

Kadar Merkuri dan Arsen pada Air Laut dan Ikan di Teluk Kao

Dahlan Thalib¹, Anwar Daud², dan Hasnawati Amqam^{2*}

¹Dinas Kesehatan Kabupaten Halmahera Tengah; e-mail: alankdahlan79@gmail.com

²Departemen Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin; e-mail: hasnawati.amqam@unhas.ac.id

ABSTRAK

Teluk Kao, merupakan salah satu kawasan pesisir di Kabupaten Halmahera Utara yang memiliki potensi sumber daya alam berupa emas. Terdapat beberapa penambangan emasi di sekitar wilayah Teluk Kao, baik yang berizin maupun yang tidak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam Merkuri (Hg) dan Arsen (As) pada perairan dan ikan yang ditangkap di sekitar aktivitas penambangan di Teluk Kao. Penelitian ini dilakukan pada 10 titik di Desa Dumdum Kecamatan Kao Teluk dan Desa Tabobo Kecamatan Malifut. Kab. Halmahera Utara Prop. Maluku Utara dengan mengambil sampel air laut dan ikan di titik tersebut. Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata merkuri (Hg) dan arsen (As) tertinggi pada air laut berada pada perairan sekitar Desa Dumdum yakni 0,00522 mg/l dan 0,00190 mg/l. Konsentrasi merkuri rata-rata tertinggi pada jenis Ikan Kakap dan Ikan kuwe di Desa Tabobo yakni masing-masing 0,352 mg/kg, 0,228 mg/kg dan 0,277 mg/kg, sedangkan untuk Ikan Baronang tertinggi pada Desa Dumdum sebesar 0,097 mg/kg. Studi ini mengindikasikan adanya pencemaran yang terjadi di Teluk Kao dan direkomendasikan untuk mengeksplorasi bagaimana meminimalkan dampak pencemaran baik pada lingkungan maupun Kesehatan manusia pada penelitian selanjutnya.

Kata kunci: logam berat, Hg, As, kuwe, kakap

ABSTRACT

Kao Bay is one of the coastal areas in North Halmahera Regency which has potential natural resources in the form of gold. There are several gold mines around the Kao Bay area, both licensed and unlicensed. This study aims to analyze the content of Mercury (Hg) and Arsenic (As) metals in the seawaters and fish caught around mining activities in Kao Bay. This research was conducted at 10 points in Dumdum Village, Kao Teluk District and Tabobo Village, Malifut District. Regency. North Halmahera by taking samples of seawater and fish at that point. Sample analysis was performed using *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). The results showed that the highest average concentrations of mercury (Hg) and arsenic (As) in seawater were in the waters around Dumdum Village, as high as 0.00522 mg/l and 0.00190 mg/l. The highest average concentration of mercury was in Snapper and Kuwe Fish in Tabobo Village, which reach 0.352 mg/kg, 0.228 mg/kg and 0.277 mg/kg, while for Baronang fish the highest was in Dumdum Village at 0.097 mg/kg. This study indicates the existence of pollution that occurred in Kao Bay and it is recommended to explore how to minimize the impact of pollution on both the environment and human health in future research.

Keywords: Heavy metals, Hg, As, Kuwe, Kakap

Citation: Thalib, D., Daud, A., dan Amqam, H. (2023). Kadar Merkuri dan Arsen pada Air Laut dan Ikan di Teluk Kao. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(3), 463-471, doi:10.14710/jil.21.3.463-471

1. Latar Belakang

Pencemaran logam dari kegiatan tambang, industri, dan pertanian dapat mempengaruhi kualitas air sehingga tidak lagi mendukung budidaya laut atau keanekaragaman hayati ekosistem perairan. Polusi dari logam dapat berdampak pada keanekaragaman hayati suatu lingkungan, yang menyebabkan kepunahan spesies asli yang rentan atau berkurangnya kelimpahan spesies karena gangguan reproduksi atau peningkatan risiko penyakit (Kibria et al., 2016).

Invertebrata dan ikan mampu melakukan biomagnifikasi logam hingga jutaan kali lebih tinggi

daripada yang ditemukan di lingkungan sekitarnya, sehingga mengonsumsi makanan laut akan memberikan risiko terpajan logam berat (Kibria et al., 2013).

Sebuah penelitian (Rumampuk & Warouw, 2015) di Teluk Totok dan Teluk Buyat menunjukkan Hg total yang terdeteksi pada ikan dan gastropoda pada Teluk Totok lebih tinggi daripada di Teluk Buyat hingga melampaui nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009. Sementara itu, As total dalam gastropoda di Teluk Totok tujuh kali lebih tinggi dari kadar maksimum yang ditetapkan.

Dari studi di Sungai Teunom dan Tangse, Aceh (Adlim, 2016) ditemukan bahwa penambangan emas menggunakan Hg yang tingkat kelarutannya dalam air hanya 0,06 g/ton, namun dapat meningkat jika unsur ini berada di dasar laut karena kondisi yang gelap dan oksigen terlarut yang tinggi. Kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko kerusakan lingkungan.

Teluk Kao, merupakan salah satu kawasan pesisir di Kabupaten Halmahera Utara yang memiliki kekayaan sumber daya hayati dan nonhayati yang tinggi. Kekayaan nonhayati di kawasan tersebut terdiri dari berbagai jenis bahan galian yang memiliki nilai ekonomi tinggi, terutama emas dan perak. Potensi emas yang sangat besar di daerah tersebut telah menarik berbagai pihak untuk mengeksploitasi sumber daya baik secara legal maupun ilegal. Proses penambangan dan ekstraksi mineral khususnya emas menggunakan berbagai bahan kimia yang cukup merusak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia (Pertwi et al., 2021).

