

Analisis Risiko Kesehatan dan Kadar Timbal Dalam Darah: (Studi Pada Masyarakat yang Mengonsumsi Tiram Bakau (*Crassostrea gigas*) di Sungai Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang)

Puspito Raharjo¹, Mursid Raharjo², Onny Setiani²

¹ Mahasiswa Prodi Magister Kesehatan Lingkungan FKM Undip.

² Staf pengajar Bagian Kesehatan Lingkungan FKM Undip

Info Artikel : Diterima September 2017; Disetujui Februari 2018 ; Publikasi April 2018

ABSTRAK

Latar belakang: Tiram bakau merupakan salah satu biota air yang dikonsumsi masyarakat sekitar Sungai Tapak, Desa Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. Kehadiran tiram di Sungai Tapak diduga sudah terkontaminasi timbal. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko pajanan timbal terdapat dalam tiram yang dikonsumsi oleh masyarakat di sekitar Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian analitik observasional dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Subyek dalam penelitian ini berjumlah 35 orang yang mengonsumsi tiram bakau dan 10 orang diukur kadar timbal dalam darah.

Hasil: Hasil analisis menunjukkan nilai tingkat risiko timbal (HQ_{Pb}) 0,053, nilai (HQ_{pb}) <1. Itu artinya masyarakat Kelurahan Tugurejo yang mengonsumsi tiram masih aman dan tidak berisiko menimbulkan gangguan kesehatan untuk kondisi real time. Hasil pengukuran timbal dalam darah pada 10 orang responden menunjukkan rata-rata kadar timbal dalam darah 46,3 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Tidak ada hubungan antara tingkat risiko (HQ_{Pb}) dengan kadar timbal dalam darah, namun memiliki arah korelasi yang positif sehingga dapat diartikan bahwa semakin tinggi nilai HQ_{Pb} , maka semakin tinggi kadar timbal dalam darah.

Simpulan: Masyarakat yang mengonsumsi tiram bakau masih aman dan tidak berisiko menimbulkan gangguan kesehatan. diasumsikan pajanan timbal hanya berasal dari konsumsi tiram bakau dan tidak memperhitungkan pajanan dari sumber lain.

Kata kunci: ARKL; timbal; kadmium; Tiram Bakau; Sungai Tapak

ABSTRACT

Title: Health Risk Assesment And Blood Lead Levels: Study On Mangrove Oysters (*Crassostrea Gigas*) Consumers In Tapak River District Tugu Of Semarang City

Background: Mangrove oyster is one of the water biota consumed by the community around the Tapak River Tugurejo Village Tugu Subdistrict Semarang City. The presence of oysters in the Tapak River is suspected to have been contaminated by lead and cadmium heavy metals that can cause health problems. The purpose of this study was to analyze the risk of lead and cadmium exposure contained in oysters consumed by communities around Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo.

Method: This research was a observational analytic research with Environmental Health Risk Assesment (EHRA). The population in this study amounted to 35 people who consumed mangrove oysters dan 10 people measured blood lead levels.

Result: The analysis results show risk level of lead (HQ^{Pb}) 0.053, value of $HQ^{Pb} < 1$. It means that the people of Tugurejo Village who consume oysters are still safe and not at risk of causing health problems for real time conditions. The results of the measurement of lead in blood in 10 respondents showed average blood lead levels in 46.3 $\mu\text{g/dl}$. There is no relationship between risk level (HQ^{Pb}) with lead levels in the blood, but has positive correlation so that it can mean that the higher the HQ^{Pb} value, the higher the lead level in blood.

Conclusion: People who consume mangrove oysters are still safe and not at risk of health problems. It is assumed that lead exposure only comes from the consumption of mangrove oysters and does not take into account the exposure of other sources.

