, dan gangguan emosional pada anak-anak. (Sudarma., et al. 2022; Erviant., et al. 2021).

Analisa Resiko Kesehatan Lingkungan

1. Identifikasi Bahaya

Kadar Timbal (Pb) yang ditemukan pada sampel biota laut yaitu ikan teri dan cumi melebihi ambang batas Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2009 dimana SNI 2009 pada ikan maksimal 0,3 mg/kg. Kandungan Plumbum (Pb) maksimum ditemukan pada sampel F (teri) yaitu 7,04 mg/kg sehingga cukup mengkhawatirkan. Demikian pula dengan Kandungan Plumbum (Pb) pada cumi mewakili sampel G yaitu 6,65 mg/kg.



Gambar 2. Grafik Kandungan Plumbum pada Teri dan Cumi

2. Analisis Dosis Respon

Pajanan Timbal (Pb) pada masyarakat yang mengkonsumsi ikan teri dan cumi yang mengandung Timbal (Pb) melebihi nilai ambang batas dapat menyebabkan risiko karsinogenik maka digunakan data sekunder Dosis Respon Referensi (Rfd) yang sudah di tertera pada IRIS US EPA yaitu 0,0035 mg/kg berat badan perhari.

3. Analisis Pajanan

Analisis pajanan yang dinamakan penilaian kontak dilakukan dengan tujuan menandai urutan pajanan *risk agent* supaya asupan pada individu dalam populasi yang berisiko dapat dilakukan perhitungan. Data serta petunjuk yang diperlukan dalam mengukur asupan mencakup seluruh variabel pada rumus yang ada dibawah ini

$$I = \frac{C \times R \times fe \times Dt}{Wb \times t \text{ avg}}$$

Intake (I) tidak memiliki nilai default yang sebanding dengan Kosentrasi (C) mg/kg tidak ada nilai default, laju asupan (R) gr/hari nilai default untuk dewasa pada daerah pemukiman 54 gr/hari, frekuensi pajanan (Pb) hari/tahun dengan nilai default 350 hari/tahun, dan durasi pajanan (Dt) nilai default 30 tahun namun berbanding terbalik dengan berat badan (Wb) nilai default 55 Kg pada orang dewasa Indonesia dan periode rata-rata waktu (tavg) dimana nilai default tavg (30 tahun x

365 hari/tahun untuk zat karsinogenik). (ATSDR, 2013).

Berdasarkan keterangan diatas dapat dibuat tabel sebagai berikut

Tabel 1. Variabel yang Dihitung dalam Analisis Pajanan.

Notasi	Pernyataan
I	: Asupan (<i>intake</i>) dengan satuan mg/kg per hari
C	: risk agent mg/kg untuk makanan
R	: Tingkatan asupan atau dihitung dengan satuan g/hari
tE	: <i>Life Time</i>
fE	: Frekwensi paparan
Dt	: Durasi pajanan, tahun (<i>real time</i> atau yang diproyeksikan 30 tahun dengan nilai <i>default</i>)
Wb	: Massa Tubuh dengan satuan kg
tavg	: Waktu dengan estimasi yang dihitung dengan persamaan melalui perhitungan dengan persamaan Dt x 365 hari/tahun untuk zat nonkarsinogen dan 70 tahun x 365 hari/tahun bagi zat karsinogen

Besaran Intake Timbal (Pb) pada Sampel Ikan Teri Maksimum

Tabel 2. Nilai Untuk Menghitung Intake Masyarakat Konsumsi Teri

Notasi	Konsumsi Ikan Teri
C (mg/gr)	7,04 mg/kg
R (gr/hari)	54 gr
Wb	55 kg
fE	350 hari per tahun
Dt	30 tahun
t _{avg}	70 tahun x 365 hari per tahun

Maka besaran intake yang diperoleh dari hasil perhitungan pada asupan Plumbum (Pb) ikan teri adalah 2,84 mg/ kg/hari, jadi nilai intake Plumbum (Pb) per hari untuk responden adalah 2,84 mg/kg per hari.

Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Alwi.,*et al* (2016) mengenai risiko kesehatan lingkungan dengan mengestimasi paparan Plumbum pada masyarakat yang mengkonsumsi kerang Kalandue dari tambak sungai Wanggu dengan asupan masyarakat bantaran Sungai Wanggu Kelurahan Lalolara adalah 1,6032018E-05 mg/kg/hari.

Besaran Intake Timbal (Pb) pada Sampel Cumi

Tabel 3. Nilai yang Ditujukan Perhitungan Intake Masyarakat Konsumsi Cumi

Notasi	Konsumsi Ikan Teri
C (mg/gr)	6,65 mg/kg
R (gr/hari)	54 gr
fE	350 hari/tahun
Dt	30 tahun
t _{avg}	70 tahun x 365 hari/tahun

Besaran intake yang diperoleh dari hasil perhitungan pada asupan Plumbum (Pb) cumi adalah 2,68 mg/kg per hari, jadi asupan (intake) Plumbum (Pb) per hari bagi kelompok masyarakat yang mengkonsumsi adalah 2,68 mg/kg/hari.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diinterpretasikan bahwa kandungan Plumbum (Pb) yang ada pada teri menunjukkan massa sebesar 2,84 miligram pada setiap berat badan dengan satuan kilogram per hari. Hal tersebut diberlakukan juga dengan hitungan pada paparan Plumbum (Pb) bagi setiap individu

yang mengkonsumsi cumi terdapat massa Plumbum (Pb) yaitu 2,64 miligram pada setiap kilogram masaa tubuh per hari.

Karakteristik Resiko atau Risk Quation (RQ).

Tahapan ini merupakan tahapan akhir yang diestimasi melalui perhitungan dalam penetapan tingkatan risiko dengan penentuan apakah agen risiko dalam konsentrasi yang diestimasi melalui metode Desk ARKL memberikan risiko terhadap kesehatan pada sekelompok masyarakat mengkonsumsi teri maupun cumi dimana Besaran risiko (RQ) dapat dihitung melalui rumus berikut ini:

Rumus yang digunakan pada tahapan ini adalah :

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

Risk Quation (RQ) Paparan Timbal (Pb) Konsumsi Ikan Teri dan Cumi

Tabel 4. Nilai Menghitung Besaran Risiko (RQ) Paparan Timbal (Pb) pada Masyarakat yang Mengkonsumsi Ikan Teri dan Cumi

Notasi	Nilai
Rfd	0,004 mg/kg/hari
Intake Pb Konsumsi Ikan Teri	2,84 mg/kg/hari
Intake Pb Konsumsi Cumi	2,68 mg/kg/hari

Berdasarkan tabel diatas Besaran Risiko (RQ) paparan timbal (Pb) pada masyarakat yang mengkonsumsi ikan teri dan cumi adalah $RQ > 1$. Model risiko ditujukan selama rentang waktu sepanjang 30 tahun yang diinterpretasikan toksisitas Plumbum (Pb) dapat memberikan dampak buruk pada waktu 30 tahun mendatang dan kondisi tersebut perlu diantisipasi agar terhindar dari kondisi yang membahayakan kesehatan masyarakat

Manajemen Risiko Kesehatan

Manajemen risiko zat pencemar Plumbum (Pb) pada ikan teri dan cumi dapat diubah dengan laju konsumsi R dan frekuensi paparan timbal (Pb) pada variabel lain yang dibiarkan tetap. Berdasarkan manajemen risiko maka laju konsumsi yang aman minimal 0,06 gr/hari bagi usia kelompok dewasa dengan massa tubuh sebesar 55 kg.

Manajemen risiko dapat diwujudkan dengan kegiatan khususnya dari sumber pencemar Plumbum (Pb) seperti kegiatan pengawasan jumlah limbah industri yang mungkin dibuang ke perairan dan perlu pengawasan langsung dari Dinas Lingkungan hidup setempat. Adanya sosialisasi dan pengawasan secara lebih intens terhadap pengelolaan lingkungan disekitar kawasan perairan. Pemberlakuan sanksi tegas bagi pihak yang melanggar atau membuang limbah apapun ke perairan

KESIMPULAN

Besaran Risiko masyarakat yang mengkonsumsi ikan teri dan cumi ditunjukkan dengan nilai RQ > 1 yang dimana efek toksisitas logam timbal (Pb) berpotensi memiliki dampak 30 tahun mendatang.

