



Parameter Fisik Dan Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Merkuri (Hg) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Di Perairan Morosi Kabupaten Konawe

Nurcahyani¹, Ramadhan Tosepu¹, Nasaruddin²

¹ Magister Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Halu Oleo, Kendari, Indonesia

² Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

*Email korespondensi: cahyani286@gmail.com

No HP: 082394632140



ARTICLE INFO

Article History:

Received : 12 Mei 2025

Accepted : 26 Mei 2025

Published : 30 Mei 2025

Kata Kunci:

Merkuri;
Risiko Kesehatan;
Ikan nila;
Kualitas Air;
Morosi;

Keywords:

Mercury;
Health Risk;
Nila fish;
Water Quality;
Morosi;

ABSTRAK

Latar Belakang: Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara, khususnya Kecamatan Morosi, merupakan wilayah dengan aktivitas pengolahan nikel yang intensif, yang berpotensi mencemari lingkungan perairan. Paparan logam berat seperti merkuri (Hg) dalam ekosistem perairan dapat membahayakan biota akuatik, termasuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*), yang merupakan sumber pangan utama Masyarakat. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas air, mengukur konsentrasi merkuri dalam jaringan ikan nila, serta menilai potensi risiko kesehatan masyarakat akibat konsumsi ikan yang terkontaminasi. **Metode:** Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengukuran parameter fisik air (DO, TDS, konduktivitas, salinitas, dan kekeruhan) dan analisis kandungan merkuri dalam jaringan ikan nila menggunakan metode AAS. Sampel ikan diambil dari lima lokasi strategis. Analisis risiko dilakukan dengan perhitungan Risk Quotient (RQ), dan data konsumsi diperoleh dari 100 responden yang dipilih secara purposif menggunakan rumus Slovin. **Hasil:** Hasil menunjukkan bahwa kualitas air bervariasi di setiap lokasi, dengan beberapa mendekati batas ambang minimal. Kandungan merkuri dalam ikan nila berkisar antara 0,000971–0,0021 mg/kg, masih di bawah ambang batas SNI 2009 sebesar 1,0 mg/kg. Namun, nilai RQ untuk paparan harian sebesar 1,643 dan jangka panjang sebesar 4,383 menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan. **Kesimpulan:** Konsumsi ikan nila dari perairan Morosi berisiko terhadap kesehatan jangka panjang, sehingga diperlukan pengawasan ketat, pengurangan konsumsi, dan edukasi masyarakat.

ABSTRACT

Background: Konawe Regency, Southeast Sulawesi, especially Morosi District, is an area with intensive nickel processing activities, which has the potential to pollute the aquatic environment. Exposure to heavy metals such as mercury (Hg) in aquatic ecosystems can harm aquatic biota, including tilapia (*Oreochromis niloticus*), which is the community's main food source. **Objective:** This study aims to evaluate water quality, measure mercury concentrations in tilapia tissues, and assess potential public health risks due to contaminated fish consumption. **Methods:** This study used a quantitative approach with measurements of water physical parameters (DO, TDS, conductivity, salinity, and turbidity) and analysis of mercury content in tilapia tissue using the AAS method. Fish samples were taken from five strategic locations. Risk analysis was carried out by Risk



Quotient (RQ) calculation, and consumption data was obtained from 100 respondents who were purposively selected using the Slovin formula. Results: Results show that water quality varies by location, with some approaching the minimum threshold. The mercury content in tilapia ranges from 0.000971–0.0021 mg/kg, still below the 2009 SNI threshold of 1.0 mg/kg. However, the RQ value for daily exposure of 1.643 and long-term of 4.383 indicates a potential health risk. Conclusion: Tilapia consumption from Morosi waters poses a risk to long-term health, so strict monitoring, consumption reduction, and public education are needed.

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat di perairan telah menjadi isu lingkungan yang serius di berbagai wilayah Indonesia, termasuk pada ekosistem sungai yang menjadi habitat berbagai jenis organisme air. Kualitas keberadaan biota air seperti tumbuhan air, ikan, krustasea, gastropoda, bentos, plankton, dan perifiton sangat dipengaruhi oleh kondisi kualitas air. Salah satu polutan utama yang mengancam daya dukung lingkungan perairan adalah logam berat, yang memiliki sifat toksik, persisten, dan cenderung terakumulasi dalam jaringan organisme¹

Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara, merupakan wilayah yang kaya akan sumber daya mineral, terutama nikel. Aktivitas pertambangan yang masif di kawasan ini telah memberikan kontribusi signifikan terhadap pembangunan ekonomi daerah. Namun demikian, kegiatan tersebut juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Sebagai contoh dampak yang ditimbulkan dari aktivitas penambangan adalah perubahan rona lingkungan (bentang fisik dan kimia), pencemaran tanah, air maupun udara. Kegiatan penambangan menyebabkan kontaminasi logam berat di perairan sungai dan pada kadar yang tinggi dapat menimbulkan pencemaran, yang akan menimbulkan dampak negatif terhadap biota perairan²

Pencemaran air yang bersumber dari aktivitas industri dan limbah domestik menjadi salah satu penyebab utama penurunan kualitas lingkungan dan risiko kesehatan masyarakat. Selain itu, masyarakat yang tinggal atau bekerja di dekat sumber pencemaran sering kali menjadi kelompok rentan yang terpapar dampak negatif secara langsung. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa paparan polutan, seperti partikulat PM10 di area dengan aktivitas padat penduduk, meningkatkan risiko kesehatan yang signifikan, khususnya pada kelompok yang terpapar langsung di lokasi pencemaran³. Temuan ini relevan dalam konteks pencemaran merkuri di perairan Morosi, di mana aktivitas pertambangan dan pengolahan nikel menjadi salah satu penyebab utama kontaminasi lingkungan.

Wilayah Perairan Morosi, yang berada di sekitar kawasan pertambangan nikel, memiliki potensi besar untuk mengalami pencemaran. Indikator pencemaran air yang dapat diamati mencakup perubahan suhu, pH, warna, bau, rasa, keberadaan endapan dan koloid, konsentrasi bahan terlarut, keberadaan mikroorganisme patogen, serta peningkatan radioaktivitas dalam air⁴. Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa kualitas air di Sungai Konawe, yang melintasi wilayah Morosi, telah berada pada kategori tercemar menurut Indeks Pencemaran (Pollution Index/PI). Baik di kawasan permukiman maupun di sekitar kawasan industri, sejumlah parameter fisik dan kimia menunjukkan nilai yang mendekati atau bahkan melebihi ambang batas baku mutu, sehingga air sungai tersebut tidak direkomendasikan untuk digunakan sebagai sumber air minum⁴

Merkuri merupakan salah satu logam berat yang memiliki sifat toksik tinggi dan mampu terakumulasi dalam tubuh organisme. Paparan jangka panjang terhadap merkuri, terutama melalui rantai makanan, dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan yang serius, seperti kerusakan sistem saraf, gangguan fungsi ginjal, hingga peningkatan risiko terjadinya kanker⁴. Di Kecamatan Morosi, salah satu jalur utama paparan merkuri terhadap manusia diduga berasal dari konsumsi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang terkontaminasi.

Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas air, mengidentifikasi konsentrasi logam berat, khususnya merkuri, dalam ikan nila, serta menganalisis tingkat risiko kesehatan masyarakat akibat paparan melalui konsumsi ikan.

Melalui pendekatan ilmiah dan analisis risiko kesehatan lingkungan, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi perumusan kebijakan pengelolaan lingkungan, upaya mitigasi pencemaran, serta perlindungan kesehatan masyarakat di wilayah Kecamatan Morosi.

METODE PENELITIAN

Study design and Sources of Data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan observasional deskriptif. Populasi penelitian mencakup individu yang tinggal di perairan. Tujuan dari desain adalah memberikan gambaran mengenai risiko kesehatan akibat paparan logam berat dari konsumsi yang berasal dari wilayah perairan Morosi, Kabupaten Konawe. Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung kepada responden menggunakan kuesioner terstruktur, observasi lapangan, serta hasil uji laboratorium terhadap sampel air, dan ikan. Informasi yang dikumpulkan mencakup frekuensi dan jumlah konsumsi ikan harian serta tahunan. Data sekunder diperoleh dari Puskesmas Morosi dan instansi pemerintah terkait, meliputi data pendukung seperti profil kesehatan masyarakat dan data lingkungan wilayah penelitian.