Keywords: EHRA; Lead; *Crassostrea gigas*; Tapak River

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan dalam beberapa tahun terakhir semakin banyak menarik perhatian karena dampak yang ditimbulkannya. Khususnya mengenai pencemaran air, ancaman serius terhadap kualitas perairan pantai (laut) di Indonesia adalah limbah industri, limbah manusia, pelumpuran dan turbiditas (kekeruhan) dari sungai, tumpahan minyak lepas pantai. Pencemaran air di sepanjang pantai utara Pulau Jawa di perbesar oleh adanya pemusatan industri di wilayah perairan tersebut. Pencemaran logam berat di perairan yang diakibatkan oleh dampak perkembangan industri harus dapat dikendalikan, karena jika tidak dilakukan sejak dini akan menimbulkan permasalahan yang serius bagi kelangsungan hidup manusia maupun lingkungan sekitarnya.¹

Wilayah Sungai Tapak secara geografis terletak di Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang Propinsi Jawa Tengah. Sungai Tapak tepatnya berada di sisi barat Kota Semarang yang berjarak sekitat 12 km dari pusat kota. Kecamatan Tugu merupakan salah satu kecamatan di Kota Semarang yang menjadi tempat berdirinya industri, baik industri kecil, menengah maupun besar dengan jumlah yang cukup banyak.²

Salah satu logam berat yang menjadi sumber pencemar yang berpotensi dapat menurunkan dan merusak kualitas lingkungan adalah Timbal (Pb). Sumber bahan pencemar di Sungai Tapak adalah berasal dari pemukiman penduduk, dan khususnya kegiatan industri yang menjadi prioritas karena letaknya yang berada dekat badan air Sungai Tapak. Limbah-limbah yang dibuang di aliran sungai merupakan limbah dari Kawasan Industri Tambakaji dan industri-industri yang berada di dekat aliran Sungai Tapak di Kecamatan Tugu.²

Timbal (Pb) mempunyai sifat persisten dan toksik serta dapat terakumulasi dalam rantai makanan. Absorpsi timbal di dalam tubuh sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Keracunan timbal ini menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak.³

Hasil uji pendahuluan pada air Sungai Tapak dan daging tiram bakau, ditemukan adanya kandungan

logam berat pada air sungai, timbal 0,462 mg/l. Kemudian ditemukan juga kandungan logam berat timbal pada daging tiram bakau sebesar 0,623 mg/kg.

Hasil survei pendahuluan juga diperoleh bahwa dari 20 masyarakat mengonsumsi tiram bakau sebanyak 250 gr/hari dengan frekuensi 2-3 kali/minggu. Jika hal ini dilakukan secara terus-menerus, dikhawatirkan akan menimbulkan efek yang merugikan bagi masyarakat yang mengonsumsi tiram bakau.

METODE PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan merupakan metode yang bertujuan untuk memperkirakan risiko yang diterima oleh masyarakat yang mengonsumsi tiram bakau (*Crassostrea gigas*) akibat pencemaran logam berat Pb (Timbal) di Sungai Tapak Kota Semarang dan untuk mengetahui kandungan Pb pada manusia.

Sampel subjek yang digunakan adalah sebanyak 35 orang yang terdiri dari warga Kelurahan Tugurejo, tepatnya RW 4. Diantara 35 responden diambil dipilih 10 orang responden dengan sistem *random sampling* yang akan digunakan sebagai evaluasi dampak kesehatan dan pembuktian ada atau tidaknya kandungan timbal dalam darah pada masyarakat yang mengonsumsi tiram bakau berdasarkan prediksi analisis risiko.

