



ANALISIS RISIKO KESEHATAN KONSENTERASI LOGAM BERAT TIMBAL (PB) PADA IKAN DI TEMPAT PELELANGAN IKAN (TPI) DI KECAMATAN AYAH, KABUPATEN KEBUMEN

Glori Kristian¹, Djoko Rahardjo²
zerozeo.gc.gk@gmail.com¹, djoko@staff.ukdw.ac.id²
Universitas Kristen Duta Wacana

Abstrak: Pertambahan penduduk, pembangunan, dan industri memiliki dampak baik terhadap ekonomi dan buruk untuk lingkungan. Aktivitas manusia seperti penggunaan kendaraan bermotor menyebabkan polusi. Di 4 Tempat Pelelangan Ikan (TPI) di Kab. Kebumen (Logending, Argopeni, Karang Duwur, dan Pasir) yang dekat kawasan aktifitas manusia yang mana dapat potensi terpapar Pb. Terlebih dengan adanya aktivitas PLTU yang ada dapat menyebabkan paparan kandungan logam berat pada lingkungan. Ini dapat dilihat dari Kandungan Pb di Pantai Widara Payung mencapai 40,38 mg/Kg, hal ini bisa meningkatkan risiko kesehatan apa bila dikonsumsi. Uji konsentrasi Pb pada ikan dan analisis risiko kesehatan diperlukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 90% dari 60 sampel ikan di 4 TPI di Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen, melebihi batas aman 0,20 mg/kg yang ditetapkan oleh BPOM RI 2018. TPI Karang Duwur memiliki kandungan rata-rata Pb tertinggi, yaitu 4,95 mg/kg.

Kata Kunci: Logam Berat; Timbal; Ikan; Analisis Resiko Kesehatan.

Abstract: Population growth, development and industry have a good impact on the economy and bad for the environment. Human activities such as the use of motorized vehicles cause pollution. At 4 Fish Auction Places (TPI) in Kab. Kebumen (Logending, Argopeni, Karang Duwur, and Pasir) is near areas of human activity which could potentially be exposed to Pb. Moreover, existing PLTU activities can cause exposure to heavy metal content in the environment. This can be seen from the Pb content at Widara Payung Beach reaching 40.38 mg/Kg, this can increase health risks if consumed. Pb concentration tests in fish and health risk analysis are required. The research results showed that 90% of the 60 fish samples at 4 TPIs in Ayah District, Kebumen Regency, exceeded the safe limit of 0.20 mg/kg set by BPOM RI 2018. Karang Duwur TPI had the highest average Pb content, namely 4.95 mg/kg.

Keywords: Heavy Metals; Lead; Fish; Health Risk Analysis..

PENDAHULUAN

Ikan merupakan sumber protein hewani yang baik yang tinggi akan nutrisi seperti protein hewani, lemak dan omega3 yang sangat diperlukan oleh tubuh manusia yang bermanfaat untuk salah satunya mengurangi resiko cardiovascular disease (CvD). Selain itu konsumsi ikan juga mengurangi resiko penyakit seperti risiko penyakit jantung koroner, diabetes, artritis, kanker dan baik untuk menjaga kesehatan anak dan ibu hamil (Purnama, 2018). Meskipun begitu ikan yang telah terkena paparan zat tertentu dapat membahayakan kesehatan tubuh manusia.

Logam berat merupakan salah satunya, karena memiliki potensi toksisitas bagi makhluk hidup. Menurut Adhani (2017), Logam berat ada beberapa jenis salah satunya Timbal (Pb) dimana ada banyak disekitar kita. Logam berat pada dosis kecil tidak membahayakan bahkan ada beberapa diperlukan bahkan memiliki berbagai kegunaan bagi kehidupan manusia. Namun apa bila terjadi paparan logam berat yang berlebihan (melewati baku mutu yang telah ditentuka) akan berpotensi menimbulkan masalah kesehatan (Koestoer, 1995 dalam Supriatno, 2009). Paparan logam berat bisa terjadi karena faktor seperti sampah rumah tangga, sampah pasar, proses erosi, sampah dan polusi perkotaan. (Supriatno, 2009).

Untuk itu sangat penting untuk meneliti pencemaran logam berat timbal (Pb) untuk mengetahui kadar aman cemaran zat ini di lingkungan. Ikan merupakan organisme yang perlu diteliti mengingat ikan merupakan komoditas utama yang kemungkinan bisa terpapar logam berat. Ikan adalah bagian dari makanan manusia dan banyak penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pencemaran logam yang terkandung dalam ikan. Kandungan logam pada tubuh (daging) ikan dianalisis karena merupakan bagian penting yang dikonsumsi manusia (Usero et all. 2003. dalam Yulaipei & Aunurohim, 2013). Kandungan Pb pada ikan sangat berbahaya apabila dikonsumsi oleh manusia dan terakumulasi secara berlebih pada tubuh. BPOM RI 2018 menyatakan bahwa batas aman kandungan logam berat yang terkandung pada ikan sebesar $< 0,20$ mg/kg sesuai dengan standar WHO (2008) menyatakan bahwa batas maksimum konsentrasi timbal yang terkandung dalam darah adalah ≤ 20 μ g/dL atau 0,20 ppm. Apabila akumulasi logam berat khususnya timbal apabila memapar pada tubuh manusia melebihi batas aman yang telah ditetapkan akan dapat menimbulkan risiko kesehatan seperti reaksi keracunan yang dapat ditandai dengan ciri-ciri seperti pucat, rasa sakit serta kelumpuhan. Menurut Kankia and Abdulhamid (2014), akumulasi timbal dalam tubuh juga menyebabkan gangguan pada sistem saraf, kerangka, enzimatik, endokrin, kekebalan tubuh, dan peredaran darah. Keracunan Pb pada anak dapat menurunkan kecerdasan bahkan dapat menyebabkan keterbelakangan mental (Widaningrum et all. 2007). Resiko kesehatan inilah yang mendasari pentingnya untuk menganalisis logam berat timbal (Pb) pada ikan. Terlebih pada tempat-tempat dimana masyarakat mendapatkan ikan untuk dikonsumsi. Seperti tempat-tempat dimana masyarakat mendapatkan ikan seperti pasar ikan, toko ikan, tempat pelelangan ikan dan lainnya.