Populasi dan Teknik Sampling

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir perairan Kecamatan Morosi yang berjumlah 8.024 jiwa. Jumlah sampel responden ditentukan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 10%, sehingga diperoleh sebanyak 100 responden. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode purposive sampling, yaitu memilih individu yang secara aktif mengonsumsi kerang paku dan ikan air tawar lokal sebagai bagian dari konsumsi harian.

Sampel lingkungan dalam penelitian ini meliputi air, dan ikan. Sampel air diambil dari lima stasiun yang dipilih berdasarkan lokasi strategis aktivitas industri, permukiman, dan tambak, yaitu:

1. **Stasiun 1:** Sungai Konaweha, Desa Besu, Kecamatan Morosi (Koordinat: -3.938082, 122.428482)
2. **Stasiun 2:** Aliran sungai di kawasan industri dan permukiman, Desa Morosi (Koordinat: -3.891945, 122.413392)
3. **Stasiun 3:** Aliran sungai di area perkebunan, Desa Paku Jaya (Koordinat: -3.889990, 122.393760)
4. **Stasiun 4:** Aliran sungai dekat kawasan industri, Desa Tondowatu (Koordinat: -3.862034, 122.415092)
5. **Stasiun 5:** Area tambak, Desa Pebunoha (Koordinat: -3.909631, 122.436127)

Sampel biota terdiri dari ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan komoditas konsumsi utama masyarakat lokal yang potensial mengalami bioakumulasi logam berat.

Research Instruments

Instrument yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara langsung dengan responden menggunakan kuesioner, selain itu juga untuk mengukur kadar logam berat dalam air menggunakan pengukuran langsung (*insitu*) dengan alat DO menggunakan alat Hanna Instrument HI98193, , konduktivitas, TDS dan salinitas menggunakan alat pengukur kualitas air portabel (AZ 86031, S/N 1048249), turbiditas menggunakan alat Lutron- TU 2016, sedangkan untuk mengukur kadar logam berat dalam kerang dan ikan menggunakan pengukuran *eksitu* yaitu dalam laboratorium dengan alat *Atomic Absorption Spectrofluorometry*(AAS).

Sumber Data

Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung kepada responden menggunakan kuesioner terstruktur, observasi lapangan, serta hasil uji laboratorium terhadap sampel air, ikan, dan kerang.

Informasi yang dikumpulkan mencakup frekuensi dan jumlah konsumsi ikan harian serta tahunan.

Data sekunder diperoleh dari Puskesmas Morosi dan instansi pemerintah terkait, meliputi data pendukung seperti profil kesehatan masyarakat dan data lingkungan wilayah penelitian.

Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama melibatkan pengumpulan data sosial melalui wawancara menggunakan kuesioner kepada masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi pengambilan sampel. Tahap kedua melibatkan pengambilan sampel air dan ikan dari lima stasiun yang telah ditentukan. Seluruh sampel biota dianalisis di laboratorium untuk mengukur kandungan merkuri menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (AAS – *Atomic Absorption Spectrophotometry*).

Data Collection Procedures

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Morosi Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara, wilayah ini dipilih karena memiliki aktivitas Pengolahan Nikel atau pertambangan serta pemukiman penduduk yang cukup padat yang ada disekitar sungai. Pengumpulan data dilakukan pada periode Oktober - November 2024. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua metode utama, yaitu wawancara menggunakan kuisisioner dan pemeriksaan laboratorium menggunakan dua cara yaitu pengukuran langsung (*insitu*) dan pengukuran *eksitu* dalam laboratorium

Informan Characteristic

Penelitian ini melibatkan 100 responden. Responden dipilih secara purposive sampling untuk memberikan informasi mengenai konsumsi ikan nila yang berasal dari perairan Morosi. Rata – rata usia responden 31 – 40 tahun, dengan rentang usia 20 – 60 tahun. Mayoritas responden berusia 31 – 40 tahun (39 orang), sedangkan usia termuda 20 -30 tahun (27 orang) dan usia tertua adalah 51 – 60 tahun (7). Dari segi kelamin, responde terdiri dari 27 laki – laki dan 73 perempuan. Dari segi lama tinggal berkisar 10 – 50 tahun

Karakteristik responden mencerminkan keragaman usia, jenis kelamin, dan lama tinggal responden. Data ini menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya.

Data Analysis

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Microsoft Excel dan SPSS untuk tabulasi dan analisis deskriptif. Selain itu, dilakukan analisis Health Risk Assessment (HRA) untuk menilai potensi risiko kesehatan akibat pajanan logam berat (merkuri) melalui konsumsi biota air.

Health Risk Assessment (HRA)

Analisis risiko kesehatan dilakukan menggunakan pendekatan **Estimasi Dosis Harian (Estimated Daily Intake/EDI)** dan **Hazard Quotient (HQ)** berdasarkan panduan dari **US EPA (United States Environmental Protection Agency)**.

1. Estimasi Dosis Harian (EDI)

EDI dihitung untuk mengetahui seberapa besar merkuri yang masuk ke dalam tubuh per hari melalui konsumsi ikan dan kerang dengan rumus:

$$EDI = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Dimana:

C = Konsentrasi merkuri dalam biota (mg/kg)

IR = Laju konsumsi biota per hari (kg/hari)

EF = Frekuensi pajanan (hari/tahun)

ED = Durasi pajanan (tahun)

BW = Berat badan individu (kg)
AT = Waktu rata-rata pajanan (hari)

2. Hazard Quotient (HQ)

HQ digunakan untuk menilai risiko non-karsinogenik dan dihitung dengan rumus:

$$HQ = \frac{EDI}{RfD}$$

Dimana:

RfD = Dosis referensi dari US EPA untuk merkuri (misalnya 0,0003 mg/kg/hari untuk metilmerkuri)

Nilai **HQ > 1** menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan non-karsinogenik yang signifikan bagi individu yang terpapar.

Hasil dari HRA akan digunakan untuk mengevaluasi tingkat keamanan konsumsi biota perairan oleh masyarakat setempat, dan menjadi dasar bagi upaya mitigasi dan rekomendasi kebijakan pengelolaan lingkungan.

Ethical Approval

Etika penelitian merupakan hal yang sangat penting dalam pelaksanaan sebuah penelitian mengingatkan penelitian. Penelitian ini pun telah memiliki rekomendasi dari Komite Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Pengurus Daerah Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia (IAKMI) Provinsi Sulawesi Tenggara dengan Nomor Surat No.01/KEPK-IAKMI/II/2025, maka segi etika penelitian harus diperhatikan karena manusia mempunyai hak asasi dalam kegiatan penelitian

HASIL PENELITIAN

1. Parameter Kualitas Air

Tabel 1. Kualitas Fisik Air

Titik sampel	Do + SD	TDS +SD	Konduktivitas + SD	Salinitas + SD	Turbiditas + SD
Stasiun 1	6,09± 0,12	78,27±22,42	157,95±44,94	0.0833±0,0209	24,885±5,79
Stasiun 2	4,63±1,50	172,33±1,53	346±4,36	0,18±0,01	22,38±4,91
Stasiun 3	4,97±1,96	88,67±39,45	177,23±75,31	0,0933±0,0351	38,82±26,74
Stasiun 4	5,23±1,19	56,6±91,05	112,92±180,36	3,9967±2,19	16,5±4,75
Stasiun 5	4,69±3,24	6,97±2,16	13,97±4,38	8,3567±2,83	10,81±4,22

Sumber: Data Primer, 2024

Hasil pengukuran parameter fisik air di lima stasiun menunjukkan variasi kualitas yang signifikan. Dissolved Oxygen (DO) tertinggi tercatat di Stasiun 1 (6,09±0,12 mg/L), mencerminkan kondisi yang mendukung kehidupan biota, sedangkan Stasiun 2 hingga Stasiun 5 memiliki DO lebih rendah, dengan beberapa di antaranya mendekati batas minimal untuk kelangsungan hidup organisme perairan. Total Dissolved Solids (TDS) dan konduktivitas tertinggi ditemukan di Stasiun 2 (masing-masing 172,33±1,53 mg/L dan 346±4,36 µS/cm), mengindikasikan konsentrasi ion terlarut yang tinggi, sementara Stasiun 5 memiliki nilai terendah, yang menunjukkan minimnya pengaruh aktivitas manusia atau sumber alami. Salinitas tertinggi tercatat di Stasiun 5 (8,3567±2,83 ppt), kemungkinan disebabkan oleh intrusi air laut, sementara Stasiun 1 hingga Stasiun 3 memiliki salinitas rendah khas perairan tawar. Turbiditas tertinggi ditemukan di Stasiun 3 (38,82±26,74 NTU), menunjukkan tingkat kekeruhan yang signifikan, yang mungkin dipengaruhi oleh aktivitas hulu atau erosi, sedangkan turbiditas terendah tercatat di Stasiun 5 (10,81±4,22 NTU).

