

PENILAIAN RISIKO SEMIKUANTITATIF LOGAM BERAT PADA IKAN SALMON DI JABODETABEK

Nindya Hambar Wasisto*, Wini Trilaksani, Iriani Setyaningsih

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

Diterima: 31 Maret 2022/Disetujui: 21 April 2022

*Korespondensi: ahmadnindya@apps.ipb.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Wasisto, N. H., Trilaksani, W., & Setyaningsih, I. (2022). Penilaian Risiko Semikuantitatif Logam Berat pada Ikan Salmon di Jabodetabek. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2), 244-252. <http://dx.doi.org/>

Abstrak

Impor ikan salmon terus meningkat, sedangkan di beberapa perairan negara asal ikan salmon terdapat indikasi potensi bahaya pencemaran logam berat. Fenomena ini meningkatkan kesadaran tentang keamanan pangan konsumsi ikan salmon, oleh karena itu penilaian risiko sangat penting untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kandungan Hg, Pb, dan Cd pada daging ikan salmon serta mengkaji risiko logam berat pada konsumsi ikan salmon di wilayah Jabodetabek. Salmon sebanyak 132 ekor diambil secara acak dari Pelabuhan Tanjung Priok, analisis logam berat menggunakan instrumen *Flameless Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*, penilaian risiko berdasarkan metode *United States Environmental Protection Agency* dan *risk ranger* berdasarkan Ross dan Sumner, didukung oleh studi literatur dan kuesioner. Kandungan logam berat Hg, Pb, dan Cd masing-masing $0,0646 \pm 0,0056$; $0,00505 \pm 0,0446$; dan $0,0119 \pm 0,0006$ ppm menunjukkan masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh Badan POM-RI (0,5; 0,2; dan 0,1 ppm). Hasil penilaian risiko semi-kuantitatif untuk Hg, Pb, dan Cd adalah 0,0567; 0,0013; dan 0,0010 (kurang dari 1) yang menyiratkan bahwa konsumsi ikan salmon tidak memiliki potensi risiko bahaya. *Risk ranger* menunjukkan bahwa estimasi peringkat risiko logam berat berada pada kategori sedang. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa salmon yang diimpor dan dikonsumsi oleh warga Jabodetabek masih relatif aman.

Kata kunci: bioakumulasi, *hazard quotient*, kontaminasi, *risk ranger*, trout pelangi

Semi-Quantitative Risk Assessment of Heavy Metals in Salmon Distributed in Jabodetabek

Abstract

Salmon imports continue to rise, while there were indications in some waters of the salmon's origin country that is a potential danger of heavy metals contamination. This phenomenon raises awareness regarding the food safety of salmon consumption, therefore a risk assessment is crucial to be conducted. The purposes of this study were to determine the content of Hg, Pb, and Cd in salmon meat and to assess the risk of heavy metals in salmon consumption in Jabodetabek area. Salmon fish, 132 in total was randomly taken from Tanjung Priok Port, the heavy metal analysis used the Flameless ICP-MS instrument, risk assessment based on the USEPA method and risk ranger based on Ross and Sumner, supported by systematic literature review and questionnaires. The heavy metals Hg, Pb, and Cd in salmon were detected at 0.0646 ± 0.0056 ; 0.00505 ± 0.0446 ; and 0.0119 ± 0.0006 ppm, respectively, indicating that there were still below the thresholds set by BPOM-RI (0.5; 0.2; and 0.1 ppm). The results of the semi-quantitative risk assessment for Hg, Pb, and Cd were 0.0567, 0.0013, and 0.0010 (less than 1) implying that salmon consumption have no a potential risk of hazard. The risk ranger showed that the estimated risk ranking of heavy metals was in the medium category. Based on the results, it can be concluded that imported and consumed salmon by Jabodetabek residents was still relatively safe.

Keyword: bioaccumulation, contaminants, hazard quotient, rainbow trout, risk ranger

PENDAHULUAN

Salmon adalah salah satu jenis ikan yang tidak dimiliki Indonesia (Apriliani & Deswati, 2020), merupakan komoditas ikan impor yang diminati oleh konsumen (Chiesa *et al.*, 2020). Siskarin (2021) melaporkan pada tahun 2014 sampai 2020 volume impor ikan salmon melalui pelabuhan Tanjung Priok meningkat, persentase kenaikannya 6,17% dengan akumulasi volume impor 7.163 ton. Angka impor salmon tersebut sebagian besar terdistribusi di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi (Jabodetabek). Salmon didatangkan dari negara Norwegia dan Chili. Kedua negara tersebut adalah produsen utama ikan salmon budidaya dengan kapasitas produksi pertahun 1.210.000 ton dan 700.000 ton (Food and Agriculture Organization [FAO], 2020; Mowi, 2021).