Studi ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Hg dan As pada perairan dan ikan yang ditangkap di sekitar aktivitas penambangan di Teluk Kao. Dengan studi ini diharapkan dapat memberikan gambaran pencemaran beberapa logam berat pada perairan Teluk Kao dan beberapa jenis ikan di dalamnya.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi

Penelitian dilaksanakan di kawasan pesisir Teluk Kao, tepatnya di Desa Dumdum Kecamatan Kao Teluk dan Desa Tabobo Kecamatan Malifut Kab. Halmahera Utara Propinsi Maluku Utara (Gambar 1a). Teluk Kao berada pada lima wilayah kecamatan. Di wilayah ini pula terdapat beberapa penambang emas, baik dengan maupun tanpa izin.

2.2. Pengumpulan Data Lapangan

Sampel dalam penelitian ini adalah air laut dan ikan yang dikonsumsi oleh masyarakat pada kedua desa yaitu Ikan kakap (*latjanus griseus*), Ikan Baronang (*siganus Sp*) dan Ikan Kuwe (*caranax*

sexfasciatus) yang ditangkap dari wilayah pesisir Teluk Kao. Titik pengambilan sampel ditentukan berdasarkan letak sumber masuk polutan ke kawasan teluk. Untuk kedua jenis sampel setiap wilayah diambil lima titik berdasarkan *purposive sampling* yaitu melihat sumber pencemar yang diduga serta ikan yang paling sering dikonsumsi oleh masyarakat pesisir di Desa Dumdum Kecamatan Kao Teluk dan Desa Tabobo Kecamatan Malifut. Deskripsi detail titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Air laut diambil pada jarak ±10m dengan kedalaman ±2,5m (Gambar 1b). Pada titik tersebut pula sampel ikan ditangkap. Air Laut diambil sebanyak 500 ml untuk setiap titik. Metode pengambilan sampel secara manual mewakili keadaan air di titik sampel pada saat tertentu (*grab sampling*) dengan menggunakan botol pemberat.

Ikan yang telah diambil dari masing-masing titik sebanyak satu ekor kemudian dimasukkan kedalam plastik, disegel dan dimasukkan kedalam pendingin (*coolbox*) yang berisi es dan *coolpad* selama mobilisasi, selanjutnya sampel disimpan dalam freezer bersuhu 0°C - 5°C sebelum analisis. Analisis sampel dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Kota Makassar.

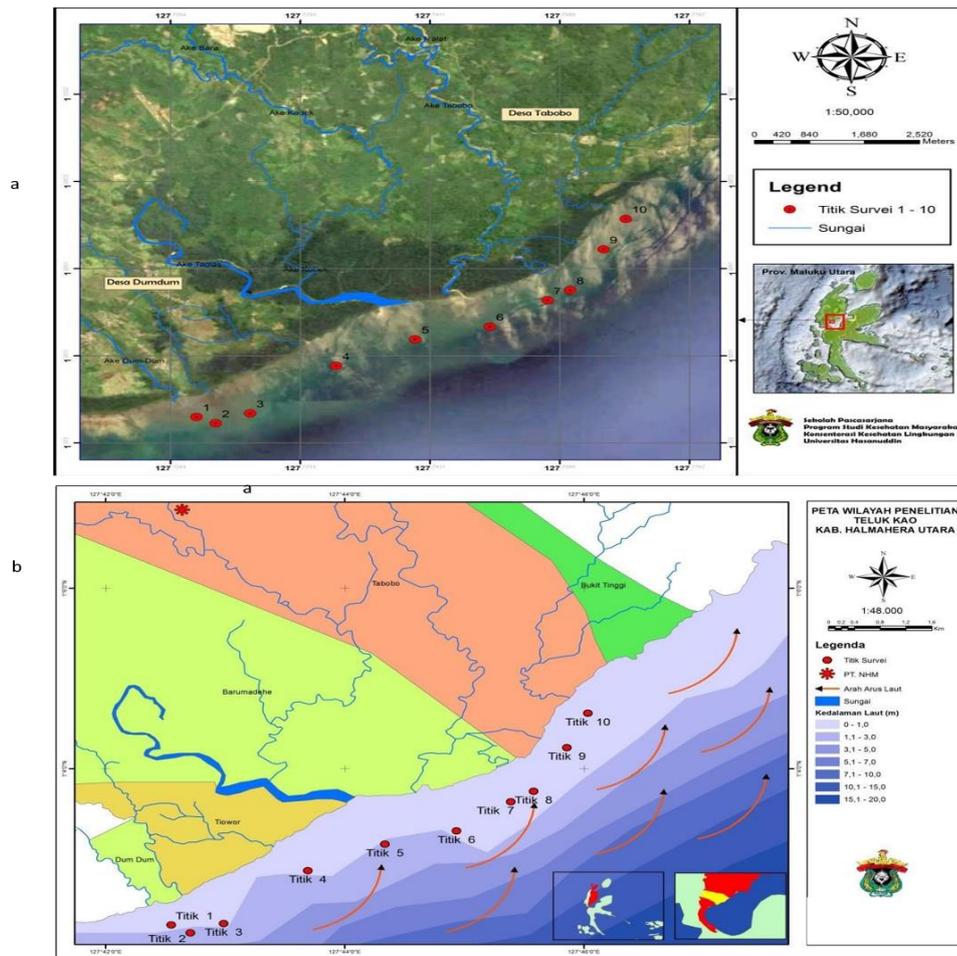
2.3. Analisis Sampel

2.3.1. Sampel Air Laut

Prosedur analisis logam berat pada sampel air mengikuti petunjuk metode standar untuk pemeriksaan air dan air limbah. Metode yang digunakan mengikuti petunjuk teknis yang ada di BBLK Kota Makassar. Sebanyak 10 ml HNO₃ pekat ditambahkan ke dalam 100 ml sampel air ditambahkan lalu dipanaskan menggunakan *hot plate* di dalam lemari asam hingga volume larutan sampel tersisa 15-20 ml. Selanjutnya 10 ml HNO₃ ditambahkan ke dalamnya dan dipanaskan hingga terbentuk endapan putih. Kemudian, 2 ml HNO₃ pekat dimasukkan kedalam labu ukur dan sekitar 10 menit, ditambahkan aquades hingga tepat pada tanda tera. Sampel kemudian dianalisis dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