2. Analisis risiko kesehatan lingkungan pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

Karakteristik Responden

Tabel 2. Karakteristik Responden

Karakteristik	Jumlah (n)	Presentase (%)
Umur		
20 – 30 Tahun	27	27,0
31 - 40 Tahun	39	39,0
41 - 50 Tahun	27	27,0
51 - 60 Tahun	7	7,0
Lama Tinggal		
1 – 10 Tahun	10	10,0
11 – 20 Tahun	33	33,0
21 – 30 Tahun	28	28,0
31 – 40 Tahun	25	25,0
41 – 50 Tahun	4	4,0
Jenis Kelamin		
Laki – laki	27	27,0
Perempuan	73	73,0

Sumber: Data Primer, 2024

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa Sebagian besar responden berada dalam rentang usia 31–40 tahun (39,0%), diikuti oleh kelompok usia 20–30 tahun dan 41–50 tahun, masing-masing sebesar 27,0%. Kelompok usia 51–60 tahun memiliki jumlah responden terkecil, yaitu 7,0%. Berdasarkan lama tinggal, mayoritas responden telah tinggal di lokasi penelitian selama 11–20 tahun (33,0%), diikuti oleh responden yang tinggal selama 21–30 tahun (28,0%) dan 31–40 tahun (25,0%). Responden yang tinggal selama 1–10 tahun dan 41–50 tahun memiliki persentase lebih rendah, masing-masing sebesar 10,0% dan 4,0%. Dari segi jenis kelamin, mayoritas responden adalah perempuan (73,0%), sementara laki-laki hanya mencakup 27,0%.

3. Konsentrasi Merkuri Dalam Ikan (C)

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Kandungan Logam Merkuri pada Ikan dari perairan Morosi tahun 2024

Titik Pengambilan 1	Kadar Merkuri (Hg) (Mg/Kg)	Ket
Stasiun 1	0,0021	Memenuhi syarat
Stasiun 2	0,000971	Memenuhi syarat

Sumber: Data Primer, 2024

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan 2 stasiun pengambilan sampel ikan dari perairan Morosi. Stasiun yang memiliki kadar merkuri tertinggi dalam ikan yaitu pada stasiun 1 sebesar 0,0021 mg/kg, sedangkan kadar merkuri terendah terdapat pada stasiun 2 sebesar 0,000971 mg/kg.

Tabel 4. Distribusi Laju Asupan (R), Frekuensi Paparan (Fe), Durasi Paparan (Dt), Frekuensi Berat Badan pada Masyarakat Di Perairan Morosi

	Mean	Median	Min	Max
Laju asupan (R) (gram/hari)	73,50	100,00	50	150
Frekuensi paparan (f _E) (hari/tahun)	52,52	52,00	52	104
Durasi Paparan (Dt) (Tahun)	17,05	15,00	10	30
Berat Badan (kg)	63,82	65,00	50	85

Sumber: Data Primer, 2024

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai rata-rata laju asupan kerang oleh masyarakat di sekitar perairan Morosi adalah sebesar 73,50 gram per hari, dengan nilai median tercatat sebesar 100 gram per hari. Laju asupan minimum adalah 50 gram per hari, sedangkan laju asupan maksimum mencapai 150 gram per hari. Variasi ini mencerminkan adanya perbedaan pola konsumsi antarindividu, yang kemungkinan dipengaruhi oleh faktor sosial-ekonomi, preferensi makanan, serta ketersediaan kerang di wilayah tersebut. Median yang lebih tinggi dari rata-rata menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat mengonsumsi kerang dalam jumlah lebih besar dari rata-rata, dengan beberapa individu memiliki tingkat konsumsi yang jauh lebih rendah.

Frekuensi pajanan masyarakat terhadap konsumsi kerang di wilayah perairan Morosi rata-rata adalah sebesar 52,52 hari per tahun, dengan nilai median sebesar 52 hari per tahun. Frekuensi pajanan minimum tercatat sebesar 52 hari per tahun, sedangkan frekuensi maksimum mencapai 104 hari per tahun. Rentang ini menunjukkan adanya kelompok masyarakat yang mengonsumsi kerang secara lebih intens dibandingkan lainnya. Faktor seperti kebiasaan konsumsi, aksesibilitas terhadap sumber daya perairan, serta latar belakang sosial dan budaya kemungkinan menjadi penyebab utama perbedaan ini.

Durasi pajanan masyarakat terhadap konsumsi kerang di wilayah perairan Morosi memiliki rata-rata 17,05 tahun, dengan nilai median selama 15 tahun. Durasi pajanan minimum adalah 10 tahun, sedangkan durasi maksimum mencapai 30 tahun. Rentang durasi ini mencerminkan tingkat paparan jangka panjang yang signifikan terhadap kontaminan logam berat, khususnya merkuri, yang berpotensi menyebabkan dampak kesehatan kronis bagi masyarakat yang secara rutin mengonsumsi hasil perairan tersebut.

Berat badan masyarakat, yang digunakan untuk menghitung dosis paparan, memiliki rata-rata sebesar 63,82 kg, dengan nilai median sebesar 65 kg. Berat badan minimum adalah 50 kg, sedangkan berat badan maksimum mencapai 85 kg. Variasi berat badan ini menunjukkan perbedaan dalam sensitivitas individu terhadap paparan logam berat, di mana individu dengan berat badan lebih rendah berisiko lebih tinggi terhadap efek toksik.

4. Analisis Risiko

Analisis Pajanan

Tabel 5. Nilai Untuk Menghitung Intake Populasi Masyarakat Di Perairan Morosi Tahun 2024

	Konsumsi kerang pada masyarakat di Perairan Morosi
C (mg/gr)	0,0015
R (gr/hari)	100,00
fE (hari/tahun)	52,00
Dt (tahun)	15,00
Wb (kg)	65,00
Tavg (hari)	10950

Sumber: Data Primer, 2024

Tabel 5 menunjukkan parameter utama yang digunakan untuk menghitung estimasi asupan harian (intake) logam berat merkuri (Hg) melalui konsumsi ikan oleh masyarakat di Perairan Morosi pada tahun 2024. Konsentrasi merkuri dalam ikan (C) adalah **0,0015 mg/gram**, dengan laju konsumsi ikan (R) rata-rata sebesar **100 gram per hari**. Frekuensi pajanan masyarakat tercatat sebanyak **52 hari per tahun**, dengan durasi pajanan selama **15 tahun**. Berat badan rata-rata responden (Wb) adalah **65 kg**, yang digunakan sebagai dasar untuk menyesuaikan dosis asupan terhadap kapasitas tubuh. Sementara itu, waktu rata-rata pajanan (Tavg) adalah **10.950 hari**, setara dengan 30 tahun, untuk mencerminkan risiko kumulatif jangka panjang. Berdasarkan perhitungan, nilai intake merkuri masyarakat mencapai **0,000164 mg/kg/hari**, yang tergolong rendah. Meskipun demikian, paparan jangka panjang melalui konsumsi ikan secara rutin tetap memiliki potensi akumulasi merkuri dalam tubuh, yang dapat berdampak pada kesehatan masyarakat dalam jangka waktu yang lama.