Salmon memiliki banyak keunggulan, antara lain nilai gizi tinggi, harga cukup mahal (nilai ekonomis tinggi) dibandingkan dengan ikan lain, gizi kulit ikan salmon sama dengan daging ikan salmon, aman untuk dikonsumsi, dan kulit ikan salmon bisa diolah menjadi beberapa sajian makanan maupun camilan sehat (Utthavi *et al.*, 2019). Salmon mengandung omega-3 (n-3), omega-6 (n-6), *High Unsaturated Fatty Acid* (HUFA), *Eicosa Pentaenoic Acid* (EPA) dan *Docosa Hexaenoic Acid* (DHA) yang lebih baik dibandingkan dengan sumber protein berbasis darat, misalnya daging sapi, babi, dan unggas (Friesen *et al.*, 2015). Di sisi lain, terdapat potensi cemaran logam berat pada ikan salmon. Ikan salmon berpotensi mengandung logam berat.

Ikan salmon di perairan Rusia mengandung logam berat timbel (Pb) $0,78 \pm 0,10$ ppm dan kadmium $0,12 \pm 0,01$ ppm (Khristoforova *et al.*, 2015). Perairan Norwegia dilaporkan berpotensi tercemar logam berat dengan ditemukannya ikan *Brosme brosme* yang mengandung merkuri (Hg) 0,11-27,0 ppm pada jaringan hati, dan 0,20-2,6 ppm pada jaringan otot ikan (Rua-Ibarz *et al.*, 2019). Sedimen laguna *Verde Bay Valparaiso*, Chili, juga mengandung logam berat Pb $18,0 \pm 0,17$ ppm (Pavez *et al.*, 2018). Fenomena cemaran logam berat di negara asal ikan

salmon sangat berpotensi mengontaminasi ikan salmon. Jumlah polutan logam berat pada makanan berpotensi membahayakan kesehatan manusia (Rani & Verma, 2020).

Batas maksimum cemaran logam berat merkuri (Hg), timbel (Pb), dan kadmium (Cd) dalam pangan olahan adalah 0,5; 0,2; dan 0,1 ppm (Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan [Perkaban], 2018). Kandungan logam berat pada ikan salmon telah diteliti oleh beberapa peneliti (Easton *et al.*, 2002; Kelly *et al.*, 2008; Khristoforova *et al.*, 2015), namun upaya pengendalian melalui penilaian risiko logam berat pada ikan salmon, yang dipasarkan di wilayah *Jabodetabek*, belum banyak dikaji.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan logam berat Hg, Pb, dan Cd pada ikan salmon yang diimpor melalui pelabuhan Tanjung Priok dari negara Chili, China, dan Norwegia sebagai bahan untuk melakukan penilaian risiko logam berat pada konsumsi ikan salmon di Jabodetabek.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama penelitian ini adalah ikan salmon (*Oncorhynchus keta*, *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo salar*) yang diimpor melalui pelabuhan laut Tanjung Priok, air deionisasi, gas argon, HNO₃ 65% (*Merck*), H₂O₂ 30% (*Merck*), larutan standar merkuri, timbel, dan kadmium (*Spex Certiprep*). Alat yang digunakan untuk analisis logam berat adalah timbangan analitik ketelitian 0,0001g (*Boeco-Germany*), homogenizer (*tokebi*), freezer (*gea*), seperangkat alat *flameless Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS) (*Thermo Scientific*), *high performance microwave digestion system* (*Ethos UP*).

Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari empat tahap, yaitu identifikasi bahaya, penilaian dosis respons (karakterisasi bahaya), penilaian paparan, dan karakterisasi risiko. Tahap pertama mengidentifikasi risiko potensi paparan logam berat Hg, Pb, dan Cd pada ikan salmon, dan persyaratan (regulasi) batas maksimal kandungan logam berat Hg, Pb,

dan Cd pada produk perikanan. Tahap kedua penilaian dosis respons yang merupakan batas dosis yang dapat menyebabkan keracunan logam berat di dalam tubuh manusia. Penelitian ini menggunakan *dose response* atau dosis referensi logam berat berdasarkan *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). Tahap ketiga penilaian paparan. Penilaian dilakukan dengan melakukan survei konsumsi ikan salmon di Jabodetabek, kemudian dilakukan pengukuran paparan dengan memperhitungkan besarnya kandungan logam berat pada ikan salmon, konsumsi ikan salmon, dan berat responden berdasarkan *United States Environmental Protection Agency* [USEPA] (2000). Tahap keempat karakterisasi risiko logam berat dengan melakukan perhitungan risiko melalui rasio antara paparan dengan dosis referensi berdasarkan USEPA (2000), dan menentukan tingkat risiko menggunakan *spreadsheet risk ranger* (Ross & Sumner, 2002)

Identifikasi Bahaya Pengambilan sampel

Sampel ikan diambil dari Instalasi Karantina Ikan, yakni dari 132 titik sampel, masing-masing titik diambil 1 ekor ikan, yang terdiri dari 5 ekor *chum salmon* (*Oncorhynchus keta*), 10 ekor *coho salmon* (*Oncorhynchus kisutch*), 30 ekor *rainbow trout* (*Oncorhynchus mykiss*) dan 87 ekor *atlantic salmon* (*Salmo salar*) secara acak mengacu pada SNI 2326:2010. Setiap ikan bagian daging masing-masing 50 g. Sampel ikan salmon yang diambil dalam kondisi beku, selanjutnya ditransportasikan ke laboratorium Balai Uji Standar Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan menggunakan wadah *coolbox* dengan rasio 1:1 antara sampel dan *blue ice pack* (500 g daging : 500 g *ice*), agar tidak terjadi penurunan mutu dan kontaminasi saat pengambilan sampel, proses transportasi, dan penanganan.

Penyiapan sampel dan analisis

Setiap titik sampel dihomogenkan menggunakan *homogenizer* hingga lumat. Selanjutnya masing-masing sampel diambil 0,25 g untuk didestruksi menggunakan metode pengabuan basah dengan campuran HNO₃ (65%) 5 mL, dan H₂O₂ (30%) 2 mL. Pengujian kandungan logam berat (Hg, Pb, dan Cd) dilakukan menggunakan metode *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC), 2000 kemudian dianalisis menggunakan *Flameless Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS).

Penilaian dosis respons (Karakterisasi bahaya)

Reference dose atau dosis respons merupakan perkiraan asupan dosis maksimum harian yang diperbolehkan. Dosis respons berdasarkan USEPA disajikan pada Tabel 1.

Penilaian paparan konsumsi ikan salmon

Penilaian risiko semikuantitatif Hg, Pb, dan Cd mengacu pada USEPA, (2000). Asupan kontaminasi harian salmon secara oral dalam mg/kg/hari (*Estimated Daily Intake / EDI*) dihitung menggunakan rumus USEPA 2000 (persamaan 1).

$$EDI = \frac{Cm \times CR}{BW} \tag{1}$$

Dengan:

EDI = Paparan individu terhadap kontaminan kimia m (metal) dari mengonsumsi ikan (mg/kg/hari)

Cm = Kandungan kontaminan kimia m dalam porsi ikan yang dapat dimakan (mg/kg)

CR = Rata-rata tingkat konsumsi harian ikan (kg/hari)

BW = Berat badan individu konsumen (kg)

Tabel 1 Dosis respons (RfD) logam berat dan faktor kemiringan (SF) kadmium

Logam berat	RfD (mg/kg/day)	Acuan	SF (mg/kg/day)	Acuan
Hg	0.0001	USEPA	-	-
Pb	0.0035	WHO	-	-
Cd	0.0010	USEPA	6.1	USEPA

Pengambilan sampel responden melalui kuesioner pada *google spreadsheet* dilakukan terhadap 238 jiwa, terbagi dalam beberapa daerah yaitu Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi, dan luar Jabodetabek secara berurutan sejumlah (%) yaitu 25, 8, 8, 7, 24, dan 28. Kemudian responden dikelompokkan berdasarkan wilayah dan responden yang mengonsumsi salmon, sehingga terpilih 163 responden yang digunakan untuk menghitung *Estimated Daily Intake* (EDI). Data konsumsi rata-rata harian ikan salmon (kg/hari), frekuensi konsumsi salmon dan data rata-rata berat badan individu konsumen (kg) diperoleh dari kuesioner.