Pada Kabupaten Kebumen sendiri merupakan daerah dengan produksi perikanannya yang tinggi. Dengan adanya banyak TPI (Tempat Pelelangan Ikan) yang ada pada beberapa titik pesisir wilayah di Kab. Kebumen. Tempat Pelelangan Ikan (TPI) adalah lokasi di mana nelayan menjual hasil tangkapan mereka kepada pembeli, yang kemudian melakukan proses tawar-menawar terhadap harga ikan yang telah disepakati, seiring dengan peningkatan penawaran dalam lelang. Dari banyak TPI yang ada 4 TPI berlokasi di Kecamatan Ayah merupakan TPI yang memiliki Produksi ikan yang tinggi. Keempat TPI ini, yaitu TPI Logending, TPI Argopeni, TPI Karangduwur, dan TPI Pasir, merupakan elemen penting dalam struktur ekonomi Kabupaten Kebumen karena mencatatkan nilai produksi tertinggi dibandingkan dengan TPI di kecamatan lainnya. Pada tahun 2017, keempat TPI di Kecamatan Ayah ini menghasilkan total produksi ikan

sebanyak 4.612.079,1 Kg dengan nilai produksi mencapai Rp 65.334.523.165. Dari nilai produksi perikanan pada tahun tersebut, TPI Karangduwur memimpin dengan produksi sebesar 2.783.146,20 Kg, diikuti oleh TPI Logending dengan produksi 907.515,90 Kg, TPI Pasir 760.033,60 Kg, dan TPI Argopeni dengan produksi 161.383,40 Kg. Mayoritas ikan yang dijual adalah spesies Layur *Trichiurus lepturus*, namun ada juga spesies lain seperti Tembang, Tongkol, Tengiri, Bawal Putih, Kakap Putih, dan berbagai jenis lain yang sering ditangkap oleh nelayan di Kecamatan Ayah. (Dinas Kelautan dan Perikanan Kab. Kebumen 2017). Selain itu Ke 4 TPI ini bukan hanya sebagai tempat pelelangan ikan namun juga bisa dijadikan destinasi wisata. Ini karena di kawasan pesisir Kec. Ayah memiliki banyak destinasi wisata, seperti wisata mangrove pasar ikan, Pelabuhan nelayan dan juga Kuliner merupakan beberapa dari tawaran wisata yang ada tidak jauh dari kebanyakan TPI yang berada pada kecamatan ini. Sebagai contoh TPI Logending dan TPI Karang Duwur yang dekat dengan kawasan Pelabuhan, pantai, dan area mangrove yang sering dijadikan tempat wisata warga.

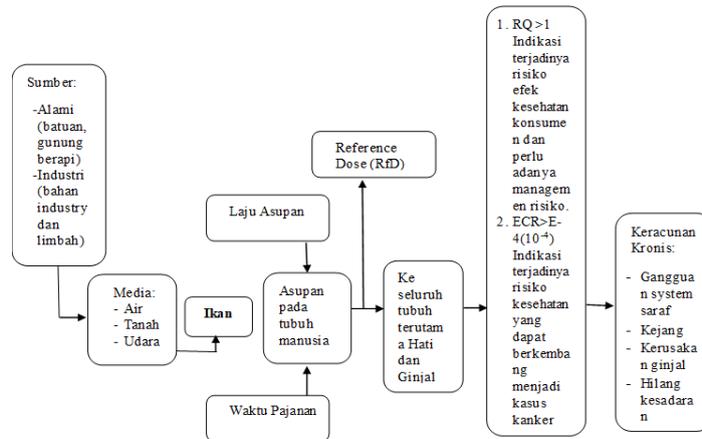
Dengan adanya lokasi seperti tempat wisata, Pantai dan kawasan Pelabuhan yang ada di sekitar area TPI secara tidak langsung akan mengundang banyak kegiatan manusia, baik untuk kegiatan wisata maupun untuk kegiatan perekonomian (jual beli Ikan). Selain itu, para nelayan di Kebumen umumnya menangkap ikan di perairan Teluk Penyus Kabupaten Cilacap yang dekat dengan PLTU Cilacap dan PLTU Adipala. Menurut Cyrum et al. (2019), PLTU dengan bahan bakar batu bara dapat mencemari perairan dengan logam berat seperti Pb, Cr, Cu, Ni, dan Cd. serta kandungan Pb pada undur-undur laut di sekitar PLTU mencapai 40,38 mg/Kg. Selain itu, Husein & Agung (2013) menyatakan bahwa kandungan Pb pada ikan di area sekitar PLTU mencapai 2,895µg/l. Tentu hal ini dapat menyebabkan polusi di area ini dan dapat mencemari ikan konsumsi yang di jual pada sekitar area TPI. Hal ini dapat meningkatkan risiko terpapar Pb pada manusia apabila mengkonsumsi ikan yang berasal dari lokasi yang tercemar Pb.

Melihat potensi bahaya kesehatan akibat paparan Pb pada manusia, perlu diambil tindakan Analisis Risiko Kesehatan (ARK). Analisis Risiko Kesehatan ialah suatu proses yang bertujuan untuk menggambarkan konsekuensi yang mungkin merugikan manusia akibat terpapar lingkungan yang berpotensi berbahaya (seperti yang dijelaskan oleh Aldrich pada tahun 1993). Proses analisis risiko terdiri dari empat tahapan kunci, yaitu mengidentifikasi potensi bahaya, mengevaluasi hubungan antara dosis dan respons (assessment dosis-respons), menilai tingkat paparan (assessment paparan), dan karakterisasi risiko itu sendiri. Merujuk pada Risk Assessment and Management Handbook tahun 1996, penilaian risiko kesehatan dapat dikelompokkan menjadi dua konsep utama, yakni penilaian risiko dan analisis risiko. Untuk menguraikan analisis risiko, terdapat tiga komponen penelitian yang harus dipertimbangkan, yaitu penilaian risiko, analisis kesehatan lingkungan yang terkait dengan risiko, dan manajemen risiko.

METODE PENELITIAN

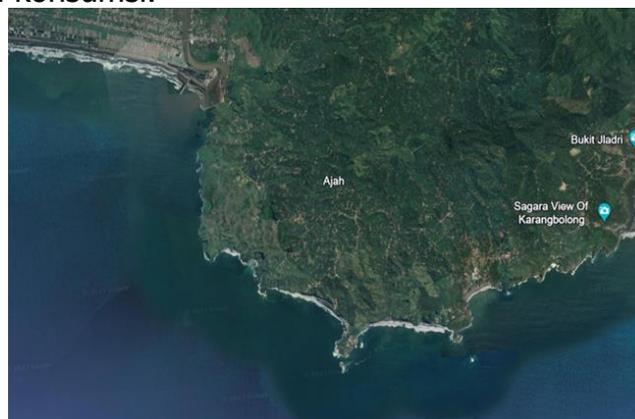
Sampel yang digunakan adalah ikan dengan metode pengambilan sample acak (simple random sampling). spesies yang di ambil ialah spesies paling sering ditangkap oleh nelayan saat itu, di Kecamatan Ayah. Sampel diambil dari 4 lokasi TPI yang berbeda di Kecamatan Ayah. Dari 4 lokasi pengambilan sampel diambil

3 jenis ikan (Layar Trichiurus lepturus, Jahan Pangasiidae, dan Bawal Bramidae,) dengan pengulangan sebanyak 5 kali/jenis ikan di 1 lokasi. Sehingga total sampel dari 4 lokasi yang berbeda ada sebanyak 60 sampel.