Sampel objek yang digunakan adalah air Sungai Tapak dan tiram bakau yang berasal dari Sungai Tapak Kota Semarang. Terdapat 4 stasiun pengambilan sampel, dimana dibutuhkan 2 liter air Sungai Tapak dan 500 gram tiram bakau pada masing-masing stasiun. Sampel air dan tiram selanjutnya akan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam beratnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

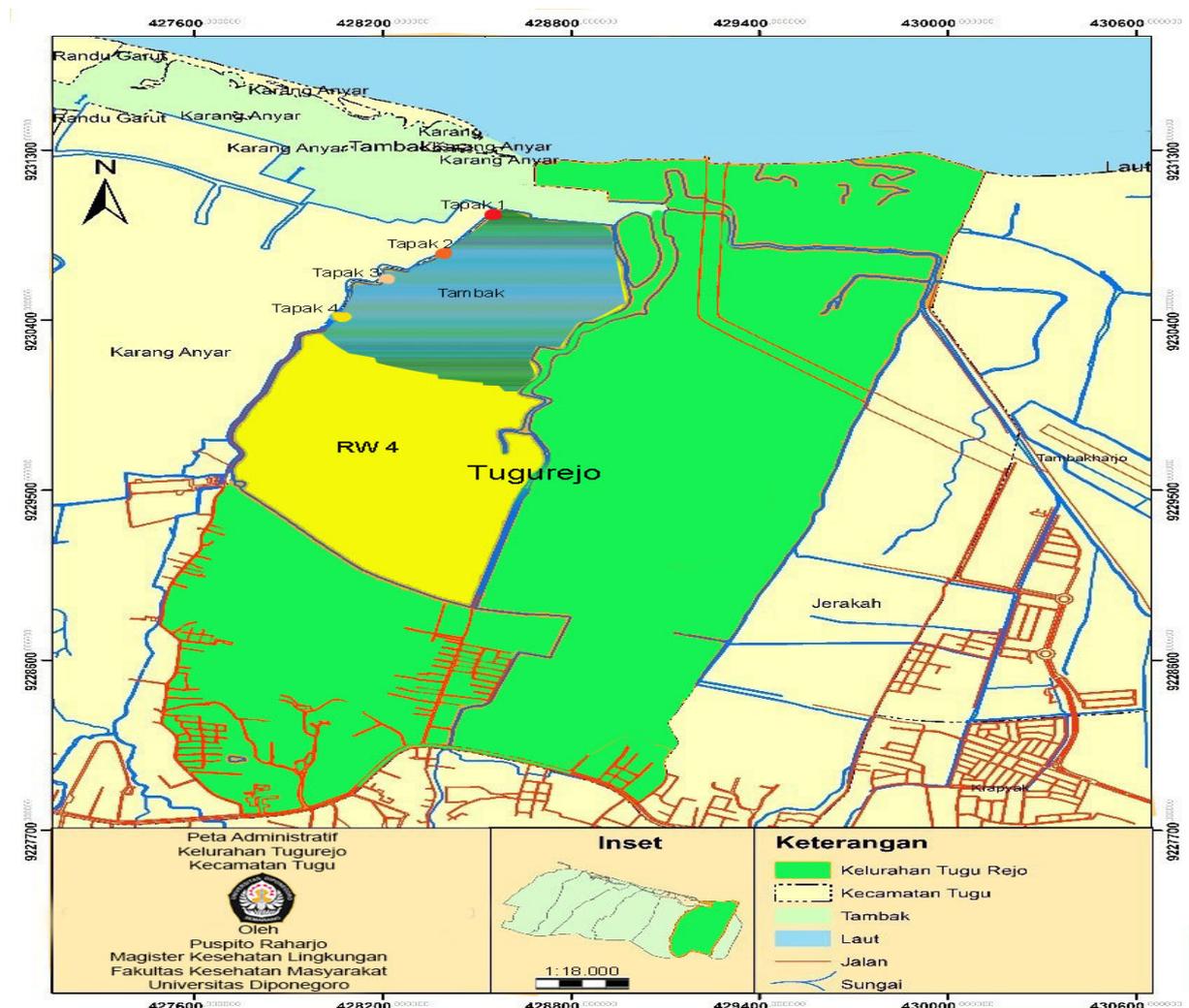
Konsentrasi Timbal di Air Sungai

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan rata-rata hasil konsentrasi timbal di air sungai pada masing-masing stasiun sebesar 0,03 mg/l. Konsentrasi timbal di air sungai sama dengan baku mutu sebesar 0,03 mg/l menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001

tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.⁴

Terjadinya hujan yang menyebabkan masuknya air hujan ke perairan akan mengakibatkan pengenceran

secara alami di badan air sehingga konsentrasi logam berat dapat memiliki hasil yang berubah-ubah dan berbeda-beda dalam setiap pengambilan sampel.