5. Analisis Dosis Respon

Nilai dosis respon yang dipakai pada penelitian ini berasal dari EPA, 1998 dalam Nurlate, 2014. Dosis referensi untuk efek - efek non karsinogenik dinyatakan sebagai Reference Dose (RfD). Dosis referensi untuk efek-efek non karsinogenik dinyatakan sebagai Reference Dose (RfD) Efek kesehatan dari logam merkuri lewat pencernaan adalah kategori non-kanker, berdasarkan IRIS, RfD merkuri pada makanan sebesar 0,0001 mg/kg/hari.

6. Karakteristik risiko

Tingkat risiko (RQ) untuk populasi

Tingkat risiko (Risk Quotient, RQ) dihitung dengan membagi nilai asupan harian (intake) logam berat dengan nilai Reference Dose (RfD). Perhitungan ini dilakukan berdasarkan durasi paparan saat ini (realtime), serta proyeksi durasi paparan selama 10, 20, dan 30 tahun ke depan. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat risiko (RQ) populasi masyarakat di Kecamatan Morosi yang saat ini mengonsumsi ikan dari perairan setempat mencapai RQ = 1,643. Nilai ini jauh melebihi ambang batas aman ($RQ \leq 1$), yang menunjukkan bahwa konsumsi ikan dari perairan Morosi pada saat ini berpotensi menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa masyarakat yang mengonsumsi ikan dari wilayah tersebut berada dalam kondisi yang tidak aman terhadap paparan logam berat, khususnya merkuri (Hg).

Tabel 6. Estimasi Tingkat Risiko Populasi Masyarakat di Perairan Morosi terhadap Konsumsi Ikan

	Intake(mg/kg/hari)	Tingkat risiko(RQ)
<i>Realtime</i>	0,00016438356	1,643
10 tahun	0,00021917808	2,191
20 tahun	0,00032876712	3,287
30 tahun	0,00043835616	4,383

Sumber: Data Primer, 2024

Tabel 6 menyajikan estimasi tingkat risiko (Risk Quotient/RQ) populasi masyarakat di Perairan Morosi terhadap konsumsi ikan berdasarkan durasi paparan yang berbeda. Pada kondisi **realtime**, intake merkuri dihitung sebesar **0,000164 mg/kg/hari**, dengan tingkat risiko (RQ) sebesar **1,643**, yang sudah melebihi ambang batas aman ($RQ > 1$), mengindikasikan adanya potensi risiko kesehatan. Pada durasi paparan **10 tahun**, intake meningkat menjadi **0,000219 mg/kg/hari**, dan RQ naik menjadi **2,191**, memperlihatkan risiko yang lebih besar. Pada paparan **20 tahun**, intake mencapai **0,000329 mg/kg/hari**, dengan RQ sebesar **3,287**, sedangkan pada durasi **30 tahun**, intake tercatat sebesar **0,000438 mg/kg/hari**, dengan RQ mencapai **4,383**, menunjukkan risiko yang semakin signifikan terhadap kesehatan masyarakat. Hasil ini menunjukkan bahwa konsumsi ikan secara rutin dalam jangka waktu panjang di wilayah ini memiliki potensi paparan merkuri yang berbahaya, sehingga diperlukan pengawasan kandungan merkuri dalam ikan, pembatasan konsumsi, serta edukasi kepada masyarakat untuk meminimalkan risiko kesehatan jangka panjang.

7. Manajemen Risiko

Berdasarkan hasil analisis manajemen risiko, diperoleh bahwa konsentrasi merkuri yang aman untuk dikonsumsi masyarakat adalah sebesar **0,0009 mg/kg**. Nilai ini merupakan hasil perhitungan estimatif yang bertujuan untuk meminimalkan risiko kesehatan akibat paparan logam berat merkuri melalui konsumsi ikan. Sebagai perbandingan, konsentrasi merkuri aktual yang terdeteksi di lapangan sebelum penerapan strategi manajemen risiko adalah sebesar **0,0015 mg/kg**, yang secara signifikan melebihi batas aman yang direkomendasikan. Oleh karena itu, diperlukan langkah mitigasi untuk menurunkan konsentrasi cemaran di lingkungan perairan dan/atau membatasi konsumsi ikan sebagai upaya untuk mengurangi potensi dampak kesehatan jangka panjang bagi masyarakat di wilayah tersebut

PEMBAHASAN

1. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*)

Do (*Dissolved Oxygen*) adalah oksigen terlarut yang menjadi indikator utama kualitas perairan. Kadar oksigen terlarut memiliki keterkaitan dengan beban pencemaran bahan organik pada perairan. Oksigen terlarut dapat dijadikan sebagai faktor pembatas bagi lingkungan perairan dan dijadikan sebagai petunjuk tentang adanya pencemaran bahan organik⁵. Berdasarkan nilai pengukuran konsentrasi kadar oksigen terlarut tertinggi terjadi pada stasiun 1 dan kadar oksigen terlarut terkecil pada stasiun 2. Pada semua stasiun dikatakan baik karena memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 sebesar 3 mg/l⁶. Kadar oksigen terlarut mengalami perubahan tergantung pada aspek pencampuran dan pergerakan air, fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk ke dalam badan air. Kadar oksigen terlarut yang besar pada air menunjukkan bahwa air mempunyai kualitas yang baik, sedangkan kadar oksigen terlarut yang rendah akan menyebabkan penurunan produktivitas organisme didalamnya⁷. Pengukuran kadar oksigen terlarut dilakukan dengan tujuan meninjau perairan tersebut dapat menampung biota air, seperti ikan dan mikroorganisme serta mengetahui kemampuan air untuk membersihkan pencemaran dengan menggunakan mikroorganisme pengurai yang memanfaatkan kandungan oksigen dalam proses penguraian bahan organik⁸.

2. Total Dissolved Solids (TDS)

Parameter TDS atau total zat padat terlarut dalam air juga digunakan untuk menilai kualitas perairan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai TDS tertinggi terdapat pada Stasiun 2 sebesar, sedangkan nilai terendah tercatat pada Stasiun 5. Seluruh nilai TDS pada kelima stasiun pengamatan masih berada jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yaitu 1.000 mg/L. Nilai TDS yang relatif tinggi pada Stasiun 2 diduga berasal dari kontribusi limbah domestik dan industri, terutama karena stasiun ini berdekatan dengan area pemukiman padat. Pembuangan limbah tanpa pengolahan yang memadai ke perairan dapat menyebabkan peningkatan zat padat terlarut dan berkontribusi terhadap penurunan kualitas air. Penelitian oleh⁹ menyoroti bahwa aktivitas antropogenik, seperti urbanisasi dan industrialisasi, berkontribusi signifikan terhadap peningkatan TDS di badan air. Selain itu, penelitian oleh¹⁰ menunjukkan bahwa peningkatan salinitas akibat TDS dapat menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati dan perubahan struktur komunitas organisme akuatik.

3. Konduktivitas

Konduktivitas listrik mencerminkan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik, yang bergantung pada jumlah ion terlarut di dalamnya, seperti garam-garam mineral. Dalam studi ini, nilai konduktivitas tertinggi terpantau pada Stasiun 2, sementara nilai terendah tercatat pada Stasiun 5. Nilai konduktivitas yang tinggi dapat mengindikasikan tingginya konsentrasi senyawa ionik akibat masuknya bahan organik dan anorganik dari limbah ke badan air. Konduktivitas listrik mencerminkan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik, yang bergantung pada konsentrasi ion-ion terlarut seperti garam-garam mineral. Nilai konduktivitas yang tinggi dapat mengindikasikan tingginya konsentrasi senyawa ionik akibat masuknya bahan organik dan anorganik dari limbah ke badan air. Selain itu, konduktivitas sering digunakan sebagai salah satu indikator kesuburan perairan, di mana tingginya nilai konduktivitas menunjukkan potensi eutrofikasi yang lebih besar¹¹.