Gambar 1 Skema desain dan alur penelitian

Selain bahan sampel 3 jenis ikan alat yang digunakan untuk sampling berupa coolbox untuk penyimpanan sementara sampel ikan basah yang akan digunakan sebagai sampel, kertas label untuk menandai nama sampel, lokasi, dan berat ikan dan neraca analitik untuk mengukur berat basah pada ikan. Pengambilan sampel berada di Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen Provinsi Jawa Tengah. Titik pengambilan sampel dilakukan pada TPI Logending yang berada di Desa Logending, TPI Argopeni yang berada di Desa Agropeni, TPI Karangduwur yang berada di Desa Karang duwur, dan TPI Pasir yang Berada di Desa Pasir. Lokasi ini di pilih karena merupakan sentra utama dimana banyak masyarakat untuk mendapatkan ikan konsumsi.



Gambar 2 Lokasi tempat titik sampling TPI

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tingkat Kontaminasi Pb pada Ikan

Tabel 1. Perbandingan rata-rata Pb pada jenis ikan

| Jenis Ikan | Mean (mg/kg) | St.Dev (mg/kg) | Min - Max (mg/kg) | Baku mutu (mg/Kg) |
|-------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| Layur | 3,26 | 2,73 | 0,78 – 9,86 | 0,20 |
| Jahan | 4,18 | 2,92 | 1,37 – 10,94 | |
| Bawal Merah | 3,72 | 2,73 | 0,94 – 9,5 | |

Pada perbandingan kandungan Pb pada jenis ikan sendiri, kandungan tertinggi ada pada jenis ikan Jahan dimana ikan ini memiliki kandungan Pb paling tinggi dengan nilai mean sebesar 4,18 mg/kg. Nilai ini merupakan yang tertinggi apabila dibandingkan dengan rata-rata kandungan Pb pada jenis ikan lain. Sedangkan untuk jenis ikan yang memiliki nilai mean Pb terendah ada pada jenis ikan Layur *Trichiurus lepturus* dengan nilai mean Pb sebesar 3,26 mg/kg. Yang mana nilai ini merupakan nilai rata-rata yang paling rendah dari ketiga jenis ikan yang diuji. Untuk persebaran nilai data yang paling mendekati rata-rata dengan melihat nilai dari standar deviasi ada pada jenis ikan Layur *Trichirius lepturus* dan Bawal Merah *Colossoma macropomum* dengan nilai standar deviasi terkecil sebesar 2,73 mg/kg. Nilai ini merupakan yang terkecil apa bila dibandingkan dengan perberan data yang paling bervariasi apa bila dilihat dari paling besarnya nilai standar deviasi apabila dibandingkan dengan jenis lainnya. Nilai persebaran atau variasi data yang paling beragam sendiri ada pada jenis ikan Jahan *Arius Maculatus* dengan nilai standar deviasi yang paling tinggi sebesar 2,92 mg/kg.

Tabel 2. Perbandingan konsententrasi Pb pada setiap lokasi

| Lokasi | Mean (mg/Kg) | St.Dev (mg/Kg) | Min - Max (mg/Kg) | Baku Mutu (mg/Kg) |
|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| Logending | 2,03 | 1,64 | 0,94 – 5,97 | 0,20 |
| Argopeni | 4,67 | 2,79 | 1,5 – 10,94 | |
| Karang Duwur | 4,95 | 3,17 | 0,78 – 9,86 | |
| Pasir | 3,24 | 2,43 | 0,88 – 8,57 | |

Lokasi yang ada pada tabel merupakan tempat lokasi sampling ikan untuk dilakukan uji logam berat Pb. Dari ke-empat lokasi sampling pengujian Pb dapat dilihat kandungan Pb terendah ada pada desa Logending dengan mean kandungan Pb sebesar 2,03 mg/kg dengan minimal kandungan Pb yang teruji sebesar 0,94 mg/kg dan nilai tertingginya (Max) mencapai 5,97 mg/kg. Lokasi dengan kandungan Pb terbesar sendiri ada pada desa Karang Duwur dimana kandungan Pb pada lokasi ini mencapai mean 4,95 mg/kg dengan kandungan Pb minimal 1,5 mg/kg dan maksimal 10,94 mg/kg, yang mana ini merupakan kandungan Pb tertinggi apa bila dibandingkan dengan 3 lokasi yang lain. Untuk persebaran data Pb yang paling mendekati rata-rata sendiri ada pada lokasi Desa Logending dengan nilai Standar Deviasi yang terkecil sebesar 1,64 mg/kg sedangkan untuk keragaman data yang paling tinggi apa bila dilihat dari nilai standar deviasi yang tertinggi ada pada lokasi Desa Karang Duwur dengan nilai

sebesar 3,17 mg/kg.

Tabel 3. Uji ANOVA konsentersasi Pb

| Perbandingan Pb | F hitung | P-value | F crit (F table) |
|------------------------|------------------|----------------|-------------------------|
| Jenis | 0,536289683 | 0,587836536 | 3,158842719 |
| Lokasi | 4,15683451835258 | 0,009944183 | 2,769430932 |

Dilihat pada tabel 3 berupa hasil ANOVA pada perbandingan Pb yang dibagi berdasarkan jenis ikan dan lokasi, kedua perbandingan ini memiliki hasil yang berbeda. Dimana pada perbandingan konsentersasi Pb berdasarkan jenis ikan didapatkan hasil F hitung $0,536289683 < F \text{ tabel } 3,158842719$ dan nilai P-value $0,587836536 > 0,05$ ini menunjukkan bahwa H_0 diterima, ini berarti tidak ada perbedaan rata-rata perbandingan konsentersasi Pb pada ikan berdasarkan jenisnya. Sedangkan untuk perbedaan konsentersasi Pb pada ikan yang didasarkan pada lokasinya didapatkan hasil F hitung $4,15683451835258 > F \text{ tabel } 2,769430932$ dan nilai P-value $0,009944183 < 0,05$ ini menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti ada perbedaan rata-rata perbandingan konsentersasi Pb pada ikan berdasarkan lokasinya.

2. Pola Konsumsi dan Asupan Pb

Data pola konsumsi dan laju asupan ikan ini didapat kan melalui kuesioner dan wawancara. Data dari kuesioner tersebut dibagi menjadi empat lokasi sesuai dengan tempat lokasi sampling (wawancara). Dimana ke empat lokasi ini terbagi menjadi 4 desa yakni desa Logending, Desa Argopeni, Desa Karang Duwur dan Desa pasir. Dari data Laju asupan ini dapat dilihat bagaimana data konsumsi ikan Masyarakat di ke-empat desa ini.