Karakterisasi risiko

Penentuan *targeted hazard quotient*

Karakterisasi risiko USEPA (2000) menggunakan perbandingan (rasio) nilai eksposur terhadap *Reference doses* (RfD) (persamaan 2). Potensi risiko logam berat terhadap kesehatan manusia terbagi menjadi 2, yaitu bersifat karsinogenik dan non karsinogenik. Potensi risiko logam berat non karsinogenik diukur menggunakan nilai *Targeted Hazard Quotient* (THQ) dengan persamaan (USEPA, 2000).

$$THQ = \frac{EDI}{RfD} \quad (2)$$

Dengan:

EDI = Paparan individu terhadap kontaminan kimia m dari mengonsumsi ikan (mg/kg/hari)
RfD = Kandungan kontaminan kimia m dalam porsi ikan yang dapat dimakan (mg/kg)

RfD merupakan perkiraan asupan dosis maksimum harian yang diperbolehkan, jika $HQ > 1$ maka populasi terpapar berpotensi menimbulkan bahaya, begitu pula sebaliknya. Risiko asupan logam berat secara bersama-sama dihitung menggunakan *Hazard Index* (HI), yang diasumsikan sebagai dampak kumulatif dari keseluruhan logam berat yang dievaluasi menggunakan persamaan 3. Jika nilai $HI < 1$ maka risiko kronis logam berat jarang terjadi, begitu pula sebaliknya.

$$HI = \sum HQ \quad (3)$$

Penentuan nilai risiko kanker

Risiko kanker/*Cancer Risk* (CR) dihitung menggunakan perkalian antara asupan harian (EDI) dengan faktor kemiringan kanker/*cancer Slope Factor* (SF) (persamaan 4). Risiko kanker diperkirakan sebagai proses panjang seorang individu sepanjang hidupnya. Sebagai contoh jika nilai CR adalah 10^{-4} menunjukkan bahwa 1 dari 10.000 individu terjadi perkembangan kanker dalam dirinya. Nilai risiko kanker dihitung menggunakan persamaan berdasarkan USEPA. Jika elemen-elemen yang berpotensi memicu kanker lebih dari satu maka potensinya diakumulatifkan. Risiko kanker berkisar antara 10^{-6} sampai 10^{-4} adalah memungkinkan, logam-logam yang bersifat karsinogenik yaitu krom (Cr), kadmium (Cd), arsen (As), dan nikel (Ni) (IARC 2012). Nilai RfD dan *Slope Factor* ditampilkan pada Tabel 1.

$$CR = EDI.SF \quad (4)$$

Spreadsheet risk ranger

Karakterisasi risiko *risk ranger* menggunakan perangkat lunak *risk ranger spreadsheet* berbasis *Microsoft Excel* 2019 yang mengacu pada Ross & Sumner (2002). Nilai *ranking* risiko (*risk ranking*) dilakukan berdasarkan sebelas jenis pertanyaan untuk mengetahui kategori bahaya peningkatan kadar logam berat (Hg, Pb, Cd) pada ikan salmon. Peluang (*probability*) bahaya logam berat kategori rendah (*low*) jika *risk ranking* menunjukkan angka < 32 , kategori sedang (*medium*) jika *risk ranking* 33-48, kategori tinggi (*high*) jika *risk ranking* > 48 . Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat diketahui tingkat keparahan (*severity*) dari bahaya logam berat yaitu tinggi, sedang, atau rendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Identifikasi Bahaya

Secara umum kandungan logam berat Hg, Pb dan Cd pada ikan salmon (Tabel 2) masih di bawah ambang batas maksimum logam berat dalam produk perikanan. Batas maksimum cemaran logam berat Hg, Pb, dan Cd pada ikan salmon yang dipersyaratkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM-RI) nomor 5

Tabel 2 Kandungan logam berat pada ikan salmon (n=132)