4. Salinitas

Salinitas merupakan parameter penting yang mencerminkan konsentrasi garam terlarut dalam air dan berperan dalam karakterisasi ekosistem perairan, terutama di wilayah pesisir. Dalam penelitian ini, kisaran salinitas yang terukur berada antara 0,08 hingga 8,35 ppt. Nilai tertinggi tercatat di Stasiun 5, yang secara geografis dekat dengan muara laut, sehingga dipengaruhi oleh intrusi air laut. Sebaliknya, nilai salinitas terendah ditemukan di Stasiun 1, kemungkinan besar akibat tingginya curah hujan dan dominasi aliran air tawar dari daratan. Variasi salinitas ini menggambarkan interaksi antara air laut dan air tawar di perairan Morosi serta potensi dampaknya terhadap distribusi dan kelimpahan biota akuatik. Studi oleh¹² menekankan bahwa perubahan iklim dan aktivitas manusia dapat mempengaruhi

salinitas air tanah di daerah pesisir, yang pada gilirannya memengaruhi ekosistem perairan. Selain itu, penelitian oleh¹³ menunjukkan bahwa perubahan salinitas yang signifikan dapat memengaruhi biodiversitas organisme akuatik, terutama spesies yang sensitif terhadap perubahan osmoregulasi. Hal ini menggarisbawahi pentingnya pemantauan salinitas sebagai indikator utama dalam pengelolaan sumber daya perairan pesisir.

5. Keekeruhan

Nilai keekeruhan tertinggi tercatat pada Stasiun 3, sedangkan nilai terendah terdapat pada Stasiun 5. Keekeruhan merupakan salah satu parameter fisik air yang penting dalam penilaian kualitas perairan karena berpengaruh langsung terhadap penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom air. Tingkat keekeruhan yang tinggi dapat menghambat proses fotosintesis organisme autotrofik seperti fitoplankton, sehingga menurunkan produktivitas perairan dan mengganggu ekosistem akuatik, termasuk kehidupan ikan. Hal ini sejalan dengan temuan¹⁴ yang menyebutkan bahwa keekeruhan air memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem akuatik, terutama dalam hal produktivitas primer.

Secara umum, keekeruhan disebabkan oleh tingginya konsentrasi partikel tersuspensi dalam air, baik yang berasal dari material organik maupun anorganik. Partikel tersebut dapat berupa tanah liat, lumpur, detritus, dan sisa bahan organik yang terbawa aliran air, terutama saat terjadi hujan lebat. Aktivitas seperti erosi permukaan tanah, pembusukan vegetasi, serta penggundulan lahan dapat meningkatkan laju masuknya partikel tersuspensi ke dalam badan air, sehingga menyebabkan air menjadi keruh. Selain itu, kegiatan antropogenik seperti pengerukan tanah di sekitar perairan juga berkontribusi terhadap peningkatan tingkat keekeruhan¹⁵.

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pada Paparan Merkuri (Hg) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

6. Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Ikan

Konsentrasi merkuri (Hg) pada ikan merujuk pada kadar logam berat merkuri yang terakumulasi dalam jaringan ikan nila (*Oreochromis niloticus*), yang dianalisis menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Kandungan merkuri dalam ikan yang dikonsumsi oleh manusia berpotensi masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan dan dapat menimbulkan dampak kesehatan yang bersifat kronis serta akumulatif. Oleh karena itu, pengukuran kadar merkuri pada ikan konsumsi, khususnya yang dikonsumsi oleh masyarakat di Kecamatan Morosi, penting dilakukan untuk mengevaluasi tingkat risiko terhadap kesehatan masyarakat.

Kadar merkuri yang lebih tinggi di Stasiun 1 diduga berkaitan dengan lokasinya yang berdekatan dengan kawasan industri dan pemukiman padat penduduk. Jika dibandingkan dengan ambang batas konsentrasi merkuri yang diperbolehkan menurut Standar Nasional Indonesia yang berlaku¹⁶, maka nilai pada Stasiun 2 belum melampaui batas yang ditetapkan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya¹⁷ yang menunjukkan bahwa kadar merkuri pada ikan cenderung melebihi ambang batas ketika lokasi pengambilan sampel berada di dekat kawasan industri.

Merkuri di ekosistem perairan Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara terutama di sekitar area pertambangan dan pengolahan nikel—diperkirakan berasal dari berbagai aktivitas antropogenik, seperti proses ekstraksi dan peleburan bijih nikel, pembakaran bahan bakar fosil, serta pembuangan limbah industri. Aktivitas-aktivitas tersebut melepaskan merkuri ke atmosfer yang kemudian mengalami deposisi melalui presipitasi hujan atau aliran permukaan ke badan air. Selain itu, perubahan penggunaan lahan seperti deforestasi juga berkontribusi terhadap meningkatnya limpasan yang mengandung merkuri ke lingkungan akuatik. Di dalam perairan, merkuri anorganik dapat mengalami transformasi biologis menjadi metilmerkuri oleh mikroorganisme, yang kemudian terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi. Proses ini menyebabkan organisme akuatik pada tingkat trofik yang lebih tinggi, termasuk ikan predator, memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi¹⁸.

Akumulasi merkuri dalam tubuh ikan tidak hanya membahayakan keseimbangan ekosistem perairan, tetapi juga menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi masyarakat yang mengonsumsi ikan tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk

mengidentifikasi sumber utama kontaminasi merkuri, serta memahami pola distribusi dan akumulasinya di lingkungan perairan Kabupaten Konawe. Pencemaran logam berat di lingkungan perairan merupakan ancaman serius terhadap kesehatan manusia, terutama melalui jalur paparan oral. Polutan yang berasal dari limbah industri maupun domestik dapat masuk ke ekosistem perairan, baik di wilayah pantai maupun laut lepas. Sebagian dari logam berat ini terlarut dalam air, sementara sebagian lainnya terakumulasi dalam jaringan organisme akuatik. Proses ini memungkinkan polutan masuk ke dalam rantai makanan, dimulai dari fitoplankton, kemudian berpindah ke zooplankton, ikan, dan akhirnya dikonsumsi oleh manusia¹⁹

Penelitian terbaru oleh²⁰ menganalisis kandungan merkuri (Hg) pada beberapa jenis ikan hasil tangkapan nelayan di Desa Kaki Air, Teluk Kayeli, Pulau Buru. Studi ini menemukan bahwa kadar merkuri pada ikan layur (*Trichiurus lepturus*), ikan kerong-kerong (*Terapon jarbua*), dan ikan kuwe (*Trachinotus carolinus*) masing-masing sebesar 0,05139 mg/kg, 0,02209 mg/kg, dan 0,04607 mg/kg. Meskipun nilai-nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh standar baku mutu, keberadaan merkuri di lingkungan perairan tetap perlu mendapatkan perhatian serius karena sifatnya yang dapat terakumulasi dalam tubuh manusia melalui konsumsi ikan secara berkelanjutan. Setelah masuk ke dalam ekosistem perairan, merkuri akan mengalami proses bioakumulasi pada berbagai organisme air. Proses ini terjadi secara bertingkat melalui rantai trofik, dimulai dari fitoplankton, kemudian ke zooplankton, selanjutnya ke ikan karnivora, dan akhirnya ke manusia sebagai konsumen akhir. Mekanisme ini menjadikan manusia rentan terhadap paparan merkuri dalam jumlah yang signifikan, terutama jika konsumsi ikan dari perairan yang tercemar berlangsung dalam jangka panjang.

Salah satu kasus pencemaran merkuri paling terkenal yang menggambarkan dampak serius bioakumulasi adalah tragedi Minamata di Jepang. Kasus tersebut mengakibatkan lebih dari 1.784 kematian dan puluhan ribu orang lainnya mengalami gangguan neurologis akibat konsumsi ikan yang tercemar merkuri. Kasus ini menjadi contoh nyata dari bahaya akumulasi logam berat di lingkungan perairan terhadap kesehatan masyarakat secara luas.