Tabel 4 Pola dan laju konsumsi

| Lokasi | Pola Konsumsi ikan (g/hari) | | Laju konsumsi Ikan (g/hari) | | |
|---------------------|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|---------------|
| | Mean | Min-Max | Mean | Min-Max | St.Dev |
| Logending | 320 | 140 - 600 | 114,71 | 40 - 257,1 | 62,91 |
| Argopeni | 480 | 100-1000 | 185,71 | 28,6 - 428,6 | 119,34 |
| Karang Duwur | 407,5 | 100-1000 | 142,14 | 28,6 - 285,7 | 74,37 |
| Pasir | 302,5 | 100 - 500 | 119,29 | 57,1 - 214,3 | 42,86 |

Dari ke-empat lokasi yang dilakukan wawancara nilai rata-rata pola asupan harian ikan tertinggi apa bila dilihat dari tabel ialah lokasi Desa Argopeni dengan nilai mean pola asupan mencapai 480 g/hari dan laju asupan rata-rata 185,71 g/hari, dengan minimal nilai pola asupan ikan sebesar 28,6 g/hari yang merupakan nilai minimal laju asupan terkecil apa bila dibandingkan pada 3 lokasi yang lain dan nilai laju asupan maksimal sebesar 428,6 g/hari, nilai laju asupan maksimal ini merupakan yang tertinggi dari ke 3 lokasi yang lain. Sedangkan lokasi dengan nilai mean pola asupan yang paling sedikit ada pada lokasi Desa Logending yang hanya mencapai rata-rata 302 g/hari dengan nilai laju asupan sebesar 114,71 g/hari dan nilai laju asupan minimal dan maksimal sebesar 57,1 g/kg (min) dan 257,1 g/kg (max). Untuk persebaran variasi data yang paling mendekati rata-rata sendiri ada pada lokasi Desa Pasir yang memiliki nilai standar deviasi yang paling kecil dibandingkan dengan lokasi yang lain dengan nilai 42,56 g/hari. Sedangkan nilai persebaran data dengan variasi paling tinggi dengan nilai standar deviasi yang paling besar terdapat pada lokasi Desa Argopeni dengan nilai

119,34 g/hari.

3. Karakterisasi Risiko Kesehatan

Berdasarkan dengan nilai-nilai yang sudah didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan analisis risiko. Analisis risiko ini dilakukan untuk menentukan apakah agen risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis berisiko untuk dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat (dengan karakteristik seperti berat badan, laju konsumsi, durasi paparan, dan frekuensi tertentu) atau tidak. Langkah analisis risiko mempunyai dua karakterisasi yakni tingkat risiko pada efek non-karsinogenik RQ (Risk quotient) dan karakterisasi risiko pada efek karsinogen ECR (Excess Cancer Risk). Sebelum bisa mendapatkan nilai analisis risiko kesehatan RQ maupun ECR diperlukan adanya nilai intake. Nilai intake ini didapatkan dari analisis data-data dari berbagai variabel seperti kandungan Pb, durasi paparan, berat badan, laju konsumsi, frekuensi dan periode waktu rata-rata yang selanjutnya dianalisis dengan rumus dari Departemen Kesehatan. Pada karakterisasi risiko non-karsinogen, karakterisasi risiko dilakukan dengan membagi nilai intake non-karsinogen dengan Reference dose Pb (0,004) dan apabila nilai Intake > dari Rf D atau nilai RQ yang lebih dari 1 ($RQ > 1$) maka paparan Pb yang terjadi dinyatakan tidak aman untuk kesehatan dan memiliki potensi untuk menimbulkan masalah kesehatan. Sedangkan untuk karakterisasi risiko karsinogen ECR dilakukan dengan perhitungan intake dikalikan dengan SF (Slope Factor) Pb (0,0085) bilamana nilai $ECR > E-4$ (10^{-4}) maka paparan Pb yang terjadi dinyatakan unacceptable (tidak aman) dan berisiko untuk menimbulkan penyakit kanker. Dan berikut ini adalah tabel hasil analisis risiko kesehatan dari dua karakterisasi baik risiko non-karsinogenik (RQ) dan risiko karsinogenik (ECR).

Tabel 5. Tingkat risiko non-karsinogen RQ

| Lokasi | Intake non Karsinogen | | | Reference dose (Rfd) Pb | Nilai RQ | | |
|--------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | intake min (mg/kg -hari) | intake mean (mg/kg -hari) | intake max (mg/kg -hari) | | intake min (mg/kg -hari) | intake mean (mg/kg -hari) | intake max (mg/kg -hari) |
| Logending | 0,602 | 1,3 | 3,822 | | 150,44 | 324,88 | 955,44 |
| Argopeni | 5,039 | 15,689 | 36,753 | | 1259,80 | 3922,19 | 9188,16 |
| Karang Duwur | 1,891 | 11,879 | 23,904 | | 472,75 | 2969,86 | 5976,09 |
| Pasir | 2,002 | 7,373 | 19,502 | 0,004 | 500,62 | 1843,21 | 4875,40 |

Berdasarkan tabel diatas hasil dari intake non-karsinogen berdasarkan perbandingan disetiap lokasi lokasi Argopeni dan Karang Duwur memiliki rata-rata intake non-karsinogen paling tinggi masing-masing sebesar 15,689 mg/kg-hari dengan nilai min 5,093 mg/kg-hari, nilai max 36,753 mg/kg-hari (Argopeni) dan 11,879 mg/kg-hari dengan nilai min 1,891 mg/kg-hari, nilai max 23,904 mg/kg-hari (Karang Duwur). Meski kedua tempat tersebut namun apabila membandingkan dari kedua lokasi tersebut intake non-karsinogenik paling tinggi ada pada lokasi Argopeni. Sedangkan untuk lokasi dengan intake non-karsinogenik paling sedikit ada pada lokasi Logending dengan nilai rata-rata intake sebesar 1,3 mg/kg-hari dan nilai min juga nilai maksimal masing-masing sebesar 0,602 mg/kg-hari (minimal), 3,822 mg/kg-hari (maksimal).