Gambar 1. Peta Pengambilan sampel air dan tiram bakau

Penelitian Suryanti (2016) menyatakan bahwa kandungan logam berat dalam air dapat berubah-ubah dan sangat tergantung pada lingkungan dan iklim. Pada waktu curah hujan tinggi, kandungan logam akan lebih kecil karena proses pelarutan akibat air hujan, sedangkan pada saat musim kemarau, kandungan logam berat akan lebih tinggi.⁵ Namun menurut Arifin (2017), salah seorang warga di Kelurahan Tugurejo, kebiasaan industri membuang limbahnya justru pada saat turun hujan. Hal ini bisa ditandainya dengan naiknya permukaan air sungai berbarengan dengan berubahnya warna air sungai menjadi hitam pekat.

Selain itu, tinggi rendahnya aktivitas produksi pada industri juga turut memberikan kontribusi dalam perubahan konsentrasi logam berat di badan air. Bisa disebabkan pada saat waktu pengambilan sampel, aktivitas produksi sedang tidak membuang limbahnya ke perairan sehingga konsentrasi logam berat menjadi rendah.⁶

Konsentrasi Timbal di Tiram Bakau (*Crassostrea gigas*)

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil konsentrasi timbal dalam daging tiram bakau

(*Crassostrea gigas*) pada titik sampling I sebesar 0,61 mg/kg, titik sampling II sebesar 0,49 mg/kg, titik sampling III sebesar 0,48 mg/kg, dan titik sampling IV sebesar 0,43 mg/kg. angka tersebut berada dibawah ambang batas telah ditetapkan oleh Peraturan Kepala Badan Pengawas obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor hk.00.06.1.52.4011 Tentang Penetapan Batas Maksimum Cemarana Mikroba dan Kimia Dalam Makanan dan Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 7387:2009) tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan, untuk cemaran logam timbal dan kadmium pada jenis kekerangan (*mollusca*) batas maksimum yang diperbolehkan adalah timbal 1,5 mg/kg.⁷

Hasil pengukuran kadar timbal tertinggi ada di stasiun 1 yaitu tepat di muara Sungai Tapak atau wilayah estuari dan hasil terendah pada stasiun 4 yaitu berada bagian paling hulu dari titik pengambilan sampel. Artinya semakin mengarah ke estuari atau muara sungai,

konsentrasi timbal dalam tiram bakau semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh proses pencampuran massa air sungai dan laut yang akan mempengaruhi konsentrasi logam berat terlarut. Hal ini disebabkan oleh proses pengenceran dan destabilisasi partikel yang kemudian diikuti dengan pengendapan ke sedimen. Selain dipengaruhi oleh masukan air tawar dan air laut, sedimen pada dasar perairan estuari juga sangat berperan penting dalam perubahan fase logam berat dari terlarut menjadi partikulat. Sebelum terjadi proses destabilisasi, partikel-partikel tersebut mengadsorpsi elemen atau senyawa kimia anorganik terlarut termasuk logam dan organik terlarut dan akan terdeposisi menuju sedimen. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian Hamzah dan Saputro (2013), tentang pola sebaran logam berat dan nutrisi pada musim kemarau diestuari Perancak, Bali. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi logam berat memiliki pola gradual yang semakin meningkat dari hulu menuju muara.⁶

Tabel 1. Timbal di Air Sungai dan Tiram Bakau

Sampel	Satuan	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV	Baku mutu
Air Sungai	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Tiram Bakau	mg/kg	0,61	0,49	0,48	0,43	1,5