7. Laju asupan atau jumlah berat ikan yang dikonsumsi per hari (R)

Berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat di Kecamatan Morosi, diketahui bahwa sebagian besar penduduk mengonsumsi ikan yang berasal dari perairan Morosi. Selain itu, masyarakat juga membeli ikan dari tambak-tambak terdekat yang memanfaatkan aliran air dari perairan Morosi. Mengingat bahwa perairan Morosi telah teridentifikasi tercemar oleh logam berat, termasuk merkuri, maka terdapat kemungkinan bahwa ikan yang dibudidayakan di tambak tersebut juga mengalami kontaminasi.

Laju asupan konsumsi ikan oleh masyarakat Morosi diketahui sebesar rata-rata 100,00 gram per hari, dengan kisaran minimum 50 gram per hari dan maksimum 150 gram per hari. Nilai ini memberikan indikasi awal terhadap potensi risiko kesehatan akibat konsumsi ikan yang terpapar logam berat.

Hasil temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa laju asupan ikan memiliki hubungan yang signifikan dengan tingkat risiko kesehatan masyarakat, terutama di wilayah yang terpapar pencemaran logam berat²¹. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa individu yang mengonsumsi ikan dengan laju asupan tinggi memiliki risiko lebih besar untuk mengalami gangguan kesehatan dibandingkan dengan mereka yang mengonsumsi dalam jumlah lebih sedikit.

Selain itu, penelitian lain juga memperkuat temuan ini dengan menyatakan bahwa konsumsi ikan hasil tangkapan sendiri memberikan kontribusi besar terhadap tingginya paparan logam berat pada masyarakat pesisir²². Konsumsi ikan secara berlebihan tanpa adanya pengendalian risiko dapat meningkatkan potensi akumulasi logam berat dalam tubuh, yang pada akhirnya berkontribusi pada risiko kesehatan kronis.

Semakin tinggi jumlah konsumsi ikan (dalam gram per hari), semakin besar pula nilai laju asupan yang diperoleh, yang berimplikasi terhadap peningkatan risiko kesehatan. Laju asupan ikan berperan penting dalam menentukan tingkat risiko paparan logam berat, seperti merkuri. Meskipun konsentrasi merkuri pada beberapa spesies ikan masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan, konsumsi secara terus-menerus dalam jangka panjang tetap

dapat menyebabkan akumulasi merkuri dalam tubuh, yang pada akhirnya meningkatkan risiko terhadap gangguan kesehatan kronis²³

8. Frekuensi pajanan atau jumlah hari konsumsi ikan dalam satu tahun (f_E)

Frekuensi pajanan merujuk pada seberapa sering subjek penelitian mengonsumsi ikan per hari dalam kurun waktu satu tahun. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa rata-rata masyarakat yang tinggal di wilayah perairan Morosi memiliki tingkat paparan merkuri melalui konsumsi ikan yang tergolong tinggi. Dari hasil wawancara dengan subjek penelitian, diperoleh informasi bahwa rata-rata frekuensi pajanan (f_E) konsumsi ikan pada masyarakat Morosi adalah sebesar 52 hari per tahun.

Semakin tinggi frekuensi konsumsi ikan nila, maka semakin besar pula potensi risiko kesehatan non-karsinogenik yang disebabkan oleh paparan merkuri (Hg). Dalam penelitian ini, diketahui bahwa nilai frekuensi konsumsi ikan nila yang paling rendah pada masyarakat Morosi adalah 52 hari per tahun, sementara nilai tertinggi mencapai 104 hari per tahun. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya²⁴, yang menunjukkan bahwa frekuensi konsumsi ikan nila pada masyarakat Desa Jembatan, Kecamatan Loa Kulu, bervariasi antara 12 hari hingga 350 hari per tahun. Frekuensi pajanan berperan penting dalam menentukan besarnya asupan merkuri ke dalam tubuh. Individu yang secara rutin mengonsumsi ikan yang berasal dari perairan Morosi memiliki risiko lebih besar terhadap akumulasi merkuri dalam tubuh dibandingkan dengan individu yang tidak atau jarang mengonsumsi ikan dari wilayah tersebut. Hal ini disebabkan oleh besarnya jumlah merkuri yang masuk ke dalam tubuh seiring dengan meningkatnya frekuensi konsumsi.

9. Durasi Pajanan Atau Lama Mengonsumsi ikan (Tahun) (Dt)

Durasi pajanan merujuk pada lamanya waktu seseorang mengonsumsi ikan dan kerang yang mengandung merkuri, yang dinyatakan dalam satuan tahun²⁵. (16) Berdasarkan hasil wawancara dengan subjek penelitian, diketahui bahwa rata-rata masyarakat yang tinggal di sekitar perairan Morosi telah terpapar merkuri melalui konsumsi ikan selama 17 tahun.

Nilai rata-rata durasi pajanan masyarakat di wilayah tersebut masih berada di bawah nilai default yang ditetapkan oleh *United States Environmental Protection Agency (US-EPA)* untuk risiko non-karsinogenik, yaitu selama 30 tahun²⁶. Namun, paparan merkuri dalam konsentrasi rendah tetapi berlangsung dalam jangka panjang tetap berpotensi menimbulkan dampak kesehatan, seperti keracunan kronis. Sebaliknya, paparan merkuri dalam konsentrasi tinggi dalam waktu singkat dapat menyebabkan keracunan akut²⁷.

Menurut World Health Organization (WHO), paparan merkuri meskipun dalam jumlah kecil dapat menimbulkan dampak kesehatan serius. Efek langsung dari paparan merkuri mencakup kerusakan pada sistem saraf, ginjal, dan sistem kardiovaskular, di mana tingkat keparahan tergantung pada jumlah merkuri yang terpapar, bentuk kimianya, serta lama durasi pajanan. Rute utama paparan merkuri dapat terjadi melalui kontak langsung, udara yang terkontaminasi, air, maupun melalui makanan yang tercemar²⁸.

10. Berat badan (Wb)

Pengumpulan data berat badan responden dalam penelitian ini dilakukan secara langsung melalui proses penimbangan. Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa rata-rata berat badan responden adalah 65 kg, dengan rentang berat badan minimum sebesar 50 kg dan maksimum sebesar 85 kg. Informasi mengenai berat badan sangat penting dalam konteks penelitian kesehatan karena dapat digunakan untuk memperkirakan status kesehatan atau status gizi individu pada saat pengukuran. Jika pengukuran berat badan dilakukan secara berkala, misalnya setiap bulan, maka dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kondisi pertumbuhan dan perubahan status gizi. Status gizi yang buruk, yang tercermin dari berat badan yang tidak sesuai dengan standar, dapat berdampak negatif terhadap daya tahan tubuh individu, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap berbagai gangguan kesehatan.

Secara teoritis, individu dengan berat badan yang lebih besar cenderung memiliki risiko paparan terhadap penyakit yang lebih rendah, karena umumnya massa tubuh yang lebih besar dapat mendistribusikan zat toksik secara lebih luas dalam jaringan tubuh. Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa kelebihan berat badan atau obesitas justru meningkatkan risiko berbagai penyakit. Studi oleh²⁹ menemukan bahwa individu yang didiagnosis obesitas memiliki risiko 1,68 kali lebih tinggi untuk mengalami stroke dibandingkan dengan mereka

yang tidak obesitas. Selain itu, penelitian oleh³⁰ menunjukkan adanya hubungan antara indeks massa tubuh (IMT) yang tinggi dengan peningkatan risiko diabetes mellitus tipe 2 pada lansia. Temuan ini menyoroti pentingnya menjaga berat badan dalam rentang normal untuk mengurangi risiko penyakit kronis yang berhubungan dengan obesitas.

Risiko kesehatan non-karsinogenik dapat ditentukan apabila responden memiliki nilai *intake* (dosis paparan harian) yang terukur secara jelas serta memiliki nilai *Risk Quotient* (RQ) yang dapat dihitung. Jika nilai $RQ > 1$, maka terdapat potensi risiko terhadap kesehatan non-karsinogenik. Sebaliknya, jika nilai $RQ < 1$, maka kemungkinan terjadinya risiko terhadap kesehatan tergolong rendah.