Tabel 1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Titik	Deskripsi Lokasi
Perairan Kecamatan Kao Teluk	
Titik 1	Di depan Muara Sungai Dumdum
Titik 2	Di depan desa Dumdum
Titik 3	Di depan Muara Sungai Manuasa
Titik 4	Di depan Muara Sungai Sai
Titik 5	Di depan Muara Sungai Toalas (sungai Kobok)
Perairan Kecamatan Malifut	
Titik 6	Di depan Muara Sungai Akesone
Titik 7	Di depan Desa Tabobo
Titik 8	Di depan Muara Sungai Tabobo
Titik 9	Di depan Muara Sungai Papaya
Titik 10	Di depan Muara Sungai Sommi



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

2.3.2. Sampel Ikan Analisis As

Daging ikan dimasukkan ke dalam labu ukur dan ditimbang dengan neraca analitik sebanyak kurang lebih 10-15gram dan sebanyak 50 ml larutan HNO₃ serta sebanyak 5 ml HClO₂ ditambahkan hingga sampel terendam semua. Selanjutnya sampel didestruksi hingga jernih (larut sempurna) dengan menggunakan alat pemanas selama 30 menit. Setelah didinginkan, 50 ml sampel yang telah larut sempurna disaring ke dalam labu ukur. Kemudian 20 ml sampel dipipet ke dalam tabung dan dimasukkan ke dalam *Set Auto Sampler*. Secara otomatis, sampel akan bergerak dan tercampur dengan larutan reduktan As yaitu NaBH₄ 1,5% dan NaOH 0,2% menuju ke *Microwave Plasma Atomic Emission Spectrometer (MP-AES)* dengan hitungan waktu 30 detik per sampelnya. Hasil pemeriksaan sampel ditampilkan di komputer.

Analisis Hg

Prosedur analisis kandungan Hg pada daging ikan mengacu pada penelitian Simange (2010). Setiap sampel organ ikan yang telah ditimbang kurang lebih 10-15 gr, dimasukkan ke dalam labu. Larutan asam (HClO₄, HNO₃) ditambahkan ke dalam setiap labu dengan jumlah perbandingan 1:4,

kemudian dikocok dan didiamkan selama satu malam. Sampel didestruksi tetapi tidak sampai kering, dengan mula-mula dipanaskan pada suhu awal 100°C sampai uap coklat dari nitrat hilang, kemudian suhu dinaikkan mencapai 200°C hingga larutan menjadi jernih dengan kisaran volume sekitar 1,2 ml. Sampel diangkat dan diencerkan dengan menambahkan aquades hingga larutan menjadi 20 ml. Tahapan selanjutnya larutan dikocok dan didiamkan selama satu malam hingga mengendap dan menjadi bening. Kandungan logam berat diukur dengan menggunakan AAS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Perairan Lokasi Penelitian

Perairan wilayah pesisir Teluk Kao adalah salah satu wilayah perairan pantai yang berada di bagian utara Kabupaten Halmahera Utara Propinsi Maluku Utara. Salah satu informasi pendukung dalam penelitian ini yaitu karakteristik perairan pesisir Teluk Kao. Karakteristik perairan dalam penelitian ini yaitu pH, suhu, salinitas serta kecepatan dan arah arus. Karakteristik tersebut merupakan parameter yang selalu digunakan hampir dalam setiap penelitian yang dilakukan dengan lokasi laut. Karakteristik ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Karakteristik Perairan Lokasi Pengambilan Sampel

Titik Lokasi	pH	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	Kecepatan Arus (cm/s)	Arah Arus	Kedalaman Laut
1	6,9	29	31	25	Utara (100°)	4
2	7,5	28	32	26	Utara (100°)	6
3	7,5	28	31	28	Utara (100°)	5,5
4	7,7	28	31	34	Utara (100°)	4,5
5	8,0	29	31	40	Utara (100°)	5
6	7,1	28	31	42	Timur (100°)	4
7	6,9	30,08	32	46	Utara (100°)	7
8	7,9	29	31	48	Utara (100°)	5
9	7,5	28	31	49	Timur (100°)	4
10	7,8	28,99	31	50	Timur (100°)	4,5
Rata-rata	7,48	28,607	31,2	38,8	Utara (100°)	4,95

3.1.1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) pada perairan berperan sebagai indeks kadar hidrogen (H+) yang menggambarkan keseimbangan antara asam dan basa pada tumbuhan ataupun hewan. Oleh karena itu pH sering digunakan sebagai petunjuk dalam menyatakan kualitas suatu perairan (Apriani, 2010).

Dari 10 titik pengambilan sampel penelitian, pH rata-rata di perairan pesisir teluk Kao adalah 7,48 yang berarti pH di perairan tersebut masih sesuai standar yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (KepmenLH) No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut yaitu 7 – 8,5. Kualitas air tersebut dipengaruhi oleh sistem buffer atau penyangga pada air laut. Sistem tersebut berperan mengendalikan sifat asam atau basa dalam perairan (Apriadi, 2005).