Tipe salmon		Hg (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)
Salmon chum (n=5)	Rata-rata	0.0600 ± 0.0008	0.0842 ± 0.0163	0.0122 ± 0.0003
	Jangkauan	0.0587 – 0.0613	0.0659 – 0.1125	0.0116 – 0.0126
Salmon koho (n=10)	Rata-rata	0.0607 ± 0.0016	0.0676 ± 0.0219	0.0121 ± 0.0003
	Jangkauan	0.0593 – 0.0647	0.0366 – 0.1123	0.0118 – 0.0129
Trout pelangi (n=30)	Rata-rata	0.0692 ± 0.0058	0.0416 ± 0.0377	0.0120 ± 0.0007
	Jangkauan	0.0613 – 0.0807	0.0076 – 0.1258	0.0112 – 0.0136
Salmon atlantik (n=87)	Rata-rata	0.0637 ± 0.0049	0.0497 ± 0.0481	0.0119 ± 0.0005
	Jangkauan	0.0558 – 0.0832	0.0022 – 0,2840	0.0109 – 0.0132
	Rata-rata	0.0646 ± 0.0056	0.0505 ± 0.0446	0.0119 ± 0.0006
	Jangkauan	0.0558 – 0.0832	0.0022 – 0.2840	0.0109 – 0.0136
MAC*	BPOM-RI	0.5	0.2	0.1

Information: *Maximum Allowable Concentration BPOM-RI nomor 5 tahun 2018

tahun 2018 yaitu 0,5; 0,2; dan 0,1 ppm secara berurutan. Berdasarkan hal ini, ikan salmon pada penelitian ini aman untuk dikonsumsi.

Rendahnya kandungan logam berat pada ikan salmon menunjukkan bahwa lingkungan perairan budi daya jauh dari wilayah perairan tercemar, kemudian pakan yang digunakan tidak mengandung logam berat sehingga tidak terjadi transfer logam berat dari pakan ke ikan salmon (Kelly *et al.*, 2008; Khristoforova *et al.*, 2015). Kandungan logam berat Hg, Pb dan Cd pada ikan salmon asal Norwegia, Kanada, dan Metuchen AS di bawah ambang batas *European Commission Regulation (EC) Nomor 629 Tahun 2008 dan Legal Notice no.66/2003 Heavy Metal Regulations Food Agricultural Organization (Easton et al., 2002; Kelly et al., 2008; Nøstbakken et al., 2015)*.

Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kandungan logam berat pada ikan. Abdel-Tawwab & Wafeek (2014) melaporkan bahwa suhu berpengaruh terhadap kandungan kadmium pada ikan. Hal ini disebabkan Metallothionein (MT) pada tubuh ikan berafinitas dengan logam berat (Hg, Cd, Cu, dan Zn). Metallothionein adalah protein yang mengandung banyak asam amino sistein, memiliki berat molekul yang rendah, serta memiliki kemampuan dalam mengikat dan mengkoordinasi atom-atom logam. Ketika suhu meningkat maka terjadi peningkatan afinitas antara Metallothionein dengan

logam berat (Hg, Cd, Cu, dan Zn) sehingga semakin terakumulasi pada tubuh ikan (Atli & Canli, 2003). Kondisi demikian berkorelasi positif terhadap hasil penelitian ini, bahwa kandungan logam berat yang rendah pada ikan salmon disebabkan oleh suhu perairan di negara Norwegia, yang berkisar 12 – 14°C.

Kandungan timbel pada salmon paling mendekati ambang batas persyaratan yang ditetapkan oleh BPOM dibandingkan dengan kandungan merkuri dan kadmium. Hal ini disebabkan oleh spesies salmonid, yang lebih sensitif terhadap timbel. Kondisi ini sesuai dengan penelitian Mance (1990) bahwa timbel dan nikel sensitif terhadap spesies salmonid. Kondisi pH perairan dapat memengaruhi toksisitas logam berat. Logam berat Cd, Cr, Pb, dan Ni pada pH di bawah 7 dapat meningkatkan toksisitasnya, karena kelarutan logam berat semakin meningkat (Mance, 1990). Nilai pH perairan laut pesisir berkisar 7,6–8,3 yang bersifat basa atau disebut alkali.