Nilai RQ ini Tidak jauh berbeda dengan hasil intake non-karsinogenik pada nilai RQ yang paling tinggi ada pada lokasi masih berada di lokasi Argopeni dengan nilai RQ sebesar 3922,19 mg/kg-hari dan nilai maksimal juga minimal RQ sebesar 9188,16 mg/kg-hari (maksimal), 1259,80 mg/kg-hari (minimal). Pada lokasi Karang Duwur juga memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dengan hasil intake non-karsinogeniknya sebelumnya yang memiliki nilai tertinggi kedua setelah Argopeni dengan nilai rata-rata RQ sebesar 2969,86 mg/kg-hari dan nilai maksimal sebesar 5976,09 mg/kg-hari dan minimal sebesar 472,75 mg/kg-hari. Masih tidak jauh berbeda dengan hasil nilai intake non-karsinogenik sebelumnya lokasi di Logending juga memiliki nilai rata-rata RQ paling kecil dari ke 3 lokasi yang lain. Nilai RQ di Logending sendiri sebesar 324,88 mg/kg-hari nilai RQ ini merupakan yang paling kecil apa bila dibandingkan dengan nilai rata-rata RQ di Pasir yang mana paling mendekati apa bila dibanding lokasi yang lain, dengan nilai RQ sebesar 1843,21 mg/kg-hari.

Tabel 6 Tingkat risiko karsinogen ECR

| Variabel | Korelasi | | Regresi (<i>P-value</i>) | |
|----------------------------|----------|------|----------------------------|-----------|
| | RQ | ECR | RQ | ECR |
| Kandungan Pb (C) | 0,64 | 0,64 | 6,2*E-10 | 6,18*E-8 |
| Laju asupan (R) | 0,67 | 0,67 | 4,31*E-11 | 5,69*E-11 |
| Durasi Paparan (Dt) | 0,61 | 0,61 | 9,97*E-9 | 8,28*E-9 |
| Berat badan (Wb) | 0,2 | 0,19 | 0,8 | 0,86 |

Pada data intake karsinogen lokasi Argopeni dan Karang Duwur masih menjadi dua lokasi yang memiliki nilai rata-rata tertinggi. Kedua lokasi ini masing masing memiliki nilai intake karsinogen masing-masing sebesar 6,724 mg/kg-hari (Argopeni) dan 5,091 mg/kg-hari (Karang Duwur). Untuk nilai intake karsinogen yang paling kecil masih sama dengan hasil intake non-karsinogen sebelumnya dengan lokasi di Logending yang memiliki nilai rata-rata yang paling kecil. Nilai intake karsinogen di Logending ini memiliki nilai rata-rata sebesar 0,557 mg/kg-hari. Pada lokasi di Logending ini juga memiliki nilai rata-rata ECR yang paling rendah dibanding nilai rata-rata ECR dilokasi yang lain dengan nilai rata-rata ECR sebesar 0,0047 mg/kg-hari. Untuk nilai rata-rata ECR yang paling tinggi masih ada pada lokasi di Argopeni dengan nilai rata-rata ECR 0,0572 mg/kg-hari. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil dari nilai intake karsinogen dimana lokasi Argopeni memiliki nilai rata-rata yang paling tinggi dari pada lokasi yang lain dan lokasi di Logending memiliki nilai rata-rata yang paling rendah diantara semua lokasi.

Untuk mengetahui seberapa berpengaruhnya sebuah variable terhadap tingkat risiko kesehatan maka diperlukan uji korelasi dan regresi. Dengan uji korelasi dan regresi ini akan diketahui variable manakah yang paling mempengaruhi hasil dari analisi risiko kesehatan baik untuk analisis efek non-karsinogenik maupun efek karsinogenik. Dari beberapa variable yang ada seperti kandungan Pb, laju asupan, durasi paparan dan berat badan dapat diketahui yang manakah dari berbagai variable ini yang paling berperan penting dalam menimbulkan bahaya kesehatan baik itu untuk efek non-karsinogenik maupun efek karsinogenik.

Tabel 7 Korelasi dan regresi

| Variabel | Korelasi | | Regresi (<i>P-value</i>) | |
|---------------------|----------|------|----------------------------|-----------|
| | RQ | ECR | RQ | ECR |
| Kandungan Pb (C) | 0,64 | 0,64 | 6,2*E-10 | 6,18*E-8 |
| Laju asupan (R) | 0,67 | 0,67 | 4,31*E-11 | 5,69*E-11 |
| Durasi Paparan (Dt) | 0,61 | 0,61 | 9,97*E-9 | 8,28*E-9 |
| Berat badan (Wb) | 0,2 | 0,19 | 0,8 | 0,86 |

Dari Tabel korelasi dapat diketahui nilai P-value regresi menunjukkan bahwa variable laju asupan, kandungan Pb pada Ikan & lamanya pajanan memiliki nilai P-value yang lebih rendah dari 0,5 atau <0,5 yang mana angka ini menunjukkan bahwa ketiga variable ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap terjadinya risiko kesehatan yang diakibatkan oleh paparan logam berat Pb.

4. Manajemen Resiko

Dari hasil tabel-tabel sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa kandungan Pb pada ikan dan pola konsumsi ikan oleh masyarakat berpotensi menimbulkan masalah kesehatan. Variabel yang sangat mempengaruhi risiko cemaran Pb pada ikan adalah konsentrasi Pb (C) yang melebihi batas aman serta laju konsumsi ikan (R). Kedua variabel ini memiliki pengaruh yang lebih signifikan dibandingkan dengan variabel lain seperti durasi pajanan (Dt) dan berat badan (Wb) dalam potensi terjadinya masalah kesehatan pada masyarakat. Oleh karena itu, penting untuk menetapkan batas aman untuk kedua variabel ini guna mengurangi risiko terjadinya masalah kesehatan akibat kandungan Pb pada ikan.

Tabel 8 Batas Aman Konsumsi Ikan dan Kandungan Pb pada Ikan

| Lokasi | Non-Karsinogen | | Karsinogen | |
|-----------|----------------|---------------------|--------------|---------------------|
| | C Pb (Mg/Kg) | R Laju konsumsi (g) | C Pb (Mg/Kg) | R Laju konsumsi (g) |
| Logending | 0,00625 | 0,35309 | 0,04288 | 2,42319 |
| Argopeni | 0,00119 | 0,04735 | 0,00817 | 0,32495 |
| Karang | | | | |
| Duwur | 0,00165 | 0,04728 | 0,01132 | 0,32515 |
| Pasir | 0,00176 | 0,06472 | 0,01206 | 0,44413 |
| Rata-rata | 0,00271 | 0,12811 | 0,01861 | 0,87935 |

Data dari tabel 8 diatas merupakan batas aman kandungan Pb (C) yang bisa dikonsumsi oleh masyarakat dan berapa gram ikan yang bisa dikonsumsi oleh masyarakat agar terhindar dari potensi timbulnya masalah kesehatan. Apabila dilihat kembali dari rata-rata data berbagai variabel yang telah didapat sebelumnya seperti R (laju asupan), Dt (durasi pajanan) dan Wb (berat-badan). Dari hasil rata-rata data variabel tersebut mempengaruhi batas aman kandungan Pb (C) yang aman pada ikan agar bisa aman dikonsumsi oleh masyarakat. Dapat dilihat pada tabel 8 batas aman kandungan Pb (C) pada setiap lokasi berbeda-beda sesuai dengan data rata-rata variabel yang ada pada masing-masing lokasi. Dengan rata-rata variabel yang ada diperlukan kandungan Pb pada ikan 0,00271 mg/Kg (non-karsinogen) dan 0,01861 mg/Kg (karsinogen) < 0,20 mg/Kg yang merupakan baku mutu yang telah ditetapkan oleh BPOM RI tahun 2018 untuk bisa menghindari potensi masalah kesehatan baik non-karsinogenik maupun karsinogenik.