Secara umum pH di setiap titik selama pengamatan tidak berbeda secara signifikan kecuali pada titik 5, muara Sungai Taolas, pH tertinggi (8.0) karena merupakan muara terbesar diantara sungai lainnya sehingga masih dipengaruhi oleh volume air sungai. pH air laut pada hasil studi ini hampir serupa dengan pH air laut di 8 titik di Teluk Bengal, Bangladesh (Golam Kibria et al., 2016), berkisar 6.9-7.7.

Keberadaan pH di perairan memiliki peranan yang penting dalam reaksi-reaksi kimia dan keberadaan senyawa- senyawa yang mengandung racun dalam perairan. Beberapa senyawa yang bersifat racun akan mengalami peningkatan toksisitas apabila kadar pH rendah. pH merupakan salah satu parameter yang berperan penting dalam proses flokulasi logam berat pada daerah estuari (Karbassi et al., 2014).

Organisme yang ada pada laut, termasuk ikan, sensitif terhadap perubahan kadar pH pada air laut. Apabila kadar pH dalam air laut sangat rendah maka akan menjadi mobilitas berbagai jenis logam berat yang memiliki sifat toksik semakin tinggi hal ini tentu akan berpengaruh pada kelangsungan hidup organisme akuatik. Apabila kadar pH dalam air laut tinggi maka akan menyebabkan adanya keseimbangan antara

ammonium dan ammoniak dalam air (Andhika, 2013).

Suatu eksperimen menunjukkan pengurangan tertinggi Hg(II) menjadi Hg0 oleh zat humus terjadi pada pH yang lebih rendah (4.0). Volatilisasi Hg yang rendah pada tingkat pH yang lebih tinggi dari media berair disebabkan oleh meningkatnya kompleksasi Hg (II) dengan zat humus. Dengan demikian, pengurangan Hg (II) yang lebih sedikit dan lambat terjadi pada pH yang lebih tinggi. Pengurangan Hg (II) yang relatif lebih tinggi terjadi pada pH yang lebih rendah. Dengan demikian Pengurangan Hg(II) pada konsisi abiotik dan gelap tergantung pada pH dan salinitas air. Pada pH yang lebih rendah (~4.0), lebih banyak pengurangan Hg (II) oleh zat humus terjadi (Chakraborty et al., 2015).

pH air secara langsung memengaruhi kecepatan akumulasi logam berat oleh ikan. Konsentrasi logam berat pada ikan lebih tinggi pada air yang bersifat asam (Zeitoun & Mehana, 2014). Keasaman air juga memengaruhi bioakumulasi logam berat oleh ikan secara tidak langsung melalui perubahan solubilitas logam (Zeitoun & Mehana, 2014).

3.1.2. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor eksternal yang paling penting yang mempengaruhi ekologi akuatik. WHO telah menentukan batas nilai rerata suhu air yang diijinkan sebesar 25-30 °C(WHO, 2004).

Suhu rata-rata di perairan tersebut yakni 28,61°C, yang berarti masih sesuai dengan standar. Nilai suhu di titik 7 (Muara Sungai Kobok) paling tinggi dibandingkan 9 titik lokasi lainnya disebabkan karena sebagai muara sungai yang digunakan untuk mengalirkan hasil buangan limbah dan limbah rumah tangga penduduk setempat didekat titik pengambilan sampel tersebut.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang mendapatkan suhu air sungai di Bangladesh sebesar 28.8°C-33.9°C pada musim panas (Ali et al., 2016). Kondisi suhu air juga

memiliki pengaruh terhadap biota laut yaitu pada proses akumulasi bahan pencemar yang ada dalam tubuh biota laut. Suhu dapat memengaruhi permeabilitas dan kecepatan ekskresi urin logam berat pada organisme air (Al Naggat et al., 2018). Kecepatan *uptake* logam berat pada liver dan ginjal *Salvelinus alpinus* lebih tinggi pada suhu air yang lebih tinggi sebagai upaya meningkatkan kecepatan metabolismenya (Zeitoun & Mehana, 2014). Hasil penelitian Pratiwi, dkk., (2013) juga menyatakan bahwa tingginya kandungan logam berat dipengaruhi oleh kenaikan suhu perairan.

3.1.3. Salinitas

Salinitas adalah ukuran kandungan garam pada air. Salinitas air tawar biasanya kurang dari 0.5%. Air semakin payau tergantung pada jaraknya dengan laut. Salinitas menjadi salah satu indikator dalam kualitas perairan yang berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia dan biota laut. Salinitas perairan pesisir wilayah pesisir Teluk Kao berkisar antara 31.0 – 32.0 ‰, artinya masih masuk ke dalam kisaran normal untuk air laut, sesuai dengan yang ditetapkan oleh KepmenLH No. 51 Tahun 2004 yaitu 30 – 35‰.

Posisi mulut teluk yang berhadapan dengan samudra pasifik menjadi salah satu hal yang mempengaruhi tingginya salinitas. Kecepatan arus laut berkisar 25 cm/detik sampai 50 cm/detik dan cenderung bergerak ke utara sampai ke timur laut, air akan bergerak ke arah timur laut dekat pantai pada bulan Februari, kedalaman laut saat pengukuran rata-rata 4,95 m.

Nilai salinitas yang didapatkan dipengaruhi oleh curah hujan karena pengambilan sampel dilakukan pada musim hujan sehingga memungkinkan adanya air tawar yang masuk ke dalam air laut. Curah hujan pada saat itu rata-rata 2.500 mm/tahun dengan jumlah hari terjadinya hujan sebanyak 90-130 hari. Hasil penelitian yang didapatkan sedikit berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan nilai salinitas 8.61 ppt (Ali et al., 2016) dan 0.3-11.71 ppt (Kibria et al., 2016).