Identifikasi bahaya

US EPA telah mengklasifikasikan bahwa timbal termasuk senyawa karsinogenik yang tergabung dalam kelompok B2. Timbal memungkinkan efek yang karsinogenik pada hewan, namun belum pada manusia karena kurangnya informasi yang memadai. *International Agency for Research on Cancer (IARC)* mengklasifikasikan bahwa senyawa-senyawa timbal anorganik memungkinkan efek karsinogenik pada manusia (Grup 2A), yang didapat berdasarkan data yang terbatas untuk efek karsinogenik pada manusia dan bukti yang cukup pada hewan.⁸

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) mengungkapkan bahwa meskipun timbal dikategorikan sebagai senyawa yang karsinogenik namun untuk paparan melalui jalur selain biasanya atau inhalasi, tidak menunjukkan adanya risiko karsinogenik. Data yang diperoleh dari studi epidemiologi menunjukkan bahwa data dari hasil percobaan tidak cukup untuk mengkonfirmasi adanya peningkatan risiko kanker pada manusia yang terpapar.^{8,9}

Analisis Paparan

Analisis paparan dengan melakukan perhitungan intake atau asupan dilakukan dengan menggunakan nilai-nilai yang sudah di analisis sebelumnya. Nilai-nilai yang digunakan untuk perhitungan asupan adalah konsentrasi timbal 0,0005 mg/gr, laju asupan 200

gr/hari, frekuensi paparan 104 hari/tahun, lama terjadinya paparan 11,8 tahun, dengan berat badan rata-rata 58 kg serta menggunakan nilai periode waktu rata-rata (t avg) adalah 30 tahun x 365 hari/tahun dan merupakan waktu *real time* dalam penelitian ini. Hasil perhitungan asupan timbal *real time* adalah sebagai berikut:

Ink (Pb)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}} = \frac{0,0005 \frac{\text{mg}}{\text{gr}} \times \frac{200 \text{gram}}{\text{hari}} \times \frac{104 \text{hari}}{\text{tahun}} \times 11,8 \text{tahun}}{58 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}} \\
 &= 0,0001932 \text{ mg/kg.hr} \\
 &= 1,932 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

Karakteristik Risiko

Untuk mengetahui tingkat risiko dilakukan dengan membandingkan nilai intake dengan nilai dosis referensi untuk timbal (Pb). RfD untuk timbal yang merupakan efek non karsinogenik untuk jalur paparan melalui ingesti adalah RfD $3,6 \times 10^{-3}$ mg/kg.hari.¹⁰ Perhitungan *Hazard Quotient* untuk konsumsi tiram bakau (*Crassostrea gigas*) pada paparan timbal adalah sebagai berikut:

$$HQ (Pb) = \frac{ink}{RfD}$$

$$HQ (Pb) = \frac{0,0001932 \frac{mg}{kg} \cdot hari}{3,6 \times 10^{-3} mg/kg \cdot hari} = 0,053$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai HQ sebesar 0,053, itu artinya dapat dikatakan bahwa pada saat ini (*real time*) populasi masyarakat masih aman dan tidak berisiko untuk mengonsumsi tiram bakau.

Kondisi *lifetime* dapat dihitung dengan menggunakan durasi pajanan *default* 30 tahun dan 50 tahun yang memberikan efek non karsinogenik. HI untuk durasi

pajanan 30 tahun adalah sebesar 0,139 dan untuk pajanan 50 tahun adalah sebesar 0,243, itu artinya masyarakat yang mengonsumsi tiram yang berasal dari sungai tapak masih aman dan tidak berisiko mengalami gangguan kesehatan untuk durasi pajanan 30 tahun dan 50 tahun dengan catatan sumber pajanan hanya berasal dari konsumsi tiram yang berasal dari Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo dan tidak memperhitungkan pajanan dari sumber yang lain. Hasil nilai HQ dan HI untuk durasi pajanan *real time* dan *lifetime* dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2. Tingkat Risiko Durasi Pajanan *real time* dan *lifetime*