Analisis Risiko

11. Analisis Paparan

Berdasarkan hasil penelitian, nilai *intake* merkuri dari konsumsi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) oleh masyarakat di wilayah Morosi mencapai sebesar 0,168 mg/kg/hari. Besarnya nilai *intake* ini dipengaruhi oleh beberapa variabel utama, yaitu konsentrasi merkuri dalam jaringan ikan (C), laju asupan harian ikan (R), frekuensi paparan tahunan (fE), durasi paparan dalam tahun (Dt), serta berat badan individu (Wb). Kombinasi dari variabel-variabel tersebut menentukan jumlah merkuri yang berpotensi masuk ke dalam tubuh dan berkontribusi terhadap risiko kesehatan non-karsinogenik.

12. Karakteristik Risiko

Karakterisasi risiko merupakan suatu tahapan dalam penilaian risiko kesehatan yang bertujuan untuk menentukan apakah populasi yang terpapar memiliki potensi risiko terhadap agen berbahaya yang masuk ke dalam tubuh, yang diekspresikan dalam bentuk *Risk Quotient* (RQ). Perhitungan nilai RQ dilakukan dengan membandingkan antara nilai *intake* (dosis paparan harian) yang diperoleh dari analisis paparan dengan nilai ambang batas dari dosis respons yang telah ditentukan. Nilai RQ digunakan untuk mengevaluasi potensi risiko terhadap efek kesehatan non-karsinogenik. Apabila nilai $RQ \leq 1$, maka paparan tersebut dianggap masih berada dalam ambang aman. Sebaliknya, nilai $RQ > 1$ menunjukkan bahwa terdapat potensi risiko kesehatan yang signifikan²⁵.

Dalam penelitian ini, karakterisasi risiko dibedakan menjadi dua jenis, yaitu RQ *realtime* dan RQ *lifetime*. Hasil perhitungan RQ *realtime* menunjukkan nilai sebesar 1,682, yang berarti bahwa konsumsi ikan nila oleh masyarakat saat ini berada pada tingkat yang tidak aman dan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan non-karsinogenik. Sementara itu, nilai RQ *lifetime* berada pada kisaran 1,121 hingga 2,395. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan RQ *realtime* karena mempertimbangkan durasi paparan yang lebih lama, yaitu hingga 30 tahun. Dengan nilai RQ *lifetime* yang melebihi 1, dapat disimpulkan bahwa konsumsi ikan nila dalam jangka panjang dapat menyebabkan risiko non-karsinogenik bagi masyarakat di sekitar perairan Morosi.

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh¹⁷, yang melaporkan bahwa nilai RQ *realtime* di Kecamatan Kao sebesar 3,45 dan di Kecamatan Malifut sebesar 1,90. Kedua nilai tersebut mengindikasikan bahwa konsumsi ikan di wilayah tersebut tidak lagi aman dari segi kesehatan. Selain itu, hasil perhitungan RQ *lifetime* dari penelitian Lain juga menunjukkan nilai sebesar 2,346 ($RQ > 1$), yang menegaskan adanya potensi risiko non-karsinogenik apabila paparan berlangsung selama 30 tahun.

Salah satu kasus dampak nyata paparan merkuri terhadap kesehatan manusia yang paling dikenal adalah Kasus Minamata di Jepang. Paparan merkuri yang terjadi melalui konsumsi ikan menyebabkan gangguan sistem saraf pusat, gangguan motorik, gangguan mental, dan gejala seperti sakit kepala. Kasus serupa juga pernah terjadi di Indonesia, tepatnya di Perairan Teluk Buyat, di mana masyarakat yang mengonsumsi ikan dari wilayah tersebut mengalami berbagai gangguan kesehatan, terutama penyakit kulit³¹.

Paparan merkuri dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, terutama pada sistem saraf. Gejala umum yang sering muncul antara lain tremor (gemetar), insomnia (sulit tidur), gangguan memori, sakit kepala, gangguan neuromuskular, serta disfungsi kognitif dan motorik³². Selain itu, keracunan merkuri juga dapat menyebabkan hipertensi, peningkatan denyut jantung, gagal ginjal akut, dan gejala neurologis lainnya, termasuk depresi dan perubahan perilaku³³.

13. Manajemen Risiko

Masyarakat yang bermukim di sekitar wilayah perairan Morosi saat ini berada dalam kondisi berisiko akibat konsumsi ikan yang berasal dari perairan tersebut. Konsentrasi merkuri yang terdeteksi telah melebihi ambang batas aman, sehingga berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah manajemen risiko yang terencana dan komprehensif guna mencegah serta mengendalikan dampak negatif yang mungkin timbul. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Risk Quotient* (RQ) menunjukkan angka > 1, yang mengindikasikan bahwa paparan merkuri dari konsumsi ikan di wilayah tersebut sudah melebihi tingkat aman dan berpotensi menimbulkan efek non-karsinogenik. Dengan demikian, upaya pengendalian risiko menjadi sangat penting. Dari perhitungan tersebut diperoleh bahwa konsentrasi merkuri yang dianggap aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat Morosi, Kabupaten Konawe, adalah sebesar 0,9 µg/gr, yang masih berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387 Tahun 2009, yaitu sebesar 1,0 mg/kg. Adapun laju konsumsi ikan yang masih tergolong aman diperkirakan sebesar 0,0059 mg/gr.

Sebagai bagian dari strategi manajemen risiko, diperlukan tindakan pengendalian dan pemantauan lingkungan secara berkala, khususnya terhadap kandungan logam berat di perairan Morosi. Pengurangan konsentrasi merkuri di lingkungan perairan harus menjadi prioritas, guna menjamin keamanan pangan yang bersumber dari wilayah tersebut. Selain itu, disarankan kepada masyarakat untuk membatasi jumlah asupan dan frekuensi konsumsi ikan, terutama yang berasal langsung dari perairan Morosi atau dari tambak di sekitarnya. Hal ini dikarenakan ikan dari wilayah tersebut telah terdeteksi mengandung konsentrasi merkuri yang berisiko terhadap kesehatan, terutama apabila dikonsumsi secara terus-menerus dalam jangka panjang.

SIMPULAN DAN SARAN

Perairan di Kecamatan Morosi menunjukkan variasi kualitas fisik yang dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik, seperti kegiatan industri dan pembuangan limbah domestik. Beberapa stasiun pengamatan mencatat kadar oksigen terlarut (DO) yang mendekati batas minimum, tingkat salinitas yang tinggi akibat intrusi air laut, serta tingkat kekeruhan yang signifikan. Analisis terhadap kandungan merkuri (Hg) pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dikonsumsi dari perairan ini mengindikasikan adanya potensi risiko kesehatan, terutama pada konsumsi jangka panjang. Meskipun sebagian sampel masih berada dalam ambang batas yang ditetapkan, nilai *Risk Quotient* (RQ) yang melebihi 1 untuk durasi paparan hingga 40 tahun menunjukkan adanya risiko non-karsinogenik yang perlu diperhatikan. Oleh karena itu, diperlukan strategi manajemen risiko yang mencakup pengurangan frekuensi konsumsi ikan dari perairan tersebut, pengendalian sumber pencemaran lingkungan, serta peningkatan edukasi dan kesadaran masyarakat mengenai bahaya paparan logam berat terhadap kesehatan. Pendekatan ini diharapkan dapat meminimalkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan menjaga keberlanjutan ekosistem perairan Morosi.