Selain curah hujan faktor lain yang dapat mempengaruhi nilai salinitas tersebut adalah intensitas penguapan, pasang surut, jumlah sungai yang bermuara dan faktor lainnya. Banyaknya jumlah sungai yang bermuara menuju perairan Teluk Kao menyebabkan terjadinya penurunan nilai salinitas.

Penurunan salinitas perairan meningkatkan bioakumulasi bahan pencemar dan dipengaruhi oleh curah hujan, penguapan, dan jumlah sungai yang bermuara di laut tersebut. Air sungai yang keluar dari mulut sungai ke laut berpengaruh terhadap salinitas. Salinitas air laut semakin menurun pada musim hujan dan meningkat pada musim kemarau. Salinitas di wilayah muara sungai dalam kondisi dinamis dibandingkan laut terbuka. Debit air sungai berperan penting dalam mempengaruhi variasi salinitas, sedangkan densitas air laut berpengaruh

terhadap salinitas. Densitas air laut di wilayah muara sungai dipengaruhi tekanan, salinitas, kedalaman air laut dan suhu. Salinitas di wilayah laut terbuka berkisar antara 33 – 37 ‰. Salinitas dan suhu air laut di pantai dan muara sungai cenderung homogen dibandingkan laut terbuka (Patty, 2013).

Pada dasarnya tidak semua organisme laut dapat hidup dalam kondisi konsentrasi garam yang berbeda. Organisme *euryhaline*, seperti ikan dapat menyesuaikan diri dengan perubahan salinitas. Organisme *stenohaline* memerlukan konsentrasi garam yang konstan dan tidak berubah. Salinitas memiliki peranan penting dalam penyesuaian tekanan osmotik pada ikan. Konsentrasi garam yang ada pada lingkungan laut dapat mempengaruhi volume air dan konsentrasi fluida internal pada tubuh ikan.

Insang dan ginjal pada ikan berperan dalam proses osmoregulasi yang dilakukan oleh ikan dalam melakukan adaptasi terhadap lingkungannya. Jumlah energi yang diperlukan selama proses osmoregulasi tergantung pada konsentrasi garam pada lingkungan eksternal serta fluida pada tubuh ikan. Toleransi dan preferensi salinitas organisme laut berbeda sesuai dengan tahap kehidupannya dari telur hingga dewasa. Salinitas berperan penting dalam keberhasilan reproduksi ikan (Prastyo et al., 2017).

3.1.4. Arus

Arus merupakan salah satu faktor oseanografi yang memiliki peranan pada penyebaran bahan pencemar. Kecepatan arus laut di wilayah Pesisir Teluk Kao berkisar antara 25 – 50 cm/s dan arah arus cenderung bergerak ke utara sampai ke timur laut.

Berdasarkan penelitian Lessy et al. (2021), kecepatan arus minimum pada permukaan di Teluk Kao antara 4 – 7 cm/det dan maksimum sebesar 25-40 cm/det. Pergerakan arah arus di permukaan cenderung bergerak dari Timur Laut menyusuri pesisir pantai sebelah Timur Teluk Kao ke arah Barat Daya. Sebaliknya, dari wilayah pesisir Barat Teluk Kao pergerakan arus dari Barat. Arah dan kecepatan arus untuk kedalaman 10 meter umumnya identik dengan arah dan arus pada permukaan laut.

Penelitian ini belum memiliki standar yang disetujui sebagai acuan untuk kecepatan arus, namun penelitian (Ma'rifah et al., 2016) menyatakan bahwa arus permukaan dikatakan memiliki kecepatan yang relatif lambat pada angka 0,058 m/s sedangkan relatif cepat di angka 0,063 m/s.

Jika berdasarkan pada penelitian tersebut maka dapat dikatakan kecepatan arus rata-rata di perairan pesisir Teluk Kao relatif lambat dan meningkat pada daerah yang mendekati muara teluk. Arus permukaan perairan berpengaruh terhadap akumulasi bahan-bahan pencemar. Apabila arus permukaan laut bergerak dengan cepat maka dapat menyebabkan partikel yang terakumulasi

bahan pencemar terbawa ke seluruh perairan (Ma'rifah et al., 2016).

3.2. Tingkat Konsentrasi Merkuri pada Air Laut dan Ikan

Berdasarkan hasil pengukuran sampel air laut yang disajikan pada Tabel 3, konsentrasi rata-rata Hg tertinggi berada pada perairan sekitar Desa Dumdum yakni 0,00522 mg/l. Konsentrasi ini sudah melebihi baku mutu kualitas air laut (0,001 mg/l) berdasarkan Kepmen LH, No 51 tahun 2004.

Kadar Hg dalam air laut yang tergolong tinggi di Desa Dumdum disebabkan karena adanya aktifitas pembuangan limbah penambangan ke muara sungai Kobok (Taolas) dan adanya aktifitas penambang tanpa izin (PETI) yang berada di sekitar wilayah Dumdum (Bay and Halmahera, 2016).

Merkuri merupakan unsur logam alami dalam berbagai bentuk, yang berasal dari letusan gunung berapi dan rembesan air tanah. Keberadaan merkuri di alam tidak menimbulkan efek, tetapi peningkatan penggunaannya dalam proses industrialisasi meningkatkan pencemaran bahan merkuri (Abdullah et al., 2015). Setelah dilepas di lingkungan Hg anorganik akan diubah menjadi MeHg beracun yang merupakan bentuk utama Hg dalam air laut dan ikan (US. EPA, 2001).

Studi sebelumnya menunjukkan air sungai dan air laut di perairan Teluk Kao ditemukan kadar Hg sebesar 0,004 mg/L pada pagi hari dan 0,0038 mg/L pada sore hari. Pada sedimen didapatkan konsentrasi sebesar 0,0032 mg/L pada pagi hari dan 0,0076 mg/L pada sore hari (Husen, 2017). Hasil studi ini hampir serupa dengan studi saat ini.