SARAN

Tindakan manajemen risiko yang dilakukan dengan pentingnya pengawasan langsung dari Dinas Lingkungan hidup setempat. Adanya sosialisasi dan pengawasan secara lebih intens terhadap pengelolaan lingkungan disekitar kawasan perairan.

REFERENSI

- Afrilla, O., & Puspikawati, S.I. (2021). Uji Kandungan Pencemaran Timbal Pada Hasil Laut di Kabupaten Banyuwangi. *Ikesma: Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 17(2). ISSN: 2684-7035; DOI: 10.19184/ikesma.v%vi%i.22331
- Alwi, J., & Yasnani, Y. (2016). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Timbal (Pb) pada Masyarakat yang Mengonsumsi Kerang Kalandue (Polymesoda Erosa) dari Tambak Sekitar Sungai Wanggu dan Muara Teluk Kendari* (Doctoral dissertation, Haluoleo University)
- Atsdr. (2013). Public Health Assessment Guidance Manual. Diakses dari <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/PHSManual/toc.html>
- Azizah Ria et al. Kandungan Timbal Pada Air, Sedimen, Dan Rumput Laut Sargassum sp. Di Perairan Jepara, Indonesia. *Jurnal kelautan tropis*: 2018; 21(2):156-166.
- Ervianty, T. E., Ikhtiar, M., & Bintara, A. (2021). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Timbal (Pb) pada Pa'limbang-limbang di Jl. Urip Sumoharjo Kota Makassar. *Jurnal Sanitasi dan Lingkungan*, 2(1), 128-138.
- Fitra, M., & SKM, M. (2020). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)* (Vol. 1). Miladil Fitra.
- Irianti, T., Kuswandi., Nuranto, S., & Budiyatni. (2017). Logam Berat dan Kesehatan. Diakses dari <https://www.researchgate.net/profile/Tatang-Irianti/publication/328979897>
- Kementerian Kesehatan RI. (2012). Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan : Jakarta
- Kementerian Kesehatan RI. (2017). Pengendalian Dampak Kesehatan Melalui Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Diakses 9 Oktober 2023 dari <https://kesmas.kemkes.go.id>
- Malik, D., Yusuf, S., & Willem, I. (2021). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Laut dan Sedimen di Perairan Tanggul Soreang Kota Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia dan Kesehatan*. 4(1): pISSN 2614-5073. eISSN 2614-3151
- Murwani, S., Prasetiawati, E., Widiastuti, E., Supriyanto., Rivai, I. (2018). Analisis Logam Berat Pada Species Ikan Karang di Perairan cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau. Puslitbang Pesisir dan Kelautan LPPM Universitas Lampung. Diakses dari <http://repository.lppm.unila.ac.id/8699/1/Artikel>
- Simbolon, A. (2018). Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Timbal (Pb) Pada Kerang Hijau (Perna viridis) di Perairan Cilincing Pesisir DKI Jakarta. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 3(3): 197-208. Diakses dari <http://jurnal-oldi.or.id>
- Sudarma, N., Wati, N. M. N., Lestari, N. K. Y., Dwijayanti, D. M. A., & Dewi, N. L. P. T. (2022). Peningkatan pengetahuan serta sikap guru dan orang tua siswa: penyuluhan bahaya logam timbal pada anak usia dini paud pelita bunda: Increasing the knowledge and attitude of teachers and parent students: counseling on the danger of lead metal in early childhood of pelita bunda school. *Bhakti Community Journal*, s1(2), 89-102.
- United States Environmental Protection Agency. (2014). Framework for Human Health Risk Assessment to Inform Decision Making. Office of the Science Advisor Risk

Assessment Forum. Diakses dari
www.epa.gov/raf

Wardana, M., & Kuntjoro, S. (2023). Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Pelabuhan Teluk Lamong dan Korelasinya terhadap Kadar Pb Kerang Darah. *Lentera Bio* : p-ISSN: 2252-3979 e-ISSN: 2685-7871.