Penilaian Paparan Logam Berat (*Estimate Daily Intake*)

Hasil olah data 163 jiwa (responden) melalui kuesioner diperoleh frekuensi rata-rata konsumsi salmon 2-4 kali dalam setahun, dengan berat konsumsi harian 0,00605 kg/hari. Berat badan rata-rata konsumen adalah 71,13 kg. Nilai rata-rata *Estimated Daily Intake* (EDI) logam berat Hg adalah $5,7 \times 10^{-6}$

mg/kg/hari; Pb $4,4 \times 10^{-6}$ mg/kg/hari; dan Cd 1×10^{-6} mg/kg/hari dari konsumsi ikan salmon penduduk Jakarta Bogor Depok Tangerang Bekasi (Jabodetabek). Angka paparan logam berat Hg lebih tinggi dibandingkan dengan angka paparan Pb dan Cd. Kondisi ini dipengaruhi oleh kandungan Hg>Pb>Cd pada ikan salmon. Faktor lain yang memengaruhi paparan logam berat adalah jumlah konsumsi ikan salmon harian, dan rata-rata berat badan konsumen. Semakin tinggi konsumsi salmon dan kandungan logam berat, maka paparan logam berat semakin meningkat. Semakin rendah berat badan konsumen, maka paparan logam berat semakin meningkat. Data *estimasi daily intake* menunjukkan konsumsi ikan salmon sangat aman bagi konsumennya. Angka konsumsi rata-rata maksimum daging ikan salmon per hari dapat mencapai 0,771 kg/hari untuk potensi Hg, 34,509 kg/hari untuk potensi Pb dan 41,841 kg/hari untuk potensi Cd pada berat badan rata-rata 71,13kg. Pengaruh paparan logam berat pada kesehatan manusia dapat diketahui dengan analisis *Targeted Hazard Quotient* (THQ) pada tahap karakterisasi risiko.

Karakterisasi Risiko Targeted Hazard Quotient dan Hazard Index

Nilai *Targeted Hazard Quotient* (THQ) Hg, Pb, Cd dan nilai *Hazard Index* (HI) disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil analisis THQ, karakterisasi risiko logam berat pada ikan salmon tidak berpotensi memberikan risiko bahaya, hal ini disebabkan oleh kandungan logam berat pada ikan salmon sangat kecil (Tabel 2) di bawah ambang batas BPOM-RI. Selain itu, nilai *Total Hazard Quotient* (THQ) dan nilai *Hazard Index* (HI)

diperoleh kurang dari 1, yang berarti tidak berpotensi menimbulkan risiko bahaya.

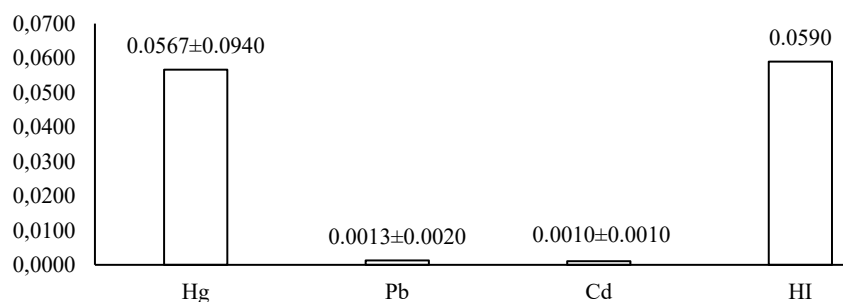
Nilai Risiko Kanker

Nilai *Cancer Risk* (CR) pada bahaya kadmium 1×10^{-5} . Logam berat kadmium bersifat karsinogenik, namun risiko kanker pada konsumsi salmon 1×10^{-5} , ini menunjukkan bahwa 1 dari 100.000 individu terjadi perkembangan kanker dalam dirinya. Batas risiko yang dapat ditoleransi yaitu 10^{-6} - 10^{-4} , dimana sepuluh ribu sampai sejuta penduduk hanya satu yang berpotensi terkena kanker. Asupan logam berat melalui ikan salmon bukan mata rantai paparan logam berat.

Spreadsheet Risk Ranger

Hasil karakterisasi risiko logam berat pada ikan salmon (Gambar 1) menunjukkan bahwa nilai *Target Hazard Quotient* masing-masing logam berat Hg, Pb, dan Cd serta *Target Hazard Index* di bawah 1, sehingga diasumsikan bahwa produk tersebut tidak berpotensi menimbulkan bahaya. Kemudian, hasil estimasi karakterisasi risiko menggunakan perangkat lunak *risk ranger spreadsheet* yang mengacu pada Ross & Sumner (2002) disajikan pada Tabel 3.