Hasil studi ini menunjukkan bahwa konsentrasi Hg rata-rata tertinggi pada Ikan Kakap dan Ikan Kuwe adalah di Desa Tabobo yakni 0,352 mg/kg, 0,228 mg/kg, sedangkan untuk ikan baronang

tertinggi pada Desa Dumdum sebesar 0,097 mg/kg. Hasil tersebut masih berada di bawah batas maksimum cemaran merkuri pada pangan yang telah ditetapkan yaitu 0,5 mg/kg (BSN, SNI 7387: 2009).

Pada wilayah pesisir Teluk Kao yaitu Ikan Kakap (*L. Griseus*), Baronang (*Siganus Sp*) dan Kuwe (*C. sexfasciatus*) menunjukkan bahwa kadar merkuri rata-rata tertinggi untuk semua jenis ikan ada dalam Ikan Kakap kemudian Ikan Kuwe dan terendah pada Ikan Baronang. Hal ini disebabkan Ikan Kakap yang ditangkap sebagai sampel berukuran lebih besar dibandingkan kedua jenis ikan lainnya maka diperkirakan umur ikan ini lebih dewasa dari Ikan Baronang dan Ikan Kuwe sehingga proses akumulasi logam berat dalam tubuhnya juga sudah lama terjadi yang menyebabkan lebih tinggi kadar merkurnya.

Penelitian sebelumnya di Teluk Kao pada beberapa jenis ikan yang berbeda menunjukkan kadar Hg berkisar antara 0.15-0.98 ppm dengan rata-rata 0.14 ppm. Hasil penelitian tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian ini.

3.3. Tingkat Konsentrasi Arsen pada Air Laut dan Ikan

Untuk kadar arsen rata-rata pada air laut dan ikan lebih tinggi di Desa Tabobo, dan yang berkontribusi lebih besar berada pada titik sampel yang berdekatan dengan Sungai Kobok (Taolas) yang merupakan wilayah yang berada antara Desa Dumdum dan Desa Tabobo. Kandungan arsen di alam rata-rata berjumlah 2-5 ppm. Arsen di alam berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil, terutama pembakaran di pertambangan emas dan batu bara, yang dibuang ke lingkungan, utamanya perairan, bila telah melebihi kebutuhan komersial (Saturi, 2013) dan (Mursidi, 2017).

Tabel 3 Distribusi Kadar Logam Berat Merkuri pada 2 Desa di wilayah Pesisir Teluk Kao

Lokasi	Titik Sampel	Sampel Air Laut dan Jenis Ikan	Kadar Air Laut (mg/L) & Ikan (mg/kg)	Kadar Rata-rata pada Air Laut (mg/L)	Kadar Rata-rata pada Ikan Kakap (mg/Kg)	Kadar Rata-rata pada Ikan Baronang (mg/Kg)	Kadar Rata-rata pada Ikan Kuwe (mg/Kg)
Dum-dum	1	Muara Sungai Dumdum	0.0042				
		Kuwe	0.2115				
	2	Depan Desa Dumdum	0.0044				
		Kakap	0.1041				
	3	Muara Sungai Manuasa Kuwe	0.0073 0.1984	0.0052	0.10845	0.0977	0.20495
Tabobo	4	Muara Sungai Sai Baronang	0.0069 0.0977				
	5	Muara Sungai Kakap Taolas	0.0033 0.1128				
	6	Muara Sungai Akesone Kuwe	0.0037 0.2386				
	7	Depan Desa Tabobo Kakap	0.0039 0.5697				
	8	Muara Sungai Tabobo Kakap	0.0035 0.1305	0.0039	0.3501		0.228333
	9	Muara Sungai Papaya Kuwe	0.0045 0.2462				
	10	Muara Sungai Sommi Kuwe	0.0041 0.2002				

Konsentrasi rata-rata As tertinggi berada pada perairan sekitar Desa Dumdum yakni 0.00190 mg/l. Konsentrasi As masih memenuhi syarat karena hasil pemeriksaan sampel air laut masih dibawah standar baku mutu Kepmen LH, No 51 tahun 2004 kualitas air laut untuk biota laut, yaitu 0,012 mg/L.

Hasil studi ini menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi arsen tertinggi terdapat pada Ikan Baronang dan Ikan Kuwe berada diperairan desa Dumdum yakni sebesar 0,186 mg/kg, dan 0,484 mg/kg. Rata-rata kadar tertinggi pada ikan kakap berada di Desa Tabobo sebesar 0,611 mg/kg. Untuk semua jenis ikan pada kedua desa konsentrasinya sebesar 0,422 mg/kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi arsen masih dibawah standar batas maksimum cemaran logam arsen pada pangan yaitu 1,0 mg/kg (BSN, SNI 7387: 2009).

Untuk kadar logam berat arsen pada ketiga jenis ikan yang sering dikonsumsi masyarakat kadar As yang lebih tinggi ada pada Ikan Kakap bila dibandingkan dengan kedua ikan lainnya, sehingga dapat dipastikan bahwa ukuran dan usia ikan menentukan tinggi rendahnya kadar logam berat yang ada dalam tubuh ikan hal ini dikarenakan proses akumulasi logam berat dalam tubuh ikan tersebut (Prastyo et al., 2017). Kadar logam berat yang tinggi dapat sebabkan oleh adanya pengaruh lingkungan, ukuran ikan dan musim. Ikan yang berada dalam kondisi lingkungan buruk maka dapat menyebabkan ikan mudah untuk terakumulasi oleh logam berat, hal ini disebabkan lokasi penangkapan ikan diperkirakan berapa pada tempat pengeluaran limbah industri (Kumar et al., 2012) dan (Prastyo et al., 2017). Dilihat dari pengaruh ekologis untuk tingkat risiko merkuri dan arsen keduanya masih dalam kategori sedang

namun keduanya memiliki potensi risiko ekologis yang tinggi terhadap lingkungan seiring dengan aktifitas penambangan yang masih berlangsung.