Durasi Pajanan	Intake (mg/kg.hr)	RfD	HQ (Hazard Quotient)
Real time	0,0001932	$3,6 \times 10^{-3}$	0,053
Lifetime 30 th	0,00049	$3,6 \times 10^{-3}$	0,13
Lifetime 50 th	0,000818	$3,6 \times 10^{-3}$	0,227

Kadar Timbal dalam Darah

Hasil pemeriksaan kadar timbal dalam darah dari 10 responden seperti yang tertera dalam tabel 3, diketahui rata-rata kadar timbal dalam darah 46,3 µg/dl atau 0,46 ppm, dengan kadar timbal terendah adalah 31,9 µg/dl atau

0,31 ppm dan kadar timbal tertinggi adalah 66,3 µg/dl atau 0,66 ppm. Menurut Badan Kesehatan Dunia atau WHO, nilai ambang batas kandungan timbal dalam darah sebanyak 20 µg/dl atau 0,20 ppm.¹¹

Tabel 3. Nilai *Intake*, *Hazard Quotient* dan Kadar Timbal dalam Darah

No	Intake	Hazard Quotient	Kadar timbal dalam darah (µg/dl)
1	1.15×10^{-3}	0.321	41,2
2	1.51×10^{-3}	0.268	35,4
3	2.01×10^{-3}	0.560	41,6
4	7.59×10^{-4}	0.211	45,7
5	7.12×10^{-4}	0.198	36,9
6	1.34×10^{-3}	0.373	31,9
7	1.46×10^{-3}	0.407	43,5
8	2.15×10^{-3}	0.600	66,3
9	2.44×10^{-3}	0.679	56,3
10	9.63×10^{-4}	0.422	64,2
Rata-rata			46,3

Untuk melihat hubungan antara variabel HQ dengan kadar timbal dalam darah, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan uji Korelasi Rank Spearman.

Berdasarkan analisis korelasi rank spearman, diperoleh angka *pvalue* 0,06. Jika dilihat dari signifikansinya, yaitu sebesar 0,60 > lebih besar dari 0,05, maka artinya tidak ada hubungan yang signifikan antara nilai HQ dengan kadar timbal dalam darah. Namun koefisien korelasi bernilai positif, yaitu 0,0612, sehingga hubungan antara kedua variabel tersebut bersifat searah, dengan demikian dapat diartikan bahwa

semakin tinggi nilai HQ, maka akan semakin tinggi pula kadar timbal dalam darah.

Tidak ada hubungan antara nilai HQ dengan kadar timbal dalam darah disebabkan oleh masih rendahnya nilai *intake*/ asupan dan frekuensi pajanan masyarakat dalam mengonsumsi tiram bakau. Selain dipengaruhi oleh variasi nilai *intake*, pada saat pengambilan data, peneliti juga menanyakan sumber konsumsi lain yang berasal dari Sungai Tapak. Hasilnya diperoleh bahwa selain mengonsumsi tiram bakau, masyarakat sekitar juga sering mengonsumsi ikan-ikan yang bersumber dari