Selain menggunakan metode USEPA, karakterisasi risiko logam berat pada ikan salmon juga dilakukan menggunakan metode *Spreadsheet risk ranger* (Ross & Sumner, 2002). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakterisasi risiko termasuk dalam kategori sedang dengan peringkat Hg 46, Pb 37 dan Cd 36. Perkiraan potensi penyakit per tahun adalah 1.760 jiwa untuk Hg, 40 jiwa untuk Pb, dan 32 jiwa untuk Cd dari 14.078.812 jiwa penduduk Jabodetabek.



Gambar 1 Nilai *Targeted Hazard Quotient* (THQ) Hg, Pb, Cd dan nilai *Hazard Index* (HI)

Tabel 3 Penilaian risiko semikuantitatif logam berat (Hg, Pb and Cd) pada ikan salmon di Jabodetabek

Kriteria risiko dan deskripsi		
A. Tingkat keparahan dan populasi yang dapat terkena bahaya logam berat		
1	Tingkat keparahan bahaya logam berat	Bahaya ringan (terkadang membutuhkan perhatian medis)
2	Seberapa rentan konsumen?	Umum (semua anggota populasi)
B. Kemungkinan paparan manusia		
3	Frekuensi konsumsi	Beberapa kali per tahun (berkisar antara 2 hingga 4 kali setahun)
4	Proporsi populasi yang mengonsumsi	Sebagian besar (75% penduduk)
5	Ukuran populasi yang diminati (Jabodetabek)	14.078.812 jiwa
C. Kemungkinan kontaminasi logam berat pada ikan		
6	Proporsi produk yang terkontaminasi?	Langka (1 dari 1000)
7	Efek proses	Proses ini tidak berpengaruh pada bahaya
8	Apakah ada potensi untuk rekontaminasi?	Tidak (0%)
9	Seberapa efektifkah sistem kontrol pasca-pemrosesan?	Terkontrol dengan baik
10	Berapa banyak peningkatan dari tingkat pemrosesan yang diperlukan untuk mencapai dosis infeksi atau toksik untuk konsumen?	18, 796, 1000 kali lipat meningkat
11	Efek persiapan untuk makan	Proses persiapan makan tidak dapat mengurangi bahaya
	Prediksi calon orang yang terpapar per hari (Hg, Pb, Cd)	5×10^{-7} , 1×10^{-8} , 8×10^{-9} orang
	Prediksi potensi penyakit per tahun pada populasi (Hg, Pb, Cd)	1.760, 40, 32 orang
	<i>Risk ranking</i> (0-100) (Hg, Pb, Cd)	46, 37, 36

KESIMPULAN

Ikan salmon yang diimpor mengandung logam berat Hg, Pb, dan Cd sangat rendah (0,0646 ppm, 0,0505 ppm dan 0,0119 ppm) dan di bawah ambang batas persyaratan Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia nomor 5 Tahun 2018. Mengonsumsi ikan salmon sampai dengan 0,771 kg/hari pada berat badan rata-rata 71,13 kg aman bagi kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Kelautan dan Perikanan

yang telah memberikan kesempatan dan pembiayaan kepada penulis untuk melaksanakan riset ini dalam bentuk beasiswa tugas belajar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Tawwab, M., & Wafeek, M. (2014). Influence of water temperature and waterborne cadmium toxicity on growth performance and metallothionein-cadmium distribution in different organs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *J Therm Biol*, 45, 157–162. doi:10.1016/j.jtherbio.2014.09.002.