Hal ini dibuktikan dengan keberadaan kedua logam berat yang relatif tinggi pada ikan yang berada di sekitar lokasi penelitian. Keberadaan logam Hg dan As pada ikan ini juga menandakan bahwa sudah tercemarnya perairan di sekitar tempat ikan tersebut hidup dan beraktifitas. Organisme akuatik mengakumulasi senyawa merkuri pada seluruh tingkatan jejaring makanan, dengan melalui jalur paparan yaitu pakan, praktikulat dan perairan. Berdasarkan hasil akumulasi tersebut sehingga dapat menyebabkan peningkatan kandungan merkuri pada jaringan tubuh ikan 80–95% (Koki et al., 2015).

Pada studi ini, kadar Hg dan As air laut lebih rendah dibandingkan yang ada pada biota (ikan). Hal tersebut dipengaruhi oleh volume air laut yang besar, dan air laut juga memiliki kemampuan mengencerkan atau menetralsisir segala jenis zat atau bahan asing yang masuk ke dalam badan air laut (*self purification*) (Prastyo et al., 2017)

Walaupun demikian, seiring dengan meningkatnya aktifitas pembuangan limbah yang dilakukan secara terus menerus maka dapat meningkatkan kadar logam berat atau bahan pencemar tersebut dalam air laut apabila tidak dilakukan pengolahan limbah secara baik dan benar. Kandungan logam berat yang ada pada biota laut dapat bertambah dari waktu ke waktu karena memiliki sifat *bioakumulatif*. Hal ini menyebabkan biota laut (ikan) dapat berperan sebagai indikator dalam melihat pencemaran logam pada perairan (Purnomo et al., 2021).

Tabel 4 Distribusi Kadar Arsen pada 2 Desa di Wilayah Pesisir Teluk Kao

Lokasi	Titik Sampel	Sampel Air Laut dan Jenis Ikan	Pada Air Laut (mg/L) & Ikan (mg/kg)	Rerata pada Air Laut (mg/L)	Rerata pada Ikan Kakap (mg/Kg)	Rerata pada Ikan Baronang (mg/Kg)	Rerata pada Ikan Kuwe (mg/Kg)
Dum-dum	1	Muara Sungai Dumdum	0.0031	0.0019	0.2354	0.1865	0.4841
		Kuwe	0.4665				
	2	Depan Desa Dumdum	0.0026				
		Kakap	0.2322				
	3	Muara Sungai Manuasa	0.0005				
Tabobo	4	Muara Sungai Sai	0.0017	0.00186	0.61095	0.45817	
		Baronang	0.1865				
	5	Muara Sungai Taolas	0.0016				
		Kakap	0.2386				
	6	Muara Sungai Akesone	0.0037				
Tabobo	7	Muara Sungai Kuwe	0.1460	0.00186	0.61095	0.45817	
		Kuwe	0.1460				
	8	Depan Desa Tabobo	0.0001				
		Kakap	1.0187				
	9	Muara Sungai Tabobo	0.0018				
Tabobo	10	Muara Sungai Kakap	0.2032	0.00186	0.61095	0.45817	
		Kuwe	0.9387				
	9	Muara Sungai Papaya	0.0015				
		Kuwe	0.9387				
	10	Muara Sungai Sommi	0.0022				
	Kuwe	0.2898					

Ikan akan mengakumulasi logam berat baik merkuri maupun arsen dalam jumlah yang banyak melalui saluran pencernaannya berupa partikel terlarut dalam bahan makanan dan penyerapan logam terlarut pada jaringan dan permukaan membran yang menjadi toksik pada ikan dalam kadar yang tinggi. Pada akhirnya pajanan ini akan berpindah pada organisme lain yang memangsanya ataupun yang mengkonsumsinya termasuk manusia melalui proses rantai makanan, karena manusia sebagai top level atau level tertinggi dalam proses rantai makanan. Manusia sangat berpotensi dalam menerima efek negatif atau bahaya dari pengaruh logam berat pada ikan yang dikonsumsi (Amqam et al., 2020; Destania & Jaharuddin, 2015; Yudha Prastyo et al., 2017; Raissy & Ansari, 2014).

Untuk meminimalisir jumlah kandungan logam berat yang berada dalam air laut dapat dilakukan dengan pengolahan air limbah secara baik dan tepat melalui prosedur dan teknologi yang telah ditetapkan berdasarkan peraturan perundangan sebelum dibuang ke badan air. Hasil studi ini menemukan adanya indikasi pencemaran Hg dan As pada Teluk Kao yang kemungkinan besar disebabkan oleh aktifitas pertambangan di sekitar Teluk.

4. Kesimpulan

Konsentrasi rata-rata merkuri (Hg) dan arsen (As) tertinggi pada air laut berada pada perairan sekitar Desa Dumdum yakni 0,00522 mg/l dan 0.00190 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri sudah melebihi baku mutu kualitas air laut yaitu 0,001 mg/l, sedangkan konsentrasi As masih memenuhi syarat 0,012 mg/L berdasarkan standar baku mutu kualitas air laut untuk biota laut.