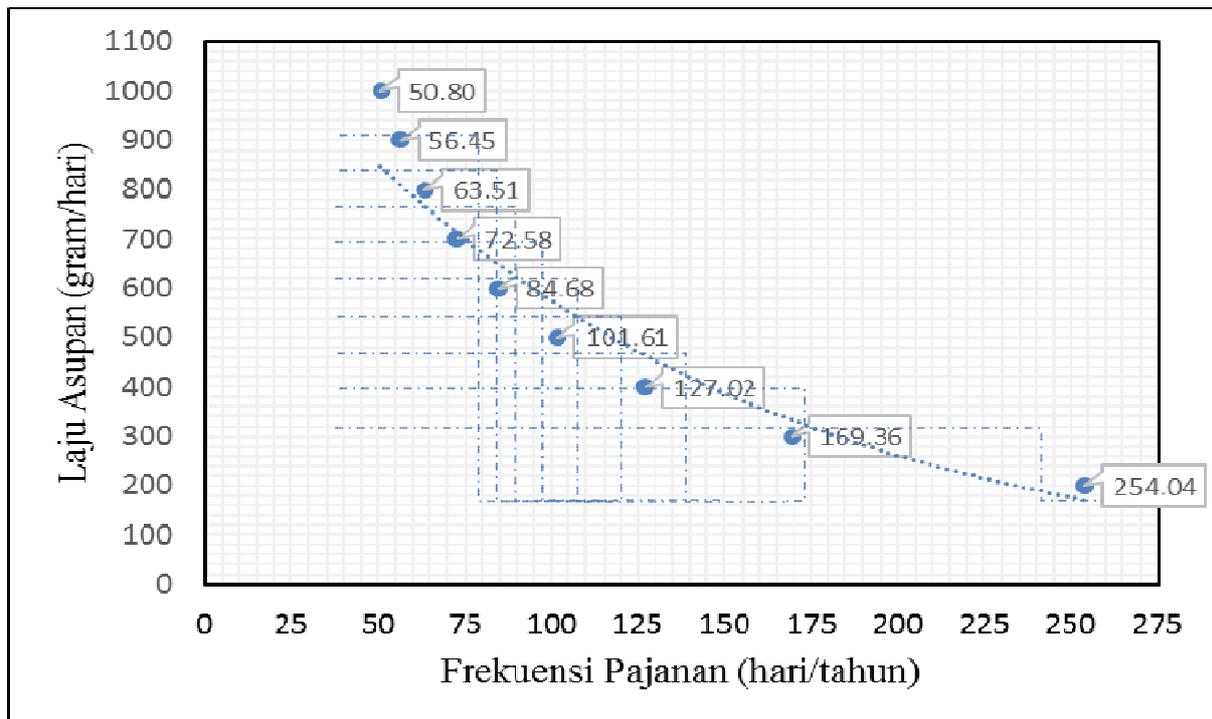
sungai tapak. Tingkat konsumsi ikan hampir setiap hari karena mayoritas masyarakat memiliki tambak ikan bandeng dan memiliki kebiasaan menangkap ikan disungai. Sehingga tingginya kadar timbal dalam darah juga dipengaruhi oleh konsumsi ikan-ikan tersebut. Pernyataan itu sejalan dengan penelitian Putra (2016), tentang tingkat risiko konsumsi ikan belanak yang mengandung timbal di Sungai Tapak Kota Semarang, diperoleh nilai *Risk Quotient* lebih dari 1 ($RQ > 1$) untuk pajanan *lifetime* 50 tahun.¹²

Penelitian ini, peneliti hanya mengukur pajanan melalui ingesti/ oral melalui konsumsi tiram bakau saja dan tidak memperhitungkan pajanan dari sumber yang lain. Sedangkan paparan timbal bisa diperoleh melalui mengonsumsi makanan, namun tidak semua senyawa timbal yang masuk melalui saluran cerna diserap oleh tubuh, melainkan hanya 15 % dari jumlah timbal yang masuk. Jumlah timbal yang masuk melalui saluran pernafasan sebesar 30 %. Timbal yang masuk melalui makanan akan diikutkan ke dalam proses metabolisme tubuh. Pada umumnya ekskresi timbal berlangsung sangat lambat. Ekskresi timbal yang lambat ini menyebabkan timbal akan mudah terakumulasi dalam tubuh.¹³