Untuk batas aman seberapa besar jumlah asupan ikan Untuk batas aman seberapa besar jumlah asupan ikan untuk bisa menghindari potensi masalah kesehatan pada masyarakat juga bervariasi pada tiap-tiap lokasi dipengaruhi dengan rata-rata variabel yang terdapat pada masing-masing lokasi tersebut seperti pada variabel C (konsentrasi Pb pada ikan), Dt (durasi pajanan) dan Wb (berat-badan). Pada tabel 8 diatas menampilkan batas konsumsi ikan yang aman dengan satuan gram yang dapat dikonsumsi oleh masyarakat perharinya. Rata-rata batas konsumsi ikan yang aman dikonsumsi oleh masyarakat perharinya harus dibawah 0,12811 g (non-karsinogen) dan 0,87935 g (karsinogen) < 1 gram yang mana angka ini sangatlah kecil apa bila dibandingkan dengan rata-rata konsumsi harian masyarakat setempat yang berkisar antara 100 – 1000 gram perharinya. Fungi yang hidup di lingkungan laut memegang peran vital dalam mengatasi pencemaran logam berat di air limbah dan tanah. Tiga varian dari *Mucor hiemalis* yang ditemukan di perairan menunjukkan kompatibilitas fisiologis dan kemampuan untuk meremedi berbagai jenis logam. Keberhasilannya terletak pada ketahanannya terhadap beragam jenis logam, kemampuan hiper-akumulasi, serta kemampuan untuk menginisiasi respons biologis yang kuat. Hal ini membuka peluang besar untuk pengembangan teknologi bioteknologi yang mampu menghilangkan, memisahkan, dan mengkonsentrasi ion logam secara bersamaan. Selain itu, spora dari *Mucor hiemalis* tetap dapat tumbuh dan berkembang tanpa kehilangan aktivitas biologisnya. Di sisi lain, genus *Aspergillus* dan *Penicillium* yang diisolasi dari air laut dan sedimen juga menunjukkan kemampuan menyerap kadmium (Cd) dengan signifikan, terutama dalam media Potato Dextrosa Agar dengan konsentrasi Cd yang bervariasi. Efisiensi penyerapan *Penicillium* mencapai sekitar 11,46%, sementara *Aspergillus* berkisar antara 10 hingga 13,87%. Sehingga bisa digunakan untuk bisa meminimalisir kandungan konsentrasi logam berat Pb di laut perairan Kec. Ayah dan secara tidak langsung akan mengurangi konsentrasi Pb pada ikan tangkapan nelayan sekitar.

Pembahasan

Dari berbagai hasil tabel diatas dapat kita lihat dari ke-empat lokasi uji Pb sebanyak 90% sampel ikan yang diambil terdeteksi mengandung logam berat timbal (Pb). Lebih dari pada itu kandungan logam berat yang ada dalam berbagai jenis ikan yang di ambil pada empat lokasi memiliki kandungan logam berat melebihi batas aman yang di tetapkan oleh BPOM (Badan Pengawas Obat dan Makanan) Republik Indonesia . Menurut peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan No.5 tahun 2018 mengenai batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan olahan sendiri menetapkan batas aman kandungan logam berat pada ikan konsumsi ini sebesar 0,20 mg/kg. ini mengindikasikan bahwa ikan pada semua daerah di keempat TPI ini tidak aman untuk dikonsumsi. Apabila jika dilihat dari kandungan rata-rata dari berbagai lokasi dengan kandungan Pb tertinggi terdapat pada lokasi TPI Karang Duwur yang memiliki mean kandungan Pb sebesar 4,95 mg/kg disusul oleh TPI Argopeni dengan angka 4,67 mg/kg. Angka Pb yang tinggi pada TPI Karang Duwur ini diakibatkan karena lokasinya yang dekat dengan objek wisata Pantai Menganti yang mengakibatkan banyaknya kendaraan yang lewat dan kegiatan disekitar TPI Karang Duwur menjadi lebih padat dibandingkan dengan TPI-TPI yang lain. Kegiatan lalintas kendaraan ini