Konsentrasi Hg rata-rata tertinggi pada jenis Ikan Kakap, Ikan Kuwe dan, sedangkan untuk ikan Baronang tertinggi pada Desa Dumdum sebesar 0,097 mg/kg. Kadar ini masih dibawah standar batas maksimum cemaran merkuri pada pangan yaitu 0,5 mg/kg. Dengan temuan ini, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengeksplorasi bagaimana meminimalkan risiko lingkungan dan Kesehatan dari pencemaran yang telah terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Hamzah, Z., Saat, A., Wood, A. K., & Alias, M. (2015). Accumulation of mercury (Hg) and methyl mercury (MeHg) concentrations in selected marine biota from Manjung coastal area. *Malays. J. Anal. Sci*, 19, 669–678.
- Adlim, M. (2016). Pencemaran merkuri di perairan dan karakteristiknya: suatu kajian kepustakaan ringkas. *Depik*, 5(1).
- Al Naggat, Y., Khalil, M. S., & Ghorab, M. A. (2018). Environmental pollution by heavy metals in the aquatic ecosystems of Egypt. *Open Acc. J. Toxicol*, 3, 555603.
- Ali, M. M., Ali, M. L., Islam, M. S., & Rahman, M. Z. (2016).

- Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 5, 27–35.
- Amqam, H., Thalib, D., Anwar, D., Sirajuddin, S., & Mallongi, A. (2020). Human health risk assessment of heavy metals via consumption of fish from Kao Bay. *Reviews on Environmental Health*, 35(3), 257–263.
- Chakraborty, P., Vudamala, K., Coulibaly, M., Ranteke, D., Chennuri, K., & Lean, D. (2015). Reduction of mercury (II) by humic substances—influence of pH, salinity of aquatic system. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 10529–10538.
- Destania, Y., & Jaharuddin, S. (2015). Stability Analysis of Plankton Ecosystem Model: Affected by Oxygen Deficit. *Applied Mathematical Sciences*, 9(81), 4043–4052.
- Husen, A. (2017). Analisis Kualitas Air yang Tercemar Merkuri (Hg) di Perairan Teluk Kao Halmahera Utara. *Techno: Jurnal Penelitian*, 6(01), 46–55.
- Karbassi, A. R., Heidari, M., Vaezi, A. R., Samani, A. R. V., Fakhrade, M., & Heidari, F. (2014). Effect of pH and salinity on flocculation process of heavy metals during mixing of Aras River water with Caspian Sea water. *Environmental Earth Sciences*, 72, 457–465.
- Kibria, G., Haroon, A. K. Y., & Nugedoda, D. (2013). Climate change and agricultural food production (agriculture, livestock, fisheries, aquaculture). *Impacts, Vulnerabilities, and Remedies*.
- Kibria, Golam, Hossain, M. M., Mallick, D., Lau, T. C., & Wu, R. (2016). Trace/heavy metal pollution monitoring in estuary and coastal area of Bay of Bengal, Bangladesh and implicated impacts. *Marine Pollution Bulletin*, 105(1), 393–402.
- Koki, I. B., Bayero, A. S., Umar, A., & Yusuf, S. (2015). Health risk assessment of heavy metals in water, air, soil and fish. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 9(11), 204–210.
- Lessy, M. R., Bemba, J., & Wahiddin, N. (2021). Karakteristik Pasang Surut dan Pergerakan Massa Air di Teluk Kao Bagian Dalam, Kabupaten Halmahera Utara-Indonesia. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 4(2).
- Ma'rifah, A., Aris, D. S., & Romadhon, A. (2016). Karakteristik dan pengaruh arus terhadap akumulasi logam berat timbal (Pb) pada sedimen di perairan kaliangget kabupaten Sumenep. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan*, 82–88.
- Patty, S. I. (2013). Distribusi suhu, salinitas dan oksigen terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(3).
- Pertiwi, R. T. A., Iksan, K. H., & Ariyanto, D. (2021). Accumulation and distribution of heavy metals in Gerres abbreviatus (Bleeker 1850) and Parastromateus niger (Bloch, 1795) in Kao Bay, North Maluku, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 890(1), 12010.
- Prastyo, Y., Batu, D.T.F.L, Sulistiono, S. (2017). Kandungan logam berat Cu dan Cd pada ikan belanak di estuari Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah [Heavy metal contain Cu and Cd on the mullet fish in the estuary of Donan River, Cilacap, central Java]. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 18–27.
- Prastyo, Y., Batu, D. T. F. L., & Sulistiono, S. (2017). Heavy metal contain Cu and Cd on the mullet in the estuary of Donan River, Cilacap, Central Java. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 18–27.
- Purnomo, T., Sahani, K., & Wahyudi, T. (2021). Analysis of

Thalib, D., Daud, A., dan Amqam, H. (2023). Kadar Merkuri dan Arsen pada Air Laut dan Ikan di Teluk Kao. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(3), 463-471, doi:10.14710/jil.21.3.463-471

Carrying Capacity of Blekok Beach and Kerapu Beach Situbondo as Conservation Areas for Mangrove, Blekok Bird (Ardidae) and Grouper Fish Cultivation (Epinephelus). *E3S Web of Conferences*, 328, 8014.

Raissy, M., & Ansari, M. (2014). Health risk assessment of mercury and arsenic associated with consumption of fish from the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 1235–1240.

Rumampuk, N. D. C., & Warouw, V. (2015). Bioakumulasi

total merkuri, arsen, kromium, cadmium, timbal di Teluk Totok dan Teluk Buyat, Sulawesi Utara. *Jurnal LPPM Bidang Sains Dan Teknologi*, 2(2), 49–59.

WHO. (2004). *Guidelines for drinking-water quality* (Vol. 1). World Health Organization.

Zeitoun, M. M., & Mehana, E. E. (2014). Impact of water pollution with heavy metals on fish health: overview and updates. *Global Veterinaria*, 12(2), 219–231.