- Association of Official Analytical Chemist. (2000). *Official Methods of Analysis 17th*. AOAC Inc.
- Apriliani, T., & Deswati, R. (2020). Salmon-Trout Import Control Strategies for Domestic Market Consumption.
- Atli, G., & Canli, M. (2003). Natural occurrence of metallothionein-like proteins in the liver of fish *Oreochromis niloticus* and effects of cadmium, lead, copper, zinc, and iron exposures on their profiles. *Bull Environ Contam Toxicol*, 70(3), 619–627. doi:10.1007/s00128-003-0030-4.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). *Metode Pengambilan Contoh Produk Perikanan*. SNI 2326:2010. BSN.
- Chiesa, L. M., Pavlovic, R., Nobile, M., Di Cesare, F., Malandra, R., Pessina, D., & Panseri, S. (2020). Discrimination between fresh and frozen-thawed fish involved in food safety and fraud protection. *Foods*, 9(12), 1–15. doi:10.3390/foods9121896
- Easton, M. D. L., Luszniak, D., & Von der Geest, E. (2002). Preliminary examination of contaminant loadings in farmed salmon, wild salmon and commercial salmon feed. *Chemosphere*, 46(7), 1053–1074. doi:10.1016/S0045-6535(01)00136-9
- Food and Agriculture Organization. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO.
- Friesen, E. N., Higgs, D. A., & Devlin, R. H. (2015). Flesh nutritional content of growth hormone transgenic and non-transgenic coho salmon compared to various species of farmed and wild salmon. *Aquaculture*, 437, 318–326. doi:10.1016/j.aquaculture.2014.11.035
- International Agency for Research on Cancer. (2012). *Arsenic, Metals, Fibers, and Dusts*. Volume ke-100. Thomas A, editor. The International Agency for Research on Cancer. 1-527.
- Kelly, B. C., Ikonomou, M. G., Higgs, D. A., Oakes, J., & Dubetz, C. (2008). Mercury and other trace elements in farmed and wild salmon from British Columbia, Canada. *Environ Toxicol Chem*, 27(6), 1361–1370. doi:10.1897/07-527.1
- Khriforova, N. K., Tsygankov, V. Y., Boyarova, M. D., & Lukyanova, O. N. (2015). Concentrations of trace elements in Pacific and Atlantic salmon. *Oceanology*, 55(5), 679–685. doi:10.1134/S0001437015050057
- Mance, G. (1990). *Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environments*. Elsevier Science Publishers LTD.
- Mowi. (2021). *Salmon Farming Industry Handbook*.
- Nøstbakken, O. J., Hove, H. T., Duinker, A., Lundebye, A. K., Berntssen, M. H. G., Hannisdal, R., Lunestad, B. T., Maage, A., Madsen, L., & Torstensen, B. E. (2015). Contaminant levels in Norwegian farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the 13-year period from 1999 to 2011. *Environ Int*, 74, 274–280. doi:10.1016/j.envint.2014.10.008
- Pavez, J., Silva, N., Cornejo-Dóttone, M., & Rivera, C. (2018). Laguna verde bay's sediments origin and its heavy metals content (Al, Fe, Cu, Mn, Pb, and Hg), valparaíso, Chili. *Lat Am J Aquat Res*, 46(5), 1116–1122. doi:10.3856/vol46-issue5-fulltext-24
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan. (2018).
- Rani, V., & Verma, M. (2020). Biosensor applications in the detection of heavy metals, polychlorinated biphenyls, biological oxygen demand, endocrine disruptors, hormones, dioxin, and phenolic and organophosphorus compounds. *Environ Chem a Sustain World*.
- Ross, T., & Sumner, J. (2002). A simple, spreadsheet-based, food safety risk assessment tool. *Int J Food Microbiol*, 77(1–2), 39–53. doi:10.1016/S0168-1605(02)00061-2
- Rua-Ibarz, A., Bolea-Fernandez, E., Maage, A., Frantzen, S., Sanden, M., & Vanhaecke, F. (2019). Tracing mercury pollution along the norwegian coast via elemental, speciation, and isotopic analysis of liver and muscle tissue of deep-water marine

fish (*Brosme brosme*). *Environ Sci Technol*, 53(4), 1776–1785. doi:10.1021/acs.est.8b04706.

Siskarin. (2021). *Rekapitulasi Data Impor Ikan Salmon*. Balai Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Jakarta II. .

United States Environmental Protection Agency. (2000). *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories*. Volume ke-2. Office of Science and Technology.

Utthavi, W. H., Parwita, I. G. L. M., Sentana I. W. B., & Sarja N. L. A. K. Y. (2019). Pemanfaatan media pemasaran online dan manajemen keuangan bagi usaha kerupuk rambak salmon. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, 8, 206-209.

FIGURE AND TABLE TITLES

Figure 1 Risk characterization of heavy metals (Hg, Pb and Cd) and hazard index in salmon

Table 1 Reference dose (RfD) of heavy metal and slope factor cadmium

Table 2 Heavy metals content in salmon meat (n=132)

Table 3 Semi-quantitative risk assessment of heavy metal hazard (Hg, Pb and Cd) in salmon for residents of Jabodetabek