dapat menghasilkan jumlah kandungan timbal di udara. Kegiatan aktivitas lalu lintas pada kendaraan bermotor akan menghasilkan gas buang yang mengandung logam berat pada udara dapat menempel pada ikan pada saat kegiatan lelang apabila kegiatan tersebut dilakukan pada pinggir jalan, terlebih apabila ikan tersebut tidak ditutup (Lalandos Et,all, 2022). Ditambah letak dari TPI Karang Duwur ini berada persis disamping jalan dengan jarak berkisar <100 meter. Menurut Zakaria, 2016 dalam Lalandos Et.all 2022 gas buang yang dikeluarkan kendaraan bermotor ke udara, 70% timbal yang terkandung akan terbawa dalam jarak 100 meter. Hal ini mengakibatkan mudahnya paparan Pb dan material toksik lain untuk menjadi sumber paparan Pb pada ikan yang dilelang di tempat ini. Diperparah dengan bangunan dari TPI Karang Duwur sangat terbuka membuat timbal dapat lebih mudah menempel pada peralatan dan lantai TPI membuatnya terkontaminasi yang akan berpindah ke ikan saat ikan diletakan sementara dan saat kegiatan pelelangan berlangsung. Terlebih pada hari-hari tertentu seperti hari libur yang membuat area TPI Karang Duwur ini menjadi lebih padat dari biasanya dengan lebih banyaknya wisatawan yang datang ke objek wisata Pantai Menganti. Pada hari-hari libur dan weekend area pada sekitar TPI Karang Duwur akan penuh dengan kendaraan bermotor, baik yang hanya lewat maupun parkir disekitaran TPI. Dengan banyaknya wisatawan ini juga membuat lantai lokasi tempat yang biasanya untuk meletakan ikan seusai nelayan melaut menjadi kotor karena sampah dan wisatawan yang berjalan maupun berteduh di TPI Karang Duwur. Tidak Jauh berbeda dengan TPI Karang Duwur, TPI seperti TPI Agopeni dan TPI Pasir juga memiliki ciri-ciri yang sama yakni ruangan tempat pelelangan yang terbuka dari dunia luar dan letaknya yang tidak jauh dari jalan, membuat mudahnya ikan pada kedua TPI ini terpapar logam berat Pb maupun material-material yang lain. Perbedaan kandungan Pb terhadap bangunan TPI yang terbuka dengan bangunan yang cenderung tertutup dapat dilihat perbedaan kandungan Pb pada Tabel 1.2 dimana urutan tertinggi kandungan Pb berada pada TPI Karang Duwur, Argopeni & Pasir dimana ketiga TPI ini memiliki bangunan yang terbuka dan lokasinya yang berdampingan dengan jalan tempat lalu-lalang kendaraan bermotor. Berbeda dengan ketiga TPI yang memiliki bangunan terbuka TPI Logending memiliki bangunan tertutup dimana tempat berlangsungnya pelelangan/jual beli ikan berada di ruangan yang terpisah dari dunia luar dan juga letak TPI-nya yang memiliki jarak yang lebih jauh dengan jalan dimana tempat berlalu-lalangnya kendaraan bermotor. Dengan demikian membuat TPI Logending ini memiliki kandungan Pb yang cenderung lebih rendah dari TPI yang lain dengan mean Pb sebanyak 2,03 mg/kg angka ini merupakan yang terkecil apa bila dibandingkan dengan rata-rata kandungan Pb pada TPI yang lain. Meskipun begitu angka kandungan Pb di TPI Logending ini tetap saja lebih tinggi dari dari batas aman kandungan Pb ikan konsumsi yang ditetapkan BPOM RI tahun 2018. Ini dikarenakan ikan yang ada sudah mengalami proses bioakumulasi Pb sebelum ditangkap oleh nelayan setempat. Apa bila kita lihat lokasi penangkapan ikan yang dilakukan oleh nelayan di Kebumen berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh CAS Negari et.all 2017 berikut ini.

asupan tertinggi apa bila dibandingkan dengan lokasi yang lain. Pada lokasi ini angka pola asupan hingga mencapai mean tertinggi 480 g/hari dan laju konsumsi 185,71 g/hari (Tabel 2.1).

Dengan tingginya laju asupan pada responden di setiap lokasi, tentu ini akan meningkatkan resiko paparan Pb yang sangat besar dan bisa membahayakan kesehatan. Sehingga perlu adanya analisis resiko kesehatan untuk mengetahui paparan Pb yang terjadi pada masyarakat sekitar. Analisis Pb dilakukan dengan dua karakteristik untuk efek non-karsinogen dan karsinogen. Untuk efek non-karsinogen dapat dilihat pada Tabel 3.1, dari 4 lokasi yang dilakukan uji semua lokasi paparan Pb yang terjadi bisa menimbulkan risiko kesehatan. Dengan Masyarakat di desa Argopeni mempunyai paparan tertinggi dengan nilai mean paparan sebesar 35,12 mg/kg-hari dengan nilai RQ 8780 > 1 yang mana angka ini menunjukkan bahwa paparan Pb pada Masyarakat di desa Argopeni berisiko menimbulkan kesehatan. Lalu pada uji risiko kesehatan karsinogen untuk mengetahui apakah paparan Pb yang terjadi berpotensi menimbulkan kanker. Tidak jauh berbeda dengan hasil uji, lokasi desa Argopeni menjadi yang paling berisiko timbul masalah penyakit kanker apabila dilihat pada Tabel 3.2 dengan nilai rata-rata paparan karsinogen sebesar 17,38 mg/kg-hari dan nilai ECR 0,14773 mg/kg-hari > E-4 (10⁻⁴). Meski begitu ke 3 lokasi yang lain juga memiliki nilai ECR > E-4 (10⁻⁴) yang berarti ketiga lokasi ini juga memiliki nilai yang unacceptable (tidak aman) untuk efek karsinogen.

Apabila kita lihat lagi ke hasil Tabel 1.2 dapat kita ketahui bahwa nilai kandungan Pb pada ikan di lokasi desa Karang Duwur ini memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada lokasi di desa Argopeni. Akan tetapi paparan Pb yang tertinggi terjadi pada Masyarakat yang ada di desa Argopeni. Hal ini dapat terjadi dikarenakan yang membuat tingginya paparan Pb pada masyarakat bukan dari satu variable saja melainkan dari banyak variable seperti tingkat laju konsumsi, berat badan dan lamanya durasi pajanan juga sangat berpengaruh pada tingginya paparan Pb pada suatu tempat. Pada Tabel 3.3 dapat dilihat seberapa pengaruhnya suatu variable terhadap risiko kesehatan baik untuk risiko karsinogenik maupun non-karsinogenik. Terlihat pada Tabel 3.3 nilai P-value regresi menunjukkan bahwa variable laju asupan, kandungan Pb pada Ikan & lamanya pajanan memiliki nilai P-value yang lebih rendah dari 0,5 atau <0,5 yang mana angka ini menunjukkan bahwa ketiga variable ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap terjadinya risiko kesehatan yang diakibatkan oleh paparan logam berat Pb. Nilai P-value ini sejalan dengan data yang ada pada Tabel 3.3 yang menunjukkan bahwa ketiga variable tersebut (laju asupan, kandungan Pb pada Ikan & lamanya pajanan) ini memiliki nilai korelasi yang mendekati 1, yang mana ini berarti ketiga variabel ini memiliki nilai tingkat korelasi yang kuat terhadap risiko kesehatan oleh padanan logam berat Pb. Namun dari ketiga variable yang memiliki nilai tingkat korelasi tertinggi tersebut, variable "laju asupan" ini memiliki nilai korelasi yang lebih tinggi dari pada variable yang lain dengan nilai korelasi sebesar 0,67 (baik untuk nilai RQ maupun ECR) nilai ini merupakan nilai korelasi yang paling mendekati 1. Ini berarti variable "laju asupan" ini memiliki nilai korelasi atau pengaruh yang paling kuat terhadap pajanan Pb yang terjadi pada Masyarakat.

Pengaruh dari laju asupan dan kandungan Pb pada ikan sangat memberikan pengaruh pada paparan Pb yang terjadi di masyarakat. Oleh karena itu sangat penting untuk mengetahui batas aman dari kedua variabel tersebut supaya masyarakat bisa menghindari paparan Pb yang berpotensi untuk membahayakan kesehatan baik secara non-karsinogenik maupun karsinogenik. Dapat dilihat pada tabel 4.1 bahwa batas konsentration Pb pada ikan agar aman supaya bisa dikonsumsi oleh masyarakat diperlukan sangat rendah dengan nilai 0,00271 mg/Kg (non-karsinogen) dan 0,01861 mg/Kg (karsinogen) < 0,20 mg/Kg yang merupakan batas aman sesuai dengan ketentuan BPOM RI 2018, apa bila ketiga variabel yang lain tidak berubah seperti Laju asupan, durasi pajanan, dan berat badan. Sedangkan apabila dengan variabel seperti konsentration Pb pada ikan, durasi pajanan dan berat badan tidak berubah maka batas asupan ikan yang aman berada pada nilai dibawah dibawah 0,12811 gram (non-karsinogen) dan 0,87935 gram (karsinogen). Dimana nilai batas asupan tersebut sangat lah jauh apa bila dibandingkan dengan pola konsumsi ikan pada masyarakat yang bisa mencapai antara 100 – 1000 gram per harinya. Untuk bisa menghindarkan masyarakat dari masalah kesehatan yang diakibatkan oleh Pb masyarakat perlu untuk bisa mengurangi konsumsi ikannya sesuai dengan batas yang telah ditetapkan diatas, atau dengan mengurangi kandungan Pb yang terkonsentration pada ikan sesuai batas yang telah ditetapkan.

Ikan merupakan sumber protein yang penting bagi masyarakat di desa pesisir Kec. Ayah terlebih banyak nelayan di desa-desa yang kesehariannya sangat berhubungan erat dengan ikan baik untuk dijual atau pun dikonsumsi. Untuk itu sangat sulit untuk mengurangi konsumsi ikan terlebih apabila dibatasi pada < 1gram perharinya. Sehingga hal paling memungkinkan yaitu dengan mengurangi potensi pencemaran Pb yang ada dan melakukan bioremediasi untuk dapat mengurangi kandungan Pb pada perairan yang mana akan secara tidak langsung mengurangi kandungan konsentration Pb pada ikan. Apa bila konsentration Pb pada ikan ini telah berkurang maka ikan akan aman untuk dikonsumsi sekaligus mengurangi polusi yang terjadi di lingkungan.

Untuk lebih meminimalkan risiko kesehatan yang disebabkan oleh logam berat Pb pada masyarakat, langkah-langkah perlindungan lingkungan perlu diambil untuk mengurangi konsentrasi Pb sebagai polutan alam. Salah satu caranya dengan melakukan bioremediasi. Hal ini bertujuan untuk mengurangi paparan berpotensi berbahaya terhadap polutan Pb yang dapat diserap oleh ikan. Ada berbagai teknik remediasi yang dapat dilakukan untuk melakukan proses perbaikan lingkungan dengan menggunakan makhluk hidup atau bioremediasi. Salah satunya menggunakan fungi laut dimana menurut Manguilimotan & Bitacur, 2018 dalam Lubis, 2019.

KESIMPULAN

Dari 60 sampel ikan yang diambil dari 4 TPI di Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen, 90% di antaranya memiliki kandungan Pb melebihi batas aman 0,20 mg/kg yang ditetapkan oleh BPOM RI 2018, dengan TPI Karang Duwur memiliki kandungan rata-rata Pb tertinggi mencapai 4,95 mg/Kg. Pola konsumsi ikan di 4 TPI sangat tinggi, terutama di desa Argopeni dengan nilai mean pola asupan mencapai 480 g/hari, sedangkan di Desa Logending nilai mean pola asupan paling

rendah hanya mencapai 302 g/hari, ini menunjukkan bahwa ikan merupakan sumber protein penting bagi masyarakat pesisir, terutama yang mayoritas berprofesi sebagai nelayan yang menjadikan angka konsumsi ikan tinggi. Berdasarkan karakteristik risiko kesehatan baik non-karsinogenik maupun karsinogenik, masyarakat di 4 TPI mengalami tingkat paparan yang tidak aman terhadap logam berat Pb pada ikan, dengan nilai RQ > 1 (non-karsinogenik), serta risiko karsinogenik yang tinggi, di mana nilai rata-rata ECR di keempat TPI melebihi batas aman yang ditetapkan oleh Kemenkes RI tahun 2012 (ECR > E-4 [10-4]), terutama di Argopeni dengan nilai rata-rata ECR 0,0572 mg/kg-hari, menunjukkan potensi risiko kesehatan masyarakat yang terpapar Pb dari 4 TPI melebihi batas aman dan berpotensi terkena kanker.

DAFTAR PUSTAKA

Pustaka yang berupa judul buku

- BADAN POM RI. (2018), Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan No.5 tahun 2018 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan Olahan. Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Departemen Kementrian Kesehatan. (2012), Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), Direktorat Jenderal PP dan PL Kementrian Kesehatan Tahun 2012.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Kebumen. (2017), Laporan Tahunan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Kebumen 2017. Jl. Arungbinang No.21 Kebumen-Jawa Tengah.

Pustaka yang berupa jurnal ilmiah

- Adhani, R. Husaini. (2017), Logam berat sekitar manusia. Banjarmasin. Lambung Mangkurat University Press.
- Aldrich, Tim E, and Jack Griffith. Environmental Epidemiologi and Risk Assessment. New York: Van Nos-trand Reinhold
- Chobitta Arethusza Sekar Negari, Imam Triarso, Faik Kurohman. (2017), Analisis Spasial Daerah Penangkapan Ikan Dengan Alat Tangkap Gill Net Di Perairan Pasir, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Cyrum Barnike Beru Ketaren, Agus Alim Hakim, Achmad Fachrudin, Yusli Wardianto. (2019), Kandungan Logam Berat Pb Undur-Undur Laut dan Implikasinya Pada Kesehatan Manusia. Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Kankia, H. I. and Abdulhamid, Y. (2014), Determination of Accumulated Heavy Metals in Benthic Invertebrates Found in Ajiwa Dam, Katsina State, Northern Nigeria. Arch. Appl. Sci. Res. 6: 80–87.
- M. V. Lalandos, R. Akili, & W. Joseph. (2022) Analisis Kandungan Timal (Pb) pada Ikan yang Dijual di Pinggir Jalan Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon Tahun 2021. J. KESMAS, vol. 11, 2022.
- Moh. Husein Sastranegara, Agung Dhamar Syakti. 2013. Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Belanak di Perairan Seraga Anakan Cilacap. Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Sumah Yulaipi dan Aunurohim. (2013), Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Supriatno & Lelifajri. (2009), Analisis Logam Berat Pb dan Cd Dalam Sampel Ikan Kerang secara Spektrofotometri Serapan Atom. Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan.

Widaningrum, Miskiyah dan Suismono. (2007), Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian. 3: 16 – 27.

Pustaka yang berupa disertasi/thesis/skripsi:

Syafrina Sari Lubis. (2019), Bioremediasi Logam Berat oleh Fungi Laut. Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.