Saran bagi masyarakat yang berada di perairan Morosi sebaiknya mengurangi laju asupan dan frekuensi paparan untuk mengurangi asupan risk agent merkuri ke dalam tubuh seperti mengatur pola konsumsi harian ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pernyataan apresiasi singkat kepada individu, organisasi, atau institusi yang telah berkontribusi dalam mendukung proses penelitian atau publikasi, namun tidak memenuhi syarat sebagai penulis. Ungkapan terima kasih ini dapat mencakup dukungan finansial, bantuan teknis, bantuan dalam pengumpulan data, penyediaan akses ke fasilitas atau peralatan, bimbingan, serta berbagai bentuk dukungan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Azizah M. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) di dalam Tubuh Ikan Wader (*Barbodes binotatus*) dan Air Sungai Cikaniki , Kabupaten Bogor. 2022;28(2):83–93.
2. Akbar I, Okto A. Analisis Pencemaran Logam Berat Nikel (Ni) dan Timbal (Pb). 2021;(22):32–40.
3. Tosepu R, Gunawan J, Effendy DS, Fadmi FR. Stigma and increase of leprosy cases in SouthEast Sulawesi Province, Indonesia. *Afr Health Sci.* 2018;18(1):29–31.
4. Ali, M. I., Abidin, M. R., & Suarlin. Analisis Indeks Pencemaran (IP) Sungai Konaweha Akibat Pengaruh Aktivitas Tambang Nikel di Kabupaten Konawe , Sulawesi Tenggara. *Seminar Nasional LP2M UNM.* 2019; 14(4), 315–319.
5. Sofiana, M., Kadarsah, A., & Sofarini, D. Kualitas Air Terdampak Limbah sebagai Indikator Pembangunan Berkelanjutan di Sub DAS Martapura Kabupaten Banjar. Jukung (*Jurnal Teknik Lingkungan*). 2022; 8(1).
6. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional - PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. In *Sekretariat Negara Republik Indonesia 2021*; (Vol. 1, Issue 078487A, p. 483). <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
7. Safitri, R. N., Ningtyas, S. R. A., Hermawan, W. G., Pramitasari, T. A., & Rachmawati, S. Dampak kualitas air pada kawasan keramba budidaya ikan air tawar di Waduk Cengklik, Boyolali. *Journal of Enviromental Science Sustainable 2021*; 2(2), 84-91.
8. Lusiana, N., Widiatmono, B. R., & Luthfiyana, H. Beban pencemaran BOD dan karakteristik oksigen terlarut di Sungai Brantas Kota Malang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 2022; 18(2), 354-366.
9. Adjovu G, Stephen H, James D, Ahmad S. Measurement of total dissolved solids and total suspended solids in water systems. *Remote Sens.* 2023;15(14):1–43.
10. Cañedo-Argüelles M, Kefford BJ, Piscart C, Prat N, Schäfer RB, Schulz CJ. Salinisation of rivers: An urgent ecological issue. *Environ Pollut [Internet]*. 2013;173:157–67. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.011>
11. Li, C., Xiao, K., Li, N., Song, X., Zhang, S., Wang, K., Chu, W., & Cao, R. A comparative study of support vector machine, random forest and artificial neural network machine learning algorithms in geochemical anomaly information extraction. *Acta Geoscientica Sinica*, 2020;4(1), 309-319.
12. Tran DA, Tsujimura M, Ha NT, Nguyen VT, Binh D Van, Dang TD, et al. Evaluating the predictive power of different machine learning algorithms for groundwater salinity prediction of multi-layer coastal aquifers in the Mekong Delta, Vietnam. *Ecol Indic [Internet]*. 2021;127:107790. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107790>
13. Ahmed, S., Hussain, S. A., & Chowdhury, S. R. Salinity variations in coastal waters and their ecological implications. *Marine and Freshwater Research*, 2020;73(4), 378-392. <https://doi.org/10.1071/MF21124>
14. Alkan, U., Dursun, D., & Çetin, A. K. Assessment of turbidity impacts on aquatic ecosystems and treatment processes. *Water Research*, 2021:200, 117-222. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117222>.
15. Jones, C. J., Kelly, R. A., & Mason, R. P. Impact of land use and land cover on turbidity in freshwater ecosystems: Implications for water quality management. *Environmental Research Letters*, 2020;15(9), 094002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9b15>
16. Badan Standardisasi Nasional. (2009). SNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan.
17. Makahenggang, K. N. H. Analisis Risiko Kesehatan Merkuri Dalam Ikan Yang Di Pasarkan Di Kawasan Teluk Kao Halmahera Utara (Doctoral dissertation, Universitas Kristen Duta Wacana). 2020
18. Rahman, A., Suryani, t., & Pranoto, H. Bioakumulasi dan Biomagnifikasi Logam Ekosistem

- Perairan. *Marine Journal Indonesia*, [https://doi.org/10.14710/marij.2021;15\(3\);](https://doi.org/10.14710/marij.2021;15(3);) 83-89.
19. Kahula AO, Khoirussalma N, Nussy JB, Mariwy A. Bioakumulasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Tumbuhan Mangrove (*Rhizophora mucronata*) Di Area Tambang Cinnabar Desa Luhu Kabupaten Seram Bagian Barat. *Sci Map J*. 2024;6(1):27–37.
 20. Mariwy A, Lerebulan F, Manuhutu JB, Nazudin. Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Pada Beberapa Jenis Ikan Hasil Tangkapan Nelayan Di Desa Kaki Air Teluk Kayeli Pulau Buru. *Chem Prog*. 2022;15(2):63–9.
 21. Dian Yuni Pratiwi. Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *J Akuatek*. 2020;1(1):59–65.
 22. Indriyani YL, Mulki MA. Review Artikel: Analisis Kandungan Cemar Logam Berat Pada Ikan Yang Berada Di Sungai Indonesia. *J Sehat Mandiri*. 2024;19(1):69–76.
 23. Putri Fitria, Abd. Gafur, Hidayat, Alfina Baharuddin, Nasruddin Syam. Analisis Risiko Logam Berat Pada Udang Putih Yang Dikonsumsi Petani Tambak Di Biringkassi Kabupaten Pangkep. *Wind Public Heal J*. 2023;4(4):690–700.
 24. Anggraini, F., Anwar, A., & Risva. Analisis risiko kesehatan lingkungan non - karsinogenik tembaga pada ikan nila karamba yang dikonsumsi dan dibudidayakan masyarakat di desa jembayan. *higiene; jurnal kesehatan lingkungan*, 2019;5(1), 14-21.
 25. Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Guidance on Environmental Health Risk Analysis). 2012. 1–82
 26. US-EPA *Technical Overview of Volatile Organic Compounds*. <https://www.epa.gov/indoor-airquality-iaaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>. 2022
 27. Bagia M, Setiani O, Rahardjo M. Dampak Paparan Merkuri Terhadap Gangguan Kesehatan Penambang Emas Skala Kecil: Systematic Review. *Poltekita J Ilmu Kesehat*. 2022;16(3):392–401.
 28. Sugiana IP, Putri PY., Munru M. Pencemaran Merkuri di Pesisir dan Laut: Dampak, Strategi Pemantauan, Mitigasi serta Arah Penelitian di Indonesia. *J Ilm Multidisiplin* [Internet]. 2022;2(9):4221–32. Available from: <http://sinta.dikti.go.id>
 29. Hasnah F. Risiko Obesitas dengan Penyakit Stroke di Asia : Studi Meta-Analisis Risk of Obesity with Stroke in Asia ; *Meta-Analysis Study*. 2024;8(2).
 30. Putra FW, Riza A, Murni AW. Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan Risiko Fraktur Osteoporosis berdasarkan Perhitungan FRAX® Tool tanpa pemeriksaan Bone Mineral Density pada Perempuan Post Menopause. *J Ilmu Kesehat Indones*. 2022;2(3):156–62.
 31. Yorifuji T, Kadowaki T, Yasuda M, Kado Y. Neurological and Neurocognitive Impairments in Adults with a History of Prenatal Methylmercury Poisoning: Minamata Disease. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(12).
 32. Ishar, Hasriwiani Habo Abbas A. Article history. Anal Konsentrasi Merkuri Pada Rambut Terhadap Neurol Symptoms Masy Kaw Pasca Tambang [Internet]. 2024;685(3):41–53. Available from: <https://orcid.org/0000-0003-1818-789X>
 33. Lamakaratea S, Banne Y, Nahora EM, Wullura AC, Sapiun DSRZ. Gangguan Kesehatan Akibat Merkuri Dalam Kosmetika. *J Poltekkes Kemenkes Manad*. 2022;1(2):505–17.