Manajemen Risiko

Meskipun dari hasil perhitungan didapatkan tingkat risiko untuk populasi masyarakat Kelurahan Tugurejo < 1 , namun demikian manajemen risiko harus tetap dilakukan agar dapat mempertahankan nilai HQ dan nilai risiko tidak lebih dari 1 (satu). Dengan melihat tingginya kadar timbal dalam darah pada masyarakat yang mengonsumsi tiram bakau, maka perlu dilakukan pengendalian dan pencegahan guna mereduksi timbal dalam darah masyarakat dengan melakukan upaya-upaya mengurangi pajanan dan menghambat adsorpsi timbal dalam darah. Salah satunya dengan memberikan *ethylen diamine tetra acetic* (EDTA) intravenous. *Ethylen diamine tetra acetic* akan mengikat kation Pb dalam tulang dan jaringan lunak.¹⁴ Pemberian kalsium dengan dosis 3 x 500 mg/hari selama 3 bulan juga dapat menurunkan kadar timbal dalam darah secara bermakna.¹⁵

Manajemen risiko dapat dilakukan dengan mempertahankan laju asupan aman dan frekuensi pajanan aman sebagaimana tertera pada gambar berikut:



Gambar 2. Batas aman Laju Asupan dan Frekuensi Pajanan

Pengendalian juga dapat dilakukan melalui pencegahan dengan mengurangi Sungai Tapak dari bahaya pencemaran logam berat di perairan yang dapat

menyebabkan tingginya konsentrasi logam berat timbal dan kadmium pada biota sungai baik itu ikan, udang, tiram dan lain-lain.¹⁴

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa masyarakat yang mengonsumsi Tiram bakau (*Crassostrea gigas*) masih dalam kategori aman dan belum berisiko terhadap kesehatan dengan nilai HQ < 1 baik untuk pajanan *real time* atau *life time*. Hasil pengukuran pada darah responden menunjukkan hasil bahwa tidak ada hubungan signifikan antara nilai HQ dengan kadar timbal dalam darah. Hal ini disebabkan karena pajanan timbal hanya berasal dari pajanan melalui ingesti dan berdasarkan konsumsi tiram bakau dan tidak memperhitungkan pajanan dari sumber yang lain baik inhalasi maupun dermal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amriani, Hendrarto B, Hadiyanto A. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) dan Kerang Bakau (*Polymesoda L.*) Di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 2011 9(2): 45-50
- Astrini ADR, Yusuf M, Santoso A. Kondisi Perairan Terhadap Struktur Komunitas Makrozobenthos Di Muara Sungai Karanganyar dan Tapak, Kecamatan Tugu Semarang. *Journal of Marine Research*. 2014; 3(1): 27-36
- Darmono. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press. 2001
- Pemerintah Republik Indonesia. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001*. Jakarta. 2001
- Suryanti A, Siswanto AD, Romadhon A. Kajian Parameter Oseanografi Dan Perbandingan Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Di Perairan Mengare-Kabupaten Gresik Dan Pulau Talango-Kabupaten Sumenep. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan*. 2016
- Hamzah F, Saputro PD. *Pola Sebaran Logam Berat dan Nutrien Pada Musim Kemarau di Estuari Perancak, Bali*. Balai Penelitian dan Observasi Laut, Balitbang-KP. 2013
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor Hk.00.06.1.52.401. *Penetapan Batas Maksimum Cemaran Mikroba Dan Kimia Dalam Makanan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2009
- IARC. *Agents reviewed by the IARC monographs: Volumes 1-99*. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. 2004.
- ACGIH. 2004. *Lead. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices*. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- Department of Environmental Affairs *The Framework for the Management of Contaminated Land*, South Africa. 2010
- IRIS. *Lead. Integrated Risk Information System*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. 2005
- Putra PDS, Sulistiyani, Budiyo. Analisis Risiko Kandungan Timah Hitam (Pb) Pada Ikan Belanak Di Sungai Tapak kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*. 2016; 4(5)
- U.S. Environmental Protection Agency .*Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part A) Office of Emergency and Remedial Response*; Washington, DC, USA: 1989.
- Storelli MM. *Potential Human Health Risks From Metals (Hg, Cd, and Pb) and Polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazardquotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs)*. Food and Chemical Toxicology. Elsevier